

154316

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

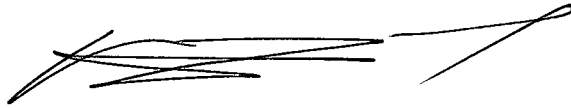
**TAŞITLARDA SEYİR STABİLİTESİ YÖNÜNDEN  
KONTROL PARAMETRELERİNİN  
ETÜDÜ ve UYGULAMA ÖRNEKLERİ**

Makine Mühendisi Örsan ÖRS

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makineleri Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

154316



Tez Danışmanı: Prof. İrfan YAVAŞLIOL



**İSTANBUL, 2004**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Aktif güvenlik sistemleri.....	3
1.2 Pasif güvenlik sistemleri.....	3
2. ARACA ETKİYEN KUVVETLER ve KAYMA.....	5
2.1 Yanal kayma.....	5
2.2 Matematiksel model.....	8
2.3 Zeminde tutunma.....	14
2.3.1 Lastik kayması.....	14
2.3.2 Sürtünme.....	15
2.3.3 Sürtünme, lastik kayması, lastik yük gücü bağlantı.....	17
2.3.4 Çapraz / yan güç.....	17
2.4 Güçlerin birbirleriyle ilişkisi.....	19
2.4.1 Toplam hareket mukavemeti.....	19
2.4.2 Uzunlamasına araç dinamiği.....	21
2.4.3 Çapraz araç dinamiği.....	23
3. ÇEKİŞ KONTROL SİSTEMİ(ASR).....	26
3.1 ASR gereksinimleri.....	26
3.1.1 Baz sistem.....	26
3.1.2 MSR motor kalkış-tork kontrolü.....	28
3.1.3 ETC elektronik gaz kelebeği kontrolü.....	28
3.2 Uygulaması . ....	29
3.3 ASR versiyonları.....	30
3.3.1 ASR2-DK3 motor ve fren sistemi müdahaleli.....	30
3.3.2 ASR2-DKZ/MSR motor müdahaleli.....	33
3.3.3 ASR5 motor ve fren müdahaleli.....	35
3.3.4 ASR5 motor müdahalesi.....	40

4.	ELEKTRONİK STABİLİTE KONTROL(ESP ).....	42
4.1	Limit (Sınır) noktaları.....	42
4.1.1	Hızlı direksiyon hareketleri ile kontra hareketler.....	44
4.1.2	Blok frende yol çizgilerindeki değişiklikler.....	47
4.1.3	Kombine virajlardaki direksiyon hareketleri.....	49
4.1.4	Virajlarda hızlanma ve yavaşlama.....	52
4.2	Bilgilerin (Datanın) hazırlanması. ....	54
4.2.1	Sisteme genel bakış.....	54
4.2.2	Gelen sinyaller.....	54
4.2.3	Çıkan sinyaller.....	56
4.3	Diğer sistemlere data transferi.....	56
4.3.1	Sisteme genel bakış.....	56
4.3.2	Konvansiyonel data transferi.....	56
4.3.3	Seri data transferi (CAN).....	57
4.4	Toplam kontrol sistemi ve kontrol büyüklükleri.....	61
4.4.1	Sürüş dinamiği kontrol prensibi.. ....	61
4.4.2	Sistem ve kontrol yapısı. ....	62
4.4.3	Kontrol yetkileri.....	62
4.4.4	Ek fonksiyonlar.....	71
4.5	Hareket dinamiği düzeneği bileşenleri.....	76
4.5.1	Direksiyon açısı sensörü.....	77
4.5.2	Çapraz hızlanma sensörü.....	80
4.5.3	Dönüş hızı sensörü.....	81
4.5.4	Tekerlek dönüş hızı sensörleri.....	87
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	90
	KAYNAKLAR.....	91
	ÖZGEÇMİŞ.....	92

## SİMGE LİSTESİ

$\alpha_f$	Ön lastiklerin kayma açısı
$\alpha_r$	Arka lastiklerin kayma açısı
$u$	Aracın hızı
$v$	Yanal kayma hızı
$r$	Aracın merkezinden geçen düşey merkez etrafındaki açısal dönme hızı
$\dot{v}$	Yanal ivme
$\dot{\rho}$	Açısal ivme
$\beta$	Yanal kayma açısı
$F_r$	Arka lastiklere etkiyen toplam yan kuvvetler
$F_f$	Ön lastiklere etkiyen toplam yan kuvvetler
$\delta_r$	Arka tekerlere uygulanan yön verme açısı
$\delta_f$	Ön tekerleklere uygulanan yön verme açısı
$a$	Ön tekerleklerin dönme eksenini ile kütle merkezi arasındaki mesafe
$b$	Arka tekerleklerin dönme eksenini ile kütle merkezi arasındaki mesafe
$L$	Ön tekerleklerin dönme eksenini ile arka tekerleklerin dönme eksenini arasındaki mesafe
$C_f$	Ön tekerleklerin toplam yan kuvvet katsayısı
$C_r$	Arka tekerleklerin toplam yan kuvvet katsayısı
$U_v, U_r$	Kontrol değişkeni
$U_{eq}$	Limit durumunda kontrol girişi
$X_r$	Referans giriş
$J$	Araç gövdesinin kütle merkezinden geçen düşey eksene göre atalet momenti
$m$	Araç kütlesi
$k$	Ön ve arka yön verme açıları arasındaki bağıntı katsayısı
$\Gamma$	Kontrolcü girişi
$[G]$	Kayan yüzey eğim matrisi
$[B]$	Kontrolcü kuvveti katsayı matrisi

## ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa
Şekil 2.1	Dört tekerlek doğrultu kontrollü modelin bisiklet modelinde gösterimi....	7
Şekil 2.2	Fren yaparken kaymaya $\lambda$ bağımlı olarak sürtünme katsayısı $\mu A/B$ .....	15
Şekil 2.3	Çapraz hareket açısının $\alpha$ betimlenmesi ve yan gücün $F_s$ etkisi.....	17
Şekil 2.4	Jant düzeyine doğru lastik yükü.....	18
Şekil 2.5	Toplam hareket mukavemeti.....	19
Şekil 2.6	Yandan esen rüzgar esnasında araç.....	23
Şekil 2.7	Virajda merkezkaç kuvvet.....	25
Şekil 3.1	Patinaj kontrol sisteminin fonksiyonel parçaları.....	27
Şekil 3.2	ASR için elektronik gaz kelebeği kontrolü.....	28
Şekil 3.3	ASR reaksiyon zamanları bir karşılaştırma.....	30
Şekil 3.4	ASR2-DKB hidrolik sistem.....	31
Şekil 3.5	ASR2-DKB gaz kelebeği ve tekerlek frenleri ile müdahalesi halinde.....	32
Şekil 3.6	Fren uygulaması ile limitli kaymalı diferansiyel efekti.....	33
Şekil 3.7	ASR Gaz kelebeği ve ateşleme/enjeksiyon(Motronic) müdahalesi.....	34
Şekil 3.8	ABS/ASR5 için 2/2 selenoid sübaplar.....	34
Şekil 3.9	Arabirimplere genel bakış.....	35
Şekil 3.10	ABS/ASR5 hidrolik sistemi.....	36
Şekil 3.11	ASR gaz kelebeği ADS1.....	38
Şekil 3.12	Test alanından bir görüntü.....	41
Şekil 4.1	ESP'siz olmayan bir aracın viraj dinamiği.....	42
Şekil 4.2	ESP'li bir aracın viraj dinamiği.....	43
Şekil 4.3	viraj kombinasyonlu bir yolda sürüş dinamiği bileşenlerindeki değişim....	45
Şekil 4.4	S viraj kombinasyonlu bir yolda ESP'nin karşılaştırılması.....	46
Şekil 4.5	ESP frene yardımı şerit değişiminde.....	48
Şekil 4.6	Frene basan bir aracın sürüş dinamiği bileşenlerindeki değişimler.....	49
Şekil 4.7	Daha hızlı direksiyon hareketlerinde tekerleğin açısını artırır.....	50
Şekil 4.8	Kombine virajlarda direksiyon hareketleri sonucu fren kapasitesi.....	51
Şekil 4.9	Viraj sürüşlerinde, rot kolu açısının sabitliğini gösterir.....	52
Şekil 4.10	Viraj dönebileceği en yüksek süratte döner.....	53
Şekil 4.11	ESP'nin araç üzerindeki testlerinden bir görüntü.....	54
Şekil 4.12	Data akış tablosu.....	55
Şekil 4.13	Konvansiyonel bilgi transferi.....	57
Şekil 4.14	Sürüş gereçleri akış şeması.....	57
Şekil 4.15	Sürüş dinamiği kontrolünün prensip olarak blok çizimi.....	61
Şekil 4.16	Araçtaki sürüş dinamiği kontrolü ayarlama sistemi.....	63
Şekil 4.17	Giriş ve çıkış büyüklükleri basitleştirilmiş blok resmi.....	66
Şekil 4.18	Hidrolik fren yardımcısı.....	72
Şekil 4.19	Acil durum vana yardımı.....	75
Şekil 4.20	Akıllı arttırıcı.....	75
Şekil 4.21	ESP'nin toplam düzenek sistemi.....	76
Şekil 4.22	AMR-elementli LWS 3'ün prensipteki yapısının görüntüsü.....	79
Şekil 4.23	Hall-prensibine göre çapraz hızlandırma sensörü.....	80

Şekil 4.24	Piezoelektrikli dönüş hızı sensörü.....	82
Şekil 4.25	Mikro mekanik dönüş hızı sensörü.....	83
Şekil 4.26	Mikro mekanik hızlandırma sensörü	84
Şekil 4.27	Çapraz hızlandırma sensörlü dönüş hızı sensörü.....	85
Şekil 4.28	Yarı iletken-basınç sensörü.....	86
Şekil 4.29	Keski kutursal metal çubuklu endüktif dönüş hızı sensörü.....	88
Şekil 4.30	Radyal yakalamalı sensörler	89
Şekil 4.31	Eksenel yakalamalı sensörler	89



## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1 Lastik ve yol arası sürtünme.....	16
Çizelge 2.2 Binek araç hava mukavemet değerleri.....	21
Çizelge 2.3 Ticari araçlarda mukavemet değerleri.....	21
Çizelge 2.4 Bir saniye kayıp içindeki durma yolu.....	22



## ÖNSÖZ

Yanal kayma, bir aracın yol alması esnasında ön veya arka tekerleğin yön verme açısından sapmasıdır. Yanal kayma standartların çok üstünde olması sürücü güvenliğini önemli bir ölçüde etkileyecektir ve sürücü virajı dönerken zorlanacaktır. Tehlikeli yönlerinin bertaraf edilmesi için kontrol metot ve sistemleri ortaya atılmıştır.

Yapılan çalışmalar aracın yanal kaymasını önlemek için, otomobilin fren ve motor yönetim sistemleri üzerinden geliştirebilecek bir sistemin yanal kaymanın kontrol altına alınmasını sağlayabileceğini göstermiştir. İşte bu amaçla geliştirilen ve seyir stabilitesini kontrol altına alan bu yardımcı sistemi bu tezde inceleyeceğiz.

Bu tez çalışmam boyunca yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, bilgisi, tecrübesi ve sabrı ile beni destekleyen değerli öğretim üyesi Sayın Prof. İrfan Yavaşlıol'a, kaynak bulmam konusunda bana yardımcı olan Mak. Yük. Müh. Tuncer Kaner'e, kilometrelerce uzakta dahi olsa hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan sevgili arkadaşım Mak. Yük. Müh. Ali Afşin Sarıoğlu'na, başta aldığım kararda bana destek olan ve öğütlerine her zaman ihtiyaç duyacağım ailem olmak üzere, bana yardımcı olan tüm dostlarıma teşekkür ederim.



## ÖZET

Otomotiv sektörünün hızla gelişmesi ve rekabetin artmasından dolayı üreticiler, Pazar paylarını arttırmak için üstün özelliklere sahip ürünler geliştirmeye yönelmiştir. Üzerinde çalışılan konulardan birisi de otomobillerin sürüş konforunu etkileyen, özellikle virajlarda görülen bir kararsızlık durumu olan yanal kaymanı önlenmesidir.

Taşıtlarda seyir stabilitesi yönünden kontrol parametrelerinin etüdü ve uygulaması isimli bu tez çalışmasında, öncelikle taşıtın dinamik iki serbestlik dereceli matematiksel modeli oluşturulmuştur. Önce bu modele yanal kayma engelleme amacı ile geliştirilen sistemler, sonrada bu sistemlerin çalışma prensipleri incelenmiştir.

Son olarak bu sistemlerin sağladığı faydalar ve nasıl geliştirilebilecekleri tartışılmıştır.

**Anahtar kelime:** Yanal kayma, iki serbestlik dereceli matematiksel model



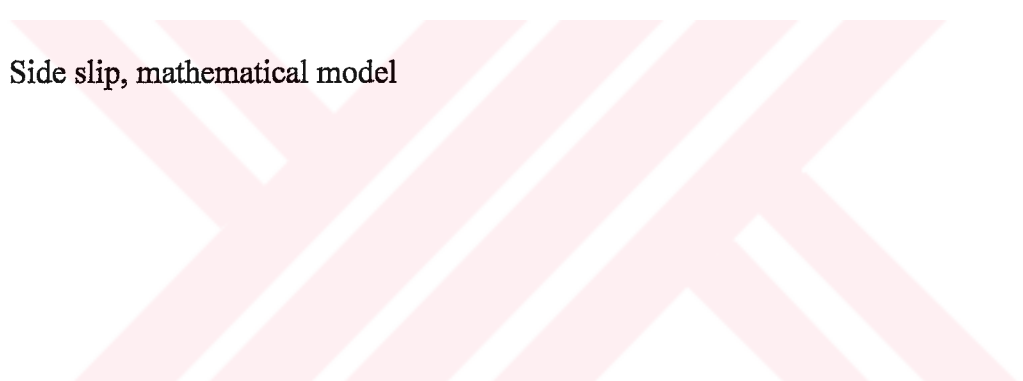
## **ABSTRACT**

Due to rapid development and increase competition in automotive industry, manufacturers tend to produce high quality products in order to increase their market shares. One of the subjects that in under study is preventing of their sideslip which is an unstable event in bends that effect the ride comfort of automobiles.

In this thesis named 'the study of control parameters in driving stability', firstly the mathematical model of two dot vehicle was developed. Then, pid and sliding mode control was applied in order to reduce the effects of sideslip.

At the last the advantages of these systems applied to the vehicles in today traffic conditions and their improvement in the future has been discussed.

**Keywords:** Side slip, mathematical model



## 1. GİRİŞ

19. yüzyılın sonlarında ilk otomobil geliştirilmesinden bu yana yaklaşık yük yıldır, özel amaçlar doğrultusunda tasarlananlar dışında, motorlu araçların doğrultularını kontrol etmek için önden yönlendirme sistemi kullanılmıştır. At arabalarının çekişinden uyarlanan bu çekiş sistemi, herhangi ciddi bir soruna yol açmadan 10 yıl kadar kullanılmıştır. Otomobillerin bu şekilde bir yönlendirme sistemi ile çalışması gerektiği kabul edilmiştir. Araç performansları arttıkça, insanların daha etkili ve kolayca araçlarının yönünü belirleyebilecekleri sistemler oluşmuştur. Bundan dolayı çalışmalar, önden çekişli araçlardan ziyade 4 çeker araçların üzerine odaklanmıştır.

Tekerleklerin dönüş kuvveti genel olarak yanal kayma açısına bağlıdır. Fakat dik yüklerden, kamber açısından ve yatay kuvvetlerden(fren ve çekiş kuvveti) etkilenir. Bu alandaki ihtiyaçlar, araştırmacıların bu konuya yönelmelerine yol açmıştır. Süspansiyon yayları, sabitleyiciler ve şok emiciler, dikey yükün kontrolüne daha iyi bir karakteristik yakalanmasına yol açmıştır. Süspansiyon bağlantıları, kamber ve kaster açılarının kontrolünü sağlamak üzere yapılandırılmıştır; ve yatay kuvvetlerin etkilerini azaltmak amacıyla 4-çekiş ve ABS sistemleri uygulanmıştır. Otomobil teknolojilerinde 4-tekerlekten çekiş sistemleri son zamanlarda en çok ilgi çeken konulardan biri olmuştur. Bununla birlikte 4-tekerden çekiş üzerine araştırmalar 1960'lı yıllara dayanan bir geçmişe sahiptir. Araştırmacılar araçların performanslarını arttırmak için 4-tekerden çekiş üzerine birçok araştırma yapmışlardır. Arkadan çekişli binek otomobillerde yüksek süratte tehlikeli bulunması ve kararlılığın yeterliliği Mitschke(1979) ve Strandberg(1985) tarafından tartışılmış fakat tam dinamik analizi rapor edilememiştir. Arkadan itişli araçların bir takım direksiyon problemlerine yol açtığına dair çok yanlış bir inanış vardır ki arka tekerleklerden itişli araçların sabit kontrole ya da çekiş açısına tepkisinin sadece düşük hızlarda ön tekerleklerden çekişli araçlardan farklı olduğunu gösterir. Serbest kontrol dinamiklerinin analizi ve çekiş torkuna tepkisi arkadan itişli araçlarda bile mevcut olan değişken arka tekerleklerden çekiş durumunu ortaya çıkarır. Arkadan çekiş metodunda araç ağırlık merkezindeki yanal kayma açısı '0' da tutulmuştur. Bu aracın basit dinamik özelliklerini geliştirir. Bu yaklaşım aracın düşük hızlarda yüksek manevra hakimiyetine sahip olmasına izin verir ve yüksek hızlarda arka tekerlekten itiş sistemi ile yol tutuşunu geliştirir.

Sunulan sonuçlar otomobil yanal dinamikleri için yaygın bir biçimde kullanılan 2 serbestlik dereceli lineer matematiksel modele dayanır. Basitleştirilmiş bir çekiş sistemi denklemi klasik modelin serbest kontrol durumunun açığa çıkmasını sağlar. Çekiş kuvveti etki modelleri ön tekerlekten yönlendirme Segel(1965), Jacksch(1973) ve Whitehead(1988) tarafından uygulanmıştır.

Günümüzde tüm dünya otomobil üreticilerinin birbirleri arasındaki rekabet, tüketicilerdeki bilinçlenme, daha mükemmel araçların üretilmesi gereğini doğurmuştur. Bir aracın tasarımında, karoser özellikleri (rüzgar direnç katsayısı, biçimi, görüş açıları, vb.), iç mekan konforu (klima, elektrik kumandalı camlar, elektrik kumandalı koltuklar, araç telefonu, vb.), işçilik kalitesi(deri döşeme uygulanması, konsolda kullanılan plastik kalitesi, trim başarısı, vb.) ve güvenlik aksesuarları(hava yastığı, kapı içi koruma çubukları, ABS, vb...) önemli kriterleri teşkil etmektedir. Bugün üretilen pek çok otomobilde yukarıda sayılan özelliklerin pek çoğu vardır. Aksesuar çeşitliliği bir otomobilin satılmasında baskın bir etken iken şimdi otomobillerin içinde yolculuk yapan bireylerin can güvenliğinin daha önemli olduğu anlaşılmıştır. Otomobil yol güvenlik kriterleri hakkında bağımsız teşkilatlar oluşturulmuş ve bu teşkilatların hakem rolü üstlenilmesine destek verilmiştir. Bir otomobil üretildiğinde, o otomobil güvenliği testlerle kontrol edilir. Buradan çıkacak karar neticesinde otomobilin üretilip üretilmeyeceğine veya ne gibi eksiklerinin giderilmesi gerektiğine karar verilir ve raporlanır.

Otomobillerdeki güvenlik sistemleri ikiye ayrılır.

1. Aktif güvenlik sistemleri
2. Pasif güvenlik sistemleri

## 1.1 AKTİF GÜVENLİK SİSTEMLERİ:

Otomobili kazaya sürükleyen sebepleri ortadan kaldıran sistemlere verilen addır. Bir otomobilin kaza öncesinde devreye giren ve kaza oluşumunu ortadan kaldıran sistemlerdir.

Bu sistemlerden bazıları;

- ABS (Anti Blokaj Fren Sistemi)
- ASR (Patinaj Kontrol Sistemi)
- ESP (Dinamik Stabilite Kontrol Sistemi)
- EBD (Elektronik Fren Gücü Dağıtım Kontrol Sistemi)
- CBC (Virajda Fren Kontrol Sistemi)

## 1.2 PASİF GÜVENLİK SİSTEMLERİ:

Otomobil kazaya girdikten sonra sürücü ve yolcuların can güvenliği için devreye soktuğu güvenlik sistemleridir. Bu sistemlerden bazıları;

- Otomobilin şase ve karoseri (kullanılan sacın kalınlığı, burulma direnci, otomobil içi aksesuarların rijitliği)
- Kapı içi çelik koruma barları
- Emniyet kemerleri
- SRS (hava yastıkları)

Tezde çalışılan konu, aktif güvenlik sistemlerinin bir parçası olan yanal kaymanın önlenmesinin üzerine çalışan sistemlerin incelenmesidir. Anlaşılacağı üzere otomobilin yanal kayma eğilimi bir kaza etkeni ve önlenmesi ise aktif güvenlik önlemlerinden biridir.

Birçok otomobil üreticisi özellikle pahalı modellerinde kullanmaya başladığı bu sistem teknoloji maliyetleri düştükçe diğer modellerine de uygulanmaya başlamıştır. Bu sistemlerin çalışma prensipleri; otomobil hızı, direksiyon dönme açısı, 4 tekerlek arasındaki devir farklılıkları, tork değerleri, motor devri ve gücü gibi değerleri okuyan ve bunları değerlendiren yapay zeka üniteleri otomobilin bir yanal kayma eğiliminde olup olmadığına karar verdikten sonra yukarıda sayılan kriterlere müdahale yoluyla bu eğilimi azaltırlar veya

yok ederler. Birçok geliştirme faaliyetleri otomobilin yanal kayma hareketine girmesini algılayan ve müdahale eden sistemlerin geliştirilmesine yöneliktir.

Bu çalışmada önce otomobilin kaymasının ne demek olduğu incelenip, kaymayı ortadan kaldırmak için gerekli olan sistemler incelenecektir. Önce araç üzerine etkiyen kuvvetler çeşitli bağıntılarla birbirleri arasın ilişkilendirilecek, daha sonrada kaymayı önlemek için kullanılan ASR ve ESP sistemleri detaylı bir şekilde incelenecektir

Son bölümde ise sistemin genel yapısı ve sağladığı faydalar irdelenerek sistemin gelecekte nasıl geliştirilebileceği yorumlanacaktır.



## 2. ARACA ETKİYEN KUVVETLER ve KAYMA

### 2.1 YANAL KAYMA

Yanal kayma, bir aracın yol alması esnasında ön veya arka tekerleğin yön verme açısından sapmasıdır(Burada yön verme açısı aracın düz gitmesi yada virajı dönmesi için gereken bir değer olabilir). Bu sapma rüzgar, araç hızı, sürtünme gibi etkenlere bağlıdır. Yanal kayma ivmesi otomobiller için yaklaşık 0.26g'dir (Sarıoğlu,200)

Yanal ivmelenmelerin aracın yalpalamasında önemli bir etki yaratmadığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden yanal kayma hesaplamaları sırasında süspansiyon etkisi ihmal edilir. Düzlemsel bir harekette bulunan basitleştirilmiş bir taşıt modelinde ağırlık dağılımı tekerlek türü, tekerlek basıncı, tekerlek bombe açıları vs. cinsinden açıklamak yeterli olacaktır.

Yanal kayma otomobilin dönüşü esnasında sürücünün kabiliyetini ön plana çıkaran bir özelliktir. Özellikle yanal kayma sürüş limitlerinin çok üstünde olması sürücü güvenliğini önemli ölçüde etkileyecektir ve sürücü virajı dönerken zorlanacaktır. Tehlikeli yönlerinin bertaraf edilmesi için çeşitli kontrol metot ve sistemleri öne sürülmüştür.

Yanal kaymada üç önemli kavramlar vardır. Bunlar:

- 1) Tarafsızlık (Neutral steering)
- 2) Az yönlenme (Under steering)
- 3) Aşırı yönlenme (Over steering)

Bu üç yönlendirme karakteristiği kayma açılarına bağlıdır. Aşağıda tarafsızlık, aşırı dönerlik ve az dönerliği belirleyen parametreler verilmiştir. Burada  $\alpha_f$ , ön tekerleklerin kayma açısı,  $\alpha_r$  arka tekerleklerin kayma açısını temsil etmektedir.

$$\alpha_f = \alpha_r \quad (2.1)$$

olduğunda araç tarafsız olacaktır.

$$\alpha_f > \alpha_r \quad (2.2)$$

olduğunda araç az yönlendirme olacaktır.

$$\alpha_f < \alpha_r \quad (2.3)$$

olduğunda ise araç aşırı yönlendirme olacaktır.

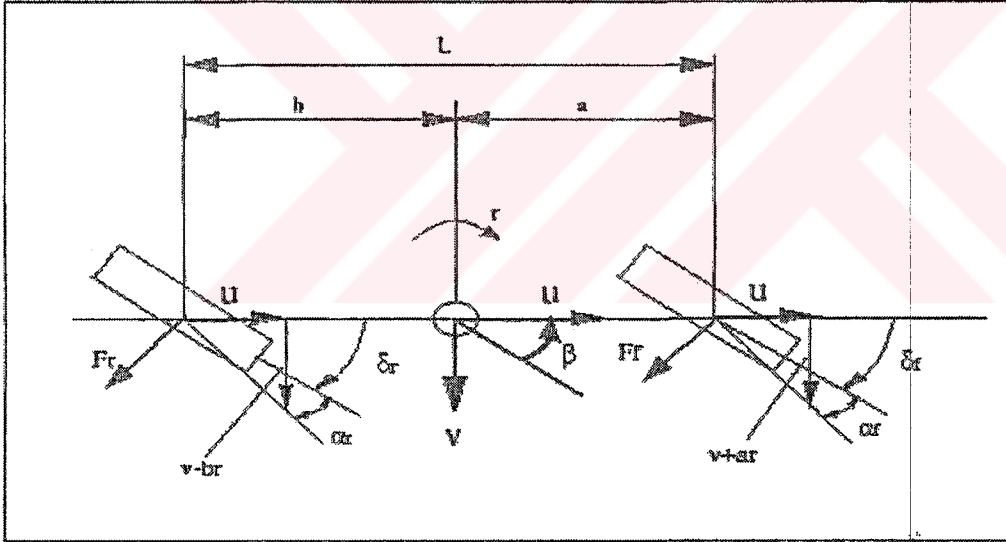
Az yönlendirme, ön tekerlek kayma açısının arka tekerlek kayma açısından büyük olduğu durumlarda ortaya çıkar. Arka tekerlekte ön tekerleğe göre daha az bir dönme görüleceğinden aracın önünde dışarıya doğru bir savrulma söz konusu olacaktır. Bu tarz bir savrulma daha çok binek araçlarda tercih edilir. Bunun nedeni binek araç sürücüsünün muhtemel bir savrulmada arabayı dönme yönüne doğru döndürme eğilimidir. Böylece muhtemel bir savrulmada sürücüsünün direksiyonu fazla döndürmesinden dolayı bir kontrol kaybı olasılığının önüne geçilmiş olunur.

Aşırı dönerlikte durum tam tersidir. Ön tekerlek kayma açısı arka tekerlek kayma açısından büyüktür. Bu yüzden aracın arkası viraj dışına doğru bir savrulma yapacaktır. Bu durum, yarış pilotları için bir avantajdır, çünkü bu halde taşıt dinamiği direksiyon müdahalelerine hızlı cevap verir. Yarış pilotunun yapması gereken direksiyon yönünü virajın dışına doğru çevirmektir.



Muhtemel savrulmaları engellemek tabii ki en çok istenen durum tarafsızlıktır. Bu durumda ön tekerlek ve arka tekerlek sapmalarının etkisinin sıfıra indirgenmesi amaçlanır. Bunu sağlayacak en önemli kontrol yöntemi arka tekerleklerinde döndürülmesidir. Böylece sapma açısı kontrol altında tutulabilir.

Bu doğrultuda yapılacak ön çalışmada bir aracın bisiklet modeli kullanılacaktır. Kontrol uygulanacak model Şekil 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2.1: Dört tekerlek doğrultu kontrollü modelin bisiklet modeli gösterimi(Schmidt,2002).

L: Aracın boyu(m), a: Aracın merkezinden önüne olan uzaklık(m), b: Aracın merkezinden arkasına olan uzaklık(m), u: aracın hızı(m/s), v: Aracın yanal kayma hızı(m/s), r: Aracın merkezinden geçen düşey merkez etrafındaki açısal dönme hızı(rad/s), Fr: Aracın arka tekerleklerine etkiyen toplam kuvvet(N), Ff:Aracın ön tekerleklerine etkiyen toplam kuvvet(N), αr: Arka lastiklerin kayma açısı (rad), αf: Ön lastiklerin kayma açısı (rad), δr: Arka tekerleklere uygulanan yön verme açısı(rad), δf: Ön tekerleklere uygulanan yön verme açısı(rad),β: Yanal kayma açısı(rad)

## 2.2 MATEMATİKSEL MODEL

Bisiklet modelinden faydalanarak aşağıdaki matematiksel model çıkartılır. Kayma açılan küçük olduğundan lineerleştirme yapılarak şu eşitlikler yazılabilir:

$$\theta = \int r dt = rt + c \quad (2.4)$$

Bu denklemden  $\theta$ , dönme açısı,  $r$  ise dönme hızını göstermektedir.  $C$ , integrasyon sabitidir.

Ön tekerleğin yer değiştirme miktarı:

$$x_r = a \sin(rt + c) \quad (2.5)$$

Küçük açılar için.

$$x_r \approx art + ac \quad (2.6)$$

elde edilir. Buradan ön tekerleğin yer değiştirme hızı aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\frac{d(art + ac)}{dt} = ar \quad (2.7)$$

Ön tekerleğin kayma hızı ise,

$$v_f = v + ar \quad (2.8)$$

olarak hesaplanır,  $\alpha_f$  yi (ön lastik kayma açısı) bulabilmek için;

$$\alpha_f + \delta_f = \tan\left(\frac{v+ar}{u}\right) = \left[ \frac{\sin\left(\frac{v+ar}{u}\right)}{\cos\left(\frac{v+ar}{u}\right)} \right] \quad (2.9)$$

eşitliğinden faydalanılır.  $\delta_f$ , ön tekerleklere uygulanan yön verme açısı,  $u$  taşıt hızıdır. Kayma açıları çok küçük olduğu kabul edildiği için,

$$\alpha_f + \delta_f = \left(\frac{v+ar}{u}\right) \quad (2.10)$$

şeklinde lineerleştirme yapılır.

$$\alpha_f \cong \frac{v+ar}{u} - \delta_f \quad (2.11)$$

Aynı hesaplamalar arka tekerlekler için benzer yollar kullanılarak yapılır. Arka tekerleğin yanal kayma sonucu aldığı yol:

$$x_r \cong -b(rt+c) \quad (2.12)$$

Arka tekerleğin hızı;

$$\frac{dx_r}{dt} = \frac{-b(rt+c)}{dt} = -br \quad (2.13)$$

Buradan arka tekerleğin kayma hızı aşağıdaki şekildedir:

$$v_r = v - br \quad (2.14)$$

$\alpha_r$ 'yi (arka lastik kayma açısı) bulabilmek için:

$$\alpha_r + \delta_r = \tan^{-1}\left(\frac{v-br}{u}\right) = \left[ \frac{\sin\left(\frac{v-br}{u}\right)}{\cos\left(\frac{v-br}{u}\right)} \right] \quad (2.15)$$

Burada  $\delta_r$ , arka tekerleklere uygulanan yön verme açısıdır. Kayma açılarının çok küçük olduğu kabul edildiği için aşağıdaki şekilde lineerleştirme yapılır:

$$\alpha_r + \delta_r = \left(\frac{v-br}{u}\right) \quad (2.16)$$

$$\alpha_r \cong \frac{v-br}{u} - \delta_r \quad (2.17)$$

Aracın yanal kayma açısını tanımlanırken hız parametrelerinden yola çıkılırsa, aracın hızı ile yanal kayma hızı arasındaki oranın "0" 'a çok yakın olduğu da hesaba katılarak:

$$\beta = \tan \frac{v}{u} \cong \frac{v}{u} \quad (2.18)$$

yazılabilir. Yanal kuvvet ve kütle merkezi etrafındaki moment dengeleri dikkate alınarak 2.19 ve 2.20' deki hareket denklemleri elde edilir:

$$m(\dot{v} + ur) = F_f + F_r \quad (2.19)$$

$$J\dot{r} = aF_f - bF_r \quad (2.20)$$

Bu denklemlerde,  $F_f$ , ön tekerleklere etkiyen yan kuvvetler,  $F_r$ , arka tekerleklere etkiyen yan kuvvetler,  $J$  taşıtın düşey eksene göre atalet momentidir. Yan kuvvetler şu biçimde yazılabilir:

$$F_f = C_f \alpha_f \quad (2.21)$$

$$F_r = C_r \alpha_r \quad (2.22)$$

$C_f$ , ve  $C_r$  sırasıyla ön ve arka tekerleklerin toplam yan kuvvet katsayısıdır. Hareket denklemleri sonuçta şu hali alır:

$$m\dot{v} = \left( \frac{C_f + C_r}{u} \right) v + \left( \frac{aC_f - bC_r}{u} - mu \right) r - C_f \delta_f - C_r \delta_r$$

$$J\dot{r} = \left( \frac{aC_f + bC_r}{u} \right) v + \left( \frac{a^2 C_f - b^2 C_r}{u} \right) r - aC_f \delta_f - bC_r \delta_r \quad (2.24)$$

Yukarıdaki eşitlikleri aşağıdaki matris formuna indirgeyebiliriz:

$$\{\dot{x}\} = [A]\{x\} + \{B\}_1 \delta_f + \{B\}_2 \delta_r \quad (2.25)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{C_f + C_r}{mu} & \frac{aC_f - bC_r - u}{mu} \\ \frac{aC_f - bC_r}{Ju} & \frac{a^2C_f + b^2C_r}{Ju} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{C_f}{m} \\ -\frac{aC_f}{J} \end{bmatrix} \delta_f + \begin{bmatrix} -\frac{C_r}{m} \\ -\frac{bC_r}{J} \end{bmatrix} \delta_r \quad (2.26)$$

Görüldüğü üzere arka ve ön tekerlek kontrolü söz konusu olduğundan iki kontrol girdimiz vardır. Bunlar  $\delta_f$  ve  $\delta_r$  ' dir.

Dönme yapılırken sürekli rejim dikkate alındığında dönme hızı ve yanal hız 0'a gidecektir yani türevleri de bu durumda 0 'a yaklaşacaktır. Böylece bu denklemler sürekli hal göz önüne alındığında aşağıdaki (2.27) eşitliğine dönüşür:

$$\frac{1}{u} \begin{bmatrix} C_f + C_r & (aC_f - bC_r) - mu^2 \\ aC_f - bC_r & a^2C_f + b^2C_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ r \end{bmatrix} + C_f \begin{bmatrix} 1 \\ a \end{bmatrix} \delta_f + C_r \begin{bmatrix} 1 \\ -b \end{bmatrix} \delta_r = 0 \quad (2.27)$$

Bu çalışmada arka tekerleğin yön verme açısının bir sabit parametre vasıtasıyla ön tekerlek ile orantılı olduğu varsayılmıştır:

$$\delta_r = k\delta_f \quad (2.28)$$

Böylece sürücü sadece ön tekerleği kontrol ederek arka tekerleği de kontrol altında tutabilir. Sonuçta eşitlik şu hali alır:

$$\frac{1}{u} \begin{bmatrix} C_f + C_r & (aC_f - bC_r) - mu^2 \\ aC_f - bC_r & a^2C_f + b^2C_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_f + kC_r \\ aC_f + kbC_r \end{bmatrix} \delta_f = 0 \quad (2.29)$$

Bu eşitlikteki r ve v çözülrse yanal kayma açısı hesaplanabilir.

$$v = u \frac{-(aC_f - jbC_r)(aC_f - bC_r - mu^2) + (C_f + kC_r)(a^2C_f + b^2C_r)}{(C_f + C_r)(a^2C_f + b^2C_r) - (aC_f - bC_r)(aC_f - bC_r - mu^2)} \delta_f \quad (2.30)$$

$$r = u \frac{-(aC_f - kbC_r)(C_f + C_r) + (C_f + kC_r)(aC_f + bC_r)}{(C_f + C_r)(a^2C_f + b^2C_r) - (aC_f - bC_r)(aC_f - bC_r - mu^2)} \delta_f \quad (2.31)$$

(2.18) kullanarak yanal kayma açısı hesaplanır

$$\beta = \frac{v}{u} = \frac{-(aC_f - jbC_r)(aC_f - bC_r - mu^2) + (C_f + kC_r)(a^2C_f + b^2C_r)}{(C_f + C_r)(a^2C_f + b^2C_r) - (aC_f - bC_r)(aC_f - bC_r - mu^2)} \delta_f \quad (2.32)$$

İdeal durumda yanal kayma açısı sıfırlanır ve k katsayısı elde edilir

$$k = \frac{bL + m \frac{a}{C_r} u^2}{-aL + m \frac{b}{C_f} u^2} \quad (2.33)$$

## 2.3 ZEMİNDE TUTUNMA

### 2.3.1 Lastik kayması

#### Teorik olarak lastik kayması

Lastik kayması (“kayma” da denilir), teorik olarak ve gerçekte kat edilen yol uzunlukları arasındaki farktan meydana gelmektedir. Bu ilişki bir örnekten yola çıkılarak açıklanacaktır: Normal bir araç lastiğinin çevresi 1,5 m’dir.

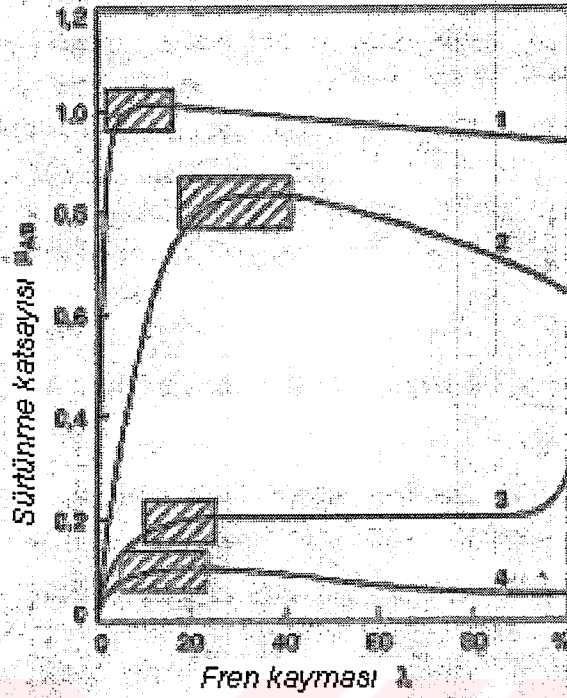
Tekerlek on kere dönerse, hareket halindeki aracın 15 m’yi geride bırakmış olması gerekmektedir. Ancak lastik kayması, gerçekte kat edilmiş olan yolun daha kısa olmasına neden olmaktadır.

Lastik kaymasının nedeni, tekerin elastikiyetine bağlıdır. Yolda hareket halinde olan bir teker, deformasyona uğrar, hava ve yol şartlarına göre bir nevi “çiğneme / ezme işlemi” (Enerji harcaması, lastiklerin ısınması) yapmaktadır. Lastiğin büyük bir oranda kauçuktan oluşması nedeniyle, temas bölgesinden hareket ederken “deformasyon enerjisi” nin sadece bir bölümü geri kazanılmaktadır.

#### Pratik olarak lastik kayması

Kalkış esnasında ya da hızlanırken – fren ya da geciktirme yaparken de olduğu gibi – kaymanın güç transferi, teker ve yola bağlıdır. Lastiğin sürtünmesi, fren yaparken ve hareket halindeyken prensipte kayma ile aynı şekilde işlemektedir. Birçok fren ya da hızlanma süreçleri, düşük kayma değerlerinde sabit bir alanda gerçekleşmektedir. Böylece kaymanın yükselmesiyle birlikte kullanılabilir güç devresi de yükselmektedir. Lastik kayması sürekli artarken, işaret çizgileri (şekil 2.2) çok yükselmektedir. Açık noktalarını aşarak sabit olmayan alana ulaşırlar. Kaymanın biraz daha yükseltilmesi, genellikle güç devresinin küçülmesine yol açmaktadır. Fren yaparken tekerlek saniyenin onda birinden kısa sürede bloke olur; hızlanırken daha fazla büyüyen hareket momenti, bir veya iki hareket tekerleğinde hareket momentinin hızla yükselmesine neden olur; tekerlek görevini yerine getirmeyerek, boşa döner. Lastik kaymasına ek olarak başka etki birimleri eklenirse (örn: yüksek tekerlek yükü ya da radikal tekerlek ayarları) güç transferi ve işleyiş özellikleri negatif etkilenir (şekil 2.2).





Şekil 2.2: Fren yaparken kaymaya  $\lambda$  bağımlı olarak sürtünme katsayısı  $\mu$  A/B (Bauer,98).

- 1 Kuru zemin üzerinde radyal lastik.
- 2 Islak asfalt üzerinde diyagonal kışlık lastik.
- 3 Gevşek kar üzerinde radyal lastik.
- 4 Islak buz üzerinde radyal lastik.

Çizgili alanlar :

Sabit alandan sabit olmayan alana geçiş.

### 2.3.2 Sürtünme

Sürtünme katsayısı  $\mu$  A/B (Uzunlamasına sürtünme)

Fren momentiyle, lastik ve yol yüzeyi arasında bir fren kuvveti oluşmaktadır. Bu fren gücü, sabit durumdayken (Tekerleğin hızlanması değildir) fren momentiyle orantılıdır. Tekerleğin yük gücü ile transfer edilebilen fren gücü arasındaki ilişkiye tutunma sürtünme katsayısı  $\mu$  HF denir.

Tekerleğin sürtünme katsayısı sürüş hızına, lastiğin ve yolun durumuna bağlıdır. Çizelge2.1'te belirtilen değerler, iyi durumda olan beton ve asfalt yol yüzeyleri için geçerlidir. Kayan tekerleklerin sürtünme katsayısı (bloke olmuş lastiklerde) genellikle daha küçüktür.

Sürtünme katsayısı, lastik/yol gibi malzeme çiftlerini ve bu çiftlerin maruz kaldığı tüm etkileri belirtmektedir. Miktarları, direk olarak yol nitelikleri ile bağlantılıdır (Tablo 3).

Çizelge 2.1: Lastik ve yol arası sürtünme

Lastik ve yol yüzeylerinin tutunma sürtünme sayıları $\mu_{HF}$						
Sürüş hızı	Lastiğin durumu	Yol kuru	Yol ıslak (su seviye 0,2 mm)	Yoğun yağmur (su seviye 1 mm)	Su birikintileri (su seviye 2 mm)	Buzlanma (donmuş kırağı)
Km/h		$\mu_{HF}$	$\mu_{HF}$	$\mu_{HF}$	$\mu_{HF}$	$\mu_{HF}$
50	yeni	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 ve daha küçük
	aşınmış	1	0,5	0,4	0,25	
90	yeni	0,8	0,6	0,3	0,05	
	aşınmış	0,95	0,2	0,1	0,0	
130	yeni	0,75	0,55	0,2	0	
	aşınmış	0,9	0,2	0,1	0	

### Aquaplaning

Yağmurdan dolayı yol üzerinde bir “su tabakası” oluşarak araç “suyun üstünde hareket eder”, sürtünme miktarı sıfıra doğru gider. Böylece “Aquaplaning” (su üzerinde yüzme) meydana gelir, tekerlek-yol teması ortadan kalkar. Bunun nedeni, Aquaplaning’de lastiğin tüm yere temas alanının altına bir su kamasının girmesi ve lastiği yerden kaldırmasıdır. Aquaplaning oluşumu aşağıda belirtilen konulara bağlıdır:

- Yol üzerinde suyun yüksekliği
- Aracın hızı
- Lastik profilinin formu ve aşınmasına
- Tekerlek yükü

Özellikle geniş lastikler bu konuda tehdit altındadır. Aquaplaning durumundaki araç artık yönlendirilemez ve fren yapılamaz. Bundan sonra ne direksiyon hareketleri, ne de fren kuvvetleri yola aktarılabilir.

### 2.3.3 Sürtünme, lastik kayması, lastiğin yük gücü

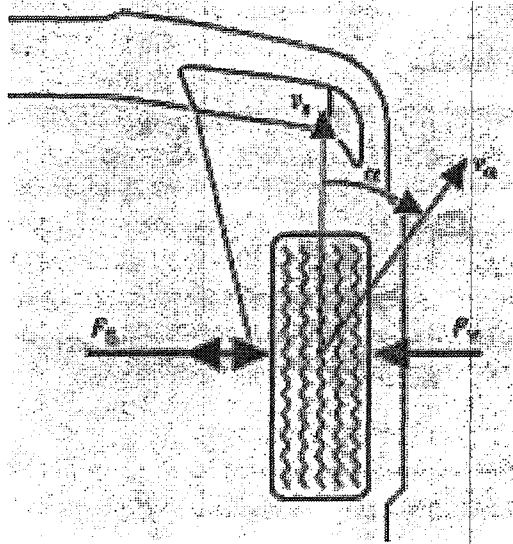
Bir lastiğin sürtünmesi, özellikle uzunlamasına kaymaya bağlıdır. Lastiğin yük gücü bu durumda yan rolü üstlenmektedir. Ancak ilk bakışta sabit lastik kaymasında, fren ve yük gücü arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur.

Sürtünme aynı zamanda lastiğin çapraz hareket açısına da (Çapraz kayması) bağlıdır. Böylece eşit lastik kaymasında ve çapraz hareket açısının büyümesinde, fren ve hareket gücü azalmaktadır. Eşit durumda kalan fren ile hareket gücünde ve çapraz hareket açısının büyümesinde ise lastik kayması artmaktadır.

### 2.3.4 Çapraz / Yan kuvvet

Serbest hareket halindeki bir tekerliğe etki eden bir yan kuvvet durumunda, tekerleğin merkez noktası yana doğru hareket eder. Yana doğru yönlendirilen hız ile uzunluğuna doğru hareket eden hız arasındaki ilişkiye çapraz kayma yada eğri kayma denir.

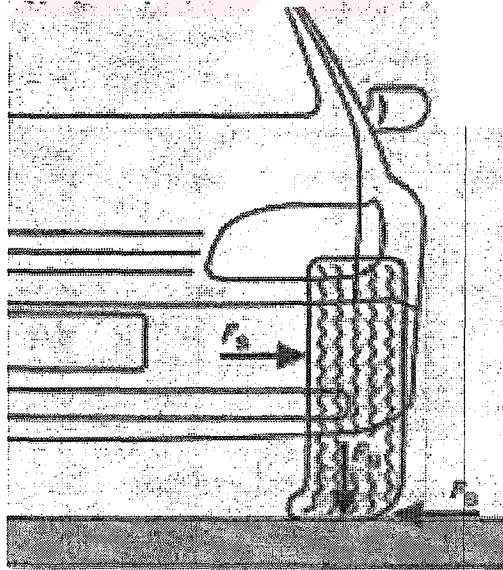
Sonuç olarak, ulaşılan tekerlek hızı ve uzunlamasına yöndeki hız arasındaki açıya çapraz hareket açısı  $\alpha$  denir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Çapraz hareket açısının  $\alpha$  betimlenmesi ve yan gücün  $F_s$  etkisi (üstten bakış).

Aks üzerinden tekerlekte etki yaratan yan kuvvet  $F_S$  ile yol yüzeyinden tekerlekte etki yaratan yan kuvvet, sabit durumda (yani tekerlek hızlanmadan) birbirleriyle dengelidirler. Aks üzerinde etki yaratan yan kuvvet ile tekerlek yük kuvvet  $F_N$  arasındaki ilişkiye yan kuvvet ek değeri  $\mu_s$  denir.

Çapraz hareket açısı  $\alpha$  ve yan kuvvet ek değeri  $\mu_s$  arasında doğrusal olmayan bir bağlantı vardır. Bu bağlantı, çapraz hareket eğrisi ile tanımlanmaktadır. Tutunma sürtünme katsayısında  $\mu$  HF olduğunun aksine, yan kuvvet ek değeri hareket halinde ve fren yaparken büyük oranda tekerleğin tepki kuvvetine  $F_N$  bağlıdır. Hareket tutumunu satabilizatörler ile pozitif olarak etkileyebilmek için, bu özellik otomotiv üreticileri için alt düzenek hazırlanışında ayrı bir önem taşımaktadır. Lastik yükü (Yük alanı) büyük yan kuvvetlerin  $F_S$  etkisinde jant düzeyine doğru kayar (Şekil 2.4). Böylece yan gücün oluşumu gecikmektedir. Bu durum, araçların yönlendirme hareketlerindeki (asıl sürüş durumundan diğerine geçiş) geçiş sürecini etkilemektedir.



Şekil 2.4: Jant düzeyine doğru lastik yükü, örneğin yan gücüyle  $F_S$  sağ yönlü bir virajda (Önden bakış).

## 2.4 GÜÇLERİN BİRBİRİYLE İLİŞKİSİ

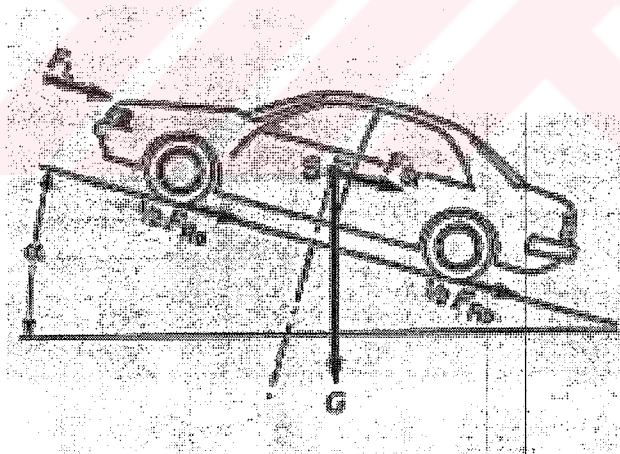
Bir tekerleğin jantına hem yan güç, hem de fren momenti uygulanırsa, yol tepki olarak lastiğe hem yan güç hem de fren gücü uygular.

Fiziksel sınırına kadar dönen tekerlekte oluşan bütün güçler yol tarafından algılanarak, aynı değerlerde bulunan ancak zıt etki eden güçlerle telafi edilmektedir.

Fiziksel sınır aşıldıktan sonra güçler dengesi artık yoktur ve araç sağlam değildir.

### 2.4.1 Toplam hareket direnci

Toplam hareket direnci, yuvarlanma, hava ve ivme (yokuş) dirençlerinin toplamıdır (Şekil 2.5). Toplam hareket mukavemetini aşmak için, hareket tekerleklerinde uygun hareket gücü kullanılması gerekmektedir.



Şekil 2.5: Toplam hareket direnci (Bauer,94)

$F_L$  Hava direnci,  $F_{Ro}$  Yuvarlanma direnci,  $F_{St}$  Artış direnci, S Ağırlık merkezi,  
G Ağırlık,  $\alpha$  Artış / eğim açısı

Motor dönüş momentinin büyüklüğü, motor ile hareket tekerlekleri arasındaki toplam miktarın büyüklüğü ve transfer kayıplarının düşüklüğüne göre değişir. Motor gücünün tahrik tekerleklerine iletiminde motorla tahrik tekerlekleri arası hız redüksiyon oranı ve güç iletim sisteminin tasarımı (Örn: önde motor, önden tahrik) güç kaybına diğer bir mekanik verime doğrudan etki eder. Uygulamada  $\eta_m$  mertebesinde (Motorun uzunlamasına montajında etki derecesi  $\eta_m$  yaklaşık olarak 0.88...0.92, motorun çapraz montajında yaklaşık olarak 0.91...0.95) (Bauer,94).

### Düz yönlü gidişlerde yuvarlanma direnci

Yuvarlanma direnci, tekerlekte ve yolda yapılan form değiştirme çalışmalarından dolayı oluşmaktadır. Ağırlık gücü ile yuvarlanma direnci ek değerinin bir ürünüdür. Burada, lastik yarı çapı ne kadar küçük olursa ve lastiğin form değişikliği ne kadar yüksek olursa, yuvarlanma direnci ek değeri o denli yüksek olur, örneğin, çok düşük lastik hava basıncında olduğu gibi. Ancak artan yüklenme ve hız sonucunda da yuvarlanma direnci ek değeri yükselmektedir. Ayrıca bu değer yol cinsine göre değişmekte, örneğin toprak yoldakine nazaran asfalttaki değeri sadece %25 civarındadır.

### Viraj sürüşlerinde yuvarlanma direnci

Viraj direnci etrafındaki yuvarlanma mukavemeti, viraj sürüşlerinde yükselmektedir. Bunun direnci ek değeri sürüş hızına, viraj yarıçapına, aksın hareket özelliklerine, lastik kalitesine, lastik hava basıncına ve çapraz hareket davranışına bağlıdır.

### Hava direnci

Hava direnci (Çizelge 2.2 ve 2.3) hava yoğunluğundan, hava direnci ek değerinden (araç yapısı şekli bağlı), aracın en büyük enine kesitinden ve sürüş hızından (buna karşı istikametten gelen rüzgar hızı da dahil) elde edilmektedir.

## Artış direnci

Artış direnci (pozitif işaretli) ya da inişe geçiş (eksi işaretli), aracın ağırlığı ile artış ya da eğim açısından elde edilmektedir.

### 2.4.2 Uzunlamasına araç dinamiği

Hızlanma (ya da gecikme) sabit olduğu takdirde, eşit düzeyde hızlanma ya da uzunlamasına yönde hareket gecikmesinden söz edilebilir.

Çizelge 2.2: Binek araç hava direnç değerleri (Bauer,94).

Binek araçlarda aerodinamik direnç katsayıları $C_w$ örnekleri.	
Açık kabrio araç	$C_w = 0,5 \dots 0,7$
Kasa yapısı	$C_w = 0,5 \dots 0,6$
Ponton formu*)	$C_w = 0,4 \dots 0,55$
Kama formu	$C_w = 0,3 \dots 0,4$
Giydirilmiş form	$C_w = 0,2 \dots 0,25$
Damla formu	$C_w = 0,15 \dots 0,2$
*) Aracın arka kısmı çıkıntılı	

Çizelge 2.3: Ticari araçlarda mukavemet değerleri (Bauer,94).

Yük taşıyan araçlar için aerodinamik direnç katsayıları değerleri $C_w$ örnekleri.	
Standart - Çekme araçları	
- "Açık kasa kamyon"	$C_w > 0,64$
- "Kasa kapatılmış kamyon"	$C_w = 0,54 \dots 0,63$
- "Kapalı kasa kamyon"	$C_w < 0,53$

Gecikme sırasında kat edilmiş olan yol, hızlanma sırasında kat edilmiş yoldan daha önemlidir, çünkü fren mesafesinin uzunluğu direkt olarak trafik güvenliğine etki etmektedir (Çizelge 2.4).



Araç tekerleklerindeki tahrik ve fren kuvvetleri, tekerleklerin yolda halen tutunabilecekleri düzeye geldiğinde, hızlanma ile gecikmenin maksimum değerlerine ulaşılmış olunur.

Pratik olarak ulaşılabilen değerler daha düşüktür, çünkü her hızlanmada tüm tekerlekler maksimum kuvvet aktarımını aynı anda kullanmamaktadır. Elektronik olarak yönlendirilen hızlanma, fren ve sürüş stabilite düzenleme sistemleri (ASR, ABS ve ESP) maksimum seviyedeki güçlerin transfer alanında rol oynamaktadır.

Çizelge 2.4: Bir saniye kayıp içindeki durma yolu (Bauer,94)

<b>1 saniyelik kayıp zaman içerisindeki durma yolu <math>S_h</math></b>													
m/s	<b><i>km/h olarak frenlenmeden önceki sürüş hızı <math>v</math></i></b>												
olarak	10	30	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
gecikme	<b><i>m olarak, 1 saniyelik kayıp zaman <math>t_{vz}</math> sırasındaki (frensiz) yol</i></b>												
<b><i>a</i></b>	2,8	8,3	14	17	19	22	25	28	33	39	44	50	56
	<b><i>m olarak durma yolu <math>S_h</math></i></b>												
4,4	3,7	16	36	48	62	78	96	115	160	210	270	335	405
5	3,5	15	33	44	57	71	87	105	145	190	240	300	365
5,8	3,4	14	30	40	52	65	79	94	130	170	215	265	320
7	3,3	13	28	36	46	57	70	83	110	145	185	230	275
8	3,3	13	26	34	43	53	64	76	105	135	170	205	250
9	3,2	12	25	32	40	50	60	71	95	125	155	190	225



### 2.4.3 Çapraz araç dinamiği

#### Yandan gelen rüzgar sırasında sürüş tutumu

Yandan gelen şiddetli rüzgar, bir aracı özellikle yüksek hız ve elverişsiz araç ölçümleri nedeniyle yolundan çıkarabilir (Şekil 2.6). Örneğin, açık arazide kuytu bir yerden ana yola çıkarken esecek olan ani bir yan rüzgar tepki süresi içerisinde, elverişsiz inşa edilmiş araçların yan taraflarında önemli hasarlara, yön açısında değişikliklere ve sürücüde hatalı davranışlara neden olmaktadır.



Şekil 2.6: Yandan esen rüzgar esnasında araç (Bauer,94)

D Basınç noktası, O Dayanak noktası, S Ağırlık noktası,  $F_{sw}$  yandan esen rüzgar kuvveti,  $M_z$  Yön momenti. O'daki  $F_s + M_z$  D'deki  $F_s$ 'ye eşittir. ' $l$ ' araç uzunluğu, ' $d$ ' basınç noktasının mesafesi.

Tüm araç kasası üzerinde dağılan bu kuvvet, tek bir kuvvet olarak, yani yandan esen rüzgar kuvveti olarak düşünülebilir. Yandan esen rüzgar kuvveti “D basınç noktasında” devreye girmektedir. Basınç noktasının yeri aracın kasasına ve rüzgarın esiş açısına bağlıdır.

Basınç noktası genellikle aracın ön tarafındaki bölümündedir. Ponton (aracın arkasının çıkıntılı olması) şekilli araçlarda yan rüzgar etki merkezi daha sabit olup, aracın orta bölümüne yakın bir yerde bulunur. Aerodinamik biçimli (aracın arkasının meyilli olması) araç kasalarında ise basınç noktası rüzgarın esiş açısına göre yer değiştirebilir. S ağırlık noktasının yeri ise aracın yük durumuna bağlıdır. Yandan esen rüzgar etkisini (aracın alt düzeneğinin kasaya bağıntılı durumundan da bağımsız olarak) genel olarak tarif edebilmek için, aracın orta bölümünde kasanın ön tarafındaki ucunda bir O dayanak noktası seçilmektedir. Basınç noktasından dolayı farklı olan dayanak noktasının yandan esen rüzgar kuvvetini belirtirken, ayrıca söz konusu olan basınç noktası etrafındaki yandan esen rüzgar kuvvetinin momenti de eklenir. Bu momente “yön momenti” denir. Lastiğin yan yönlendirme gücü, çapraz hareket açısı ve tekerlek yükünün yanı sıra lastik türü ve büyüklüğüne, iç basınca ve yolun sürtünme özelliklerine de bağlıdır.

Yandan esen rüzgar sırasında gidiş yönü sabitliğine olumlu bir şekilde etki edebilmek için, basınç noktasının aracın ağırlık merkezine yakın olması tercih edilmektedir. Basınç noktası ağırlık merkezinin önünde yer alıyorsa, üstten yönlendirilen araçta minimum düzeyde hat yamukluğu oluşur. Alttan yönlendirilen araçta ise basınç noktasının hemen ağırlık noktasının arkasında yer alması uygundur.

### Önden ve arkadan kayma

Tekerlek kendi düzeyinde çapraz yuvarlanıyor ise, yol ve pnömatis kaplamalı tekerlek arasında yan yönlendirme güçleri oluşturulabilir. Bu nedenle çapraz hareket açısı gereklidir.

Sürekli artan çapraz hızlanmayla birlikte ön akstaki çapraz hareket açısı arka akstaki çapraz hareket açısından daha çok büyür, buna önden kayma denir. Tersine olan davranış ise arkadan kayma olarak tanımlanır.

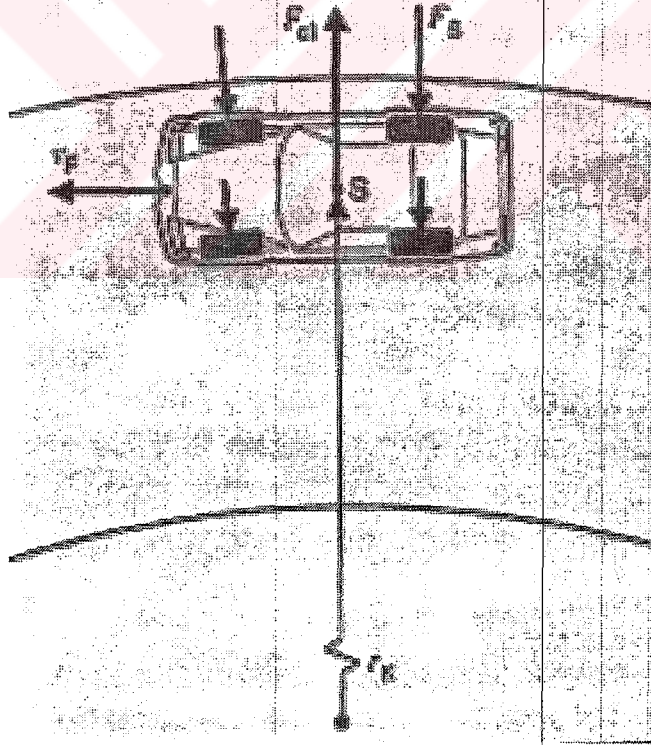
### Virajda merkezkaç / santrifüj kuvveti

Merkezkaç kuvveti S ağırlık merkezinden başlar. Etkisi bir çok faktöre bağlıdır, örneğin;

- Virajın yarıçapı
- Aracın hızı
- Araç ağırlık merkezinin yüksekliği
- Aracın maddesi
- Aracın iz genişliği
- Sürtünme çifti lastik/yol (Hava şartları, yol tabakası, lastiğin durumu) ve
- Araçtaki yük dağılımı

Merkezkaç kuvveti, tekerleklerdeki yan kuvvetleri aşma tehlikesi gösterir ve araç gitmesi gereken (ideal) şeritte tutulamazsa, virajda oluşabilecek tehlikelerden söz edilebilir.

Tekerleklerin hepsi aynı anda “kaymaya” başlamadığı için, ESP sistemi güç dengesizliği durumunda aracın kendi ekseninde savrulacağını önceden algılar ve buna uygun aktif bir frenleme ile aracı tekrar sabit duruma getirebilir.



Şekil 2.7: Virajda merkezkaç kuvvet (Bauer,94)

$F_{ct}$  Merkezkaç kuvvet,  $V_F$  Araç hızı,  $F_B$  tek tek tekerleklerdeki yan güçler,  $R_k$  Viraj yarıçapı, S Ağırlık merkezi.

### 3. ÇEKİŞ KONTROL SİSTEMİ (ASR)

Kritik sürüş durumları frene bağlı olmayabilir; bu durumlar durarak kalkışlar ve hareketli akselerasyon(özellikle kaygan zeminlerde) ve özellikle virajlarda. Bu tip durumlar sürücülere baş edemeyecekleri kadar zorlayabilir. Sonuç: tehlikeli sürüş hataları. ASR patinaj kontrol sistemi bu problemleri çözmek için yaratılmıştır. ASR'nin ilk amacı, ABS'nin daha genişletilmiş versiyonu, sürücü etkisi aracın stabilitesi ve akselerasyon altındaki direksiyon hareketleri(fiziksel limitler dahilinde) en aza indirmektir. ASR bu tepkileri motor torkuna etki ederek yol yüzeyinin verdiği grip dahilinde yapar(durum kritik hale gelmeden) (şekli 1). ASR ve ABS'yi birleştirerek çift amaçlı kullanılan sistem elemanlarında daha yüksek derecede güvenlik sağlanmaktadır.

#### 3.1 ASR SİSTEM GEREKSİNİMLERİ

##### 3.1.1 Baz sistem

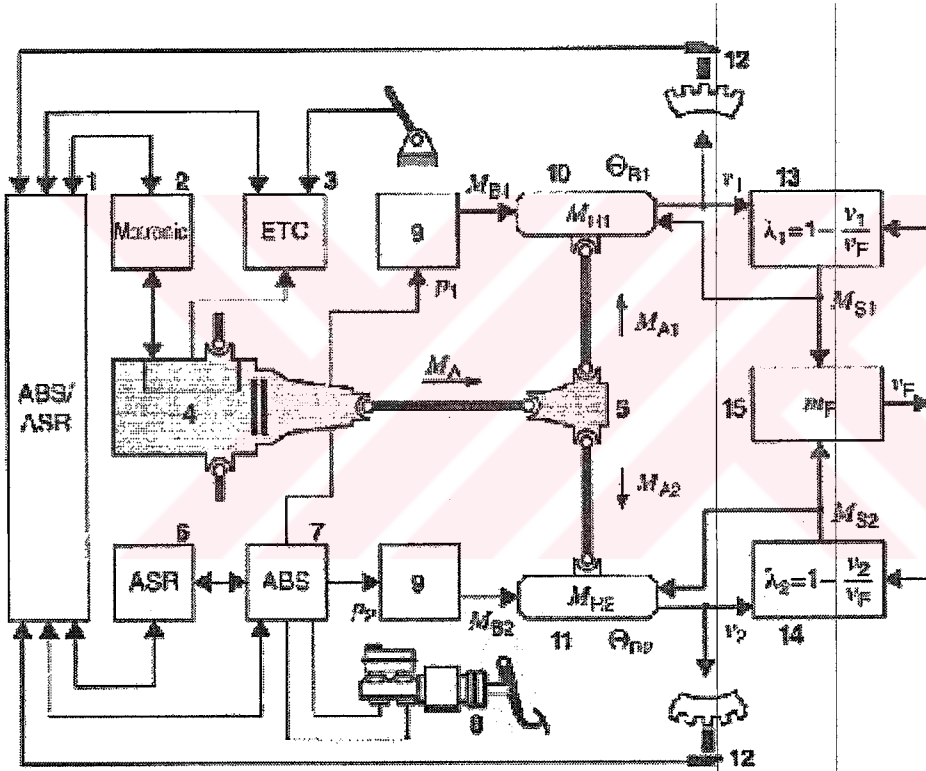
ASR sistemi aşağıdaki koşullarda dururken ve hareket halinde iken tekerlek hızlarını okuyabilmelidir:

- Şerit çift taraflı ve tek taraflı kayganken,
- Araç buz üzerinden kalkış halindeyken ve yolda ilerlerken,
- Virajda hızlanırken,
- Tırmanma başlarken (potansiyel olarak tekerleğe uygulanan kapalı devre kontrol sistemi)

ASR sistemi şu durumlarda devreye girmelidir:

- Tekerlek dönerken (ve tekerlek kilitlenirken) tekerleğin iletebileceği yanıl kuvvetler limitli iken; araç stabil olmadığı zaman ve arka bölümün hareketliliğinde ASR geliştirilmiş güvenlik için araç stabilitesini sağlar.
- Yuvarlanma kayması lastik kaplaması ve aktarma organları üzerindeki strese bağlı olarak artar(diferansiyel etkisi). ASR tekerlek kayarken tutunma olduğunda yürüten akasma fazla yük binmesini engeller.

- ASR her zaman için devreye girmeye hazır olmalıdır. ASR viraj dönerken ve hızlanırken tekerleklerdeki kayma oranını ayırt etmeye yarar. Kilitli diferansiyelde olduğu gibi dönme çapı küçük olan virajlarda tekerleklerin “drag” olmasını engeller. Limitli kaymalı ve kilitli diferansiyeller her zaman fazla akselerasyon uygulamalarında fazla gaz verme tepkilerini okuyamaz. Bunun yanında ASR, tekerlek virajı alabilsin diye motor çıkışında müdahale eder.
- Sistem fiziksel olarak devrede olduğunda kontrol tablosunda uyarı ışığı yanar.



Şekil 3.1: Patinaj kontrol sisteminin fonksiyonel parçaları (Bauer,98)

1-ABS / ASR kontrol ünitesi(ECU), 2- Motronic ECU, 3- ETC kontrol ünitesi(ECU), 4- Motor, debriyaj, şaft, 5- Diferansiyel, 6- ASR basınç sağlayıcı, 7- ABS Hidrolik basınç modülatörü, 8- Fren ana silindiri, 9- Tekerlek frenleri, 10- Tekerlek 1, 11- Tekerlek 2, 12- Tekerlek hız sensörü, 13- Yol yüzeyi(tekerlek 1), 14- Yol yüzeyi(tekerlek 2), 15- Araç kütlesi  $m_F$ ,  $P$  fren basıncı,  $V$  tekerlek hızı,  $V_F$  araç hızı,  $\lambda$  kayma,  $\theta_R$  araç momenti,  $M_a$  sürüş torku,  $M_b$  fren torku,  $M_R$  güç verilmiş tekerlek tork balansı,  $M_S$  yol torku

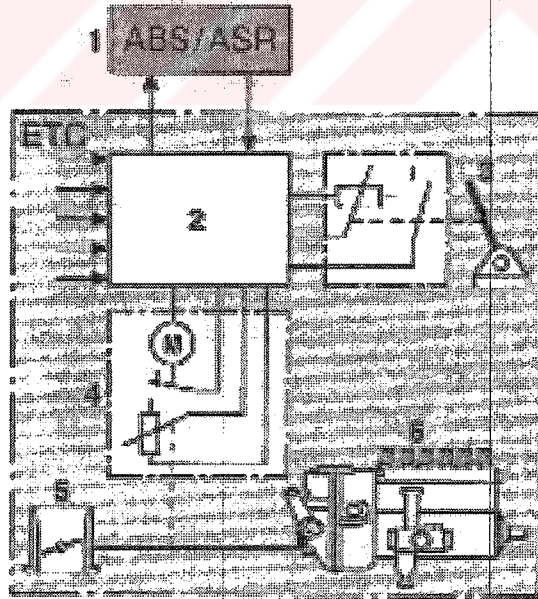


### 3.1.2 Motor kalkış-tork kontrolü (MSR)

ASR, MSR motor kalkış kontrol modülünün eklenmesiyle birlikte daha etkin bir sistem olur. vites küçültürken veya ani gaz kesildiğinde az sürtünmeli yol durumlarında, motorun fren etkisi tekerleklerde farklı frenleme kayması yaratır. MSR, bu sırada tekerleklerde oluşan bu fren etkisini motorun torkunu, aracın stabilitesini korumak için yükselterek azaltır.

### 3.1.3 Elektronik gaz kelebeği kontrolü (ETC)

ASR sürücünün gaza basmasına bağlı olmadan devreye girebilmelidir. Bu nedenle gaz kelebeği ile gaz pedalı arasındaki mekanik bağlantıyı (otto motorlarında) yada pedal ile enjektör pompası arasındaki mekanik bağlantıyı (diesel motorlarında) kaldırmak gerekmektedir (drive by wire sistemi). ETC, ASR'yi sürücünün isteklerinden öne koymaktadır. Bir pedal okuyucu sensör gaz pedalının hareketlerini sinyale dönüştürmektedir. ETC kontrol ünitesi diğer sensörlerden gelen sinyallere ve ateşleme programına bağlı olarak elektronik servo motorları için voltaj yaratır. Servo motorlar gaz kelebeği (diesellerde ise enjektör sistemi kontrolü) ve pozisyonun ECU'ya geri gönderir.



Şekil 3.2: ASR için elektronik gaz kelebeği kontrolü (ETC) (Bauer,98)

1- ABS / ASR kontrol ünitesi (ECU), 2- ETC kontrol ünitesi (ECU), 3- Gaz pedalı, 4- Servo motor, 5- Gaz kelebeği veya, 6- Diesel için yakıt püskürtme pompası

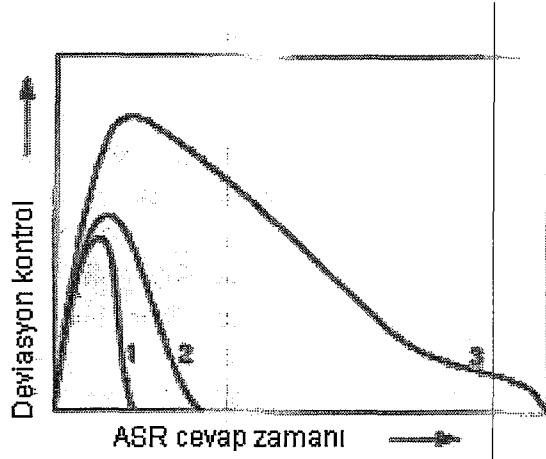
### 3.2 UYGULAMASI

Sürücü gaz pedalına bastığında motor torku ve bunun sonucu ortaya çıkan sürüş torku yükselir. Eğer yol bu torku kayıpsız yola aktarılırsa araç bir sorun olmadan hızlanır. Ama, tekerleklerden en az bir tanesi yola uygulanabilecek sürüş torku fiziksel olarak maksimum seviyeye geldiğinde tekerlek kaymaya başlayacaktır. Bunun sonucu, çekiş gücünde belirli bir düşüş ve aynı zamanda yanal kuvvetin kaybı ortaya çıkıyor ve araç stabil durumdan çıkıyor. Saniyenin ufak bir bölümünde, ASR tekerleklerin kaymasını optimum seviyeye indirecek yetki veriyor.

Şekil 3.1 gösterdiği gibi, tork balans  $M_R$  varyasyonları,  $V_1$  ve  $V_2$  tekerlek dönüş hızlarını etkileyebilir ve aynı zamanda her tekerlekteki  $\lambda$ -sürüş kaymasına etki etmektedir. Tork balansı  $M_R$ , sürüş torku  $M_A$ , fren torku  $M_B$  ve yol yüzeyi faktörü  $M_S$  'den oluşur (Bu torkun yol yüzeyine aktarılabilirliğini gösterir.) buji ateşlemeli araçlarda  $M_A$  sürüş torku, şu sistemlerde kontrol edilir.

- Gaz kelebeği (gaz kelebeği ayarlanması)
- Ateşleme sistemi (ateşleme zamanı değişimi)
- Enjeksiyon sistemi (enjeksiyon zamanı değişimi)

Diesel araçlarda sürüş torku  $M_A$ , enjeksiyon pompası üzerindeki gaz kolu tarafından kontrol edilir (Püskürtülen yakıt miktarındaki azalma). Bireysel tekerlekte fren torku  $M_B$ , fren sistemi tarafından kontrol edilir. Bunun olması için aynı zamanda ABS hidrolik sistemini de çalıştırılması gerekir. Şekil 3.3, motor yönetim sistemindeki değişik tipteki ASR buluşlarının tepki zamanlarını göstermektedir. Şeklin gösterdiğine göre iki tekerlekli araçlarda tepki aralıkları daha fazla aralanmakta, buda demek oluyor ki gaz kelebeği ayarlamalarıyla tatmin edici sonuçlar alınamıyor.



Şekil 3.3: ASR reaksiyon zamanları bir karşılaştırma (Bauer,94)

1- Gaz kelebeği / tekerlek frenleri, 2- Gaz kelebeği / ateşleme , 3- Gaz kelebeği

### 3.3 ASR VERSİYONLARI

Aşağıdaki belirtilen sistemler buji ateşlemeli motorlar içindir.

#### 3.3.1 ASR2-DKB motor ve fren sistemleri müdahaleli:

Bu versiyon ABS2S elemanı ve gaz kelebeği kombine edilmiş ASR kontrol ve fren sistemi. Her ABS elektronik ve hidrolik sistemi ASR elemanlarını içermesi için genişletilmiş (şekil 3.4 ve 3.5)

#### Motor müdahalesi:

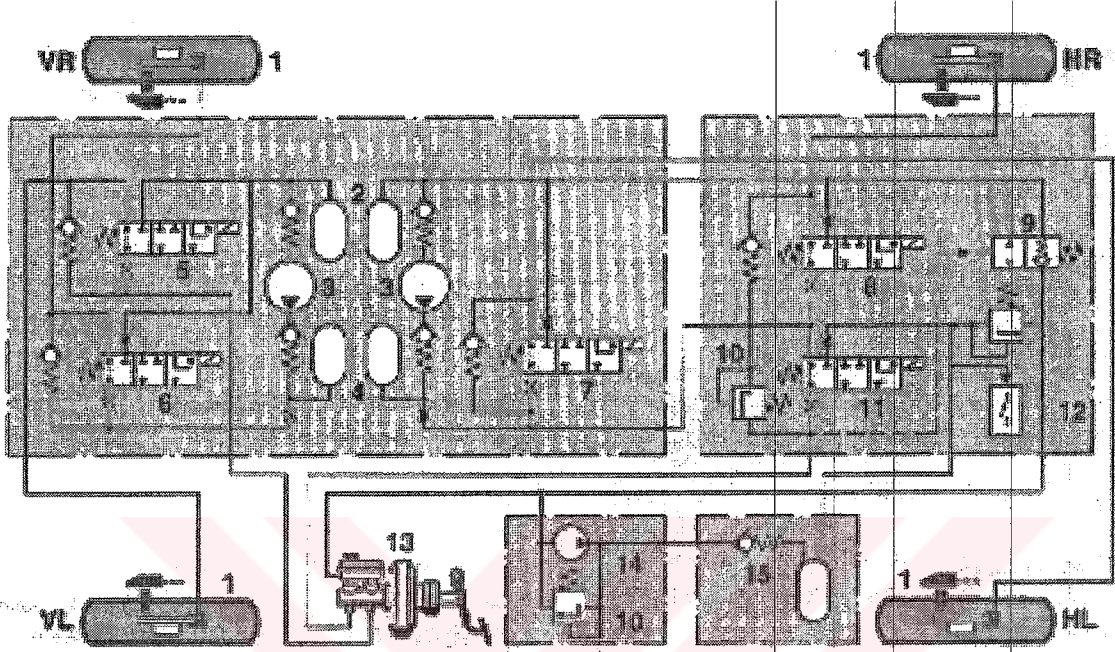
Gaz kelebekli motor müdahalesi EMS “elektronik motor-güç kontrolü” ile kontrol ediliyor.

#### Fren müdahalesi:

ASR fren güç kontrolünü uygulamak için gerekli olan efektif ve dayanıklı olarak elemanlar zaten ABS içindeki elemanlarda vardır. Sisteme ek olarak bir pilot valfi, normal fren sisteminden operasyonun sürekliliğini kontrol etmek için ASR sistemine geçişi sağlar (11). Bu fren pedalında herhangi bir hareket ihtiyaç duymadan tamamen yüklenmiş fren hidroliği akümülatörlerinin tekerleklerdeki fren silindirlerine fren basıncı uygulamasını sağlar. ABS’de



olduğu gibi basınç modülü selenoid sübapları onların basınç yükseltme, basınç tutma ve basınç düşürme pozisyonları tarafından çalıştırılır (5...8). selenoid sübapların pulse kontrolü



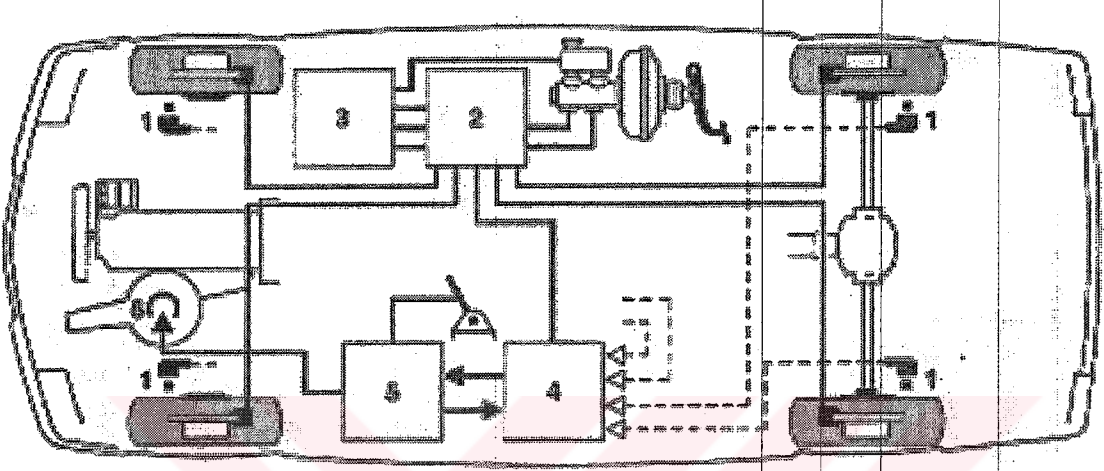
Şekil 3.4: ASR2-DKB hidrolik sistem (Bauer,94)

1- Güç iletilmiş tekerlekler, 2- Accumulatör, 3- Geri dönüş pompası, 4- Damper, 5...8 ABS selenoid valfleri, 9- Yüklenmiş valf, 10- Basınç limitör valfi, 11- ASR pilot valfi, 12- Basınç şalteri, 13- Fren ana silindiri, 14- Şarj pompası, 15- Accumulatör HR Arka sağ, HL Arka sol, VR Ön sağ, VL Ön sol

ne zaman ABS ASR kontrol ünitesi tekerleklerdeki sürekli, tekerlek dönüşü algularsa sistem devreye girer. Dönüş pompası patinaj kontrolünün sürekliliğini sağlamak için ve sürüş tekerleklerindeki fren silindirlerindeki basıncı düşürmeye yardımcı olmak için çalışmaya devam eder (3). ABS, ASR aktive olmadığı sürede bir tane şarj etme pompası akümülatörü yeniden doldurur. Fren müdahalesi aynı zamanda kayma limiti şekli veya diferansiyelde kilitleme görevi görür. Bu geliştirilmiş araç stabilitesi ve özellikle sağdan ve soldan gelecek farklı sürtünme katsayılı yüzeylerde daha etkili ivmesel güçlerde direksiyon kontrolü sağlar. Şekil 3.6 sürüş tekerleklerine uygulanan lineer güçleri göstermektedir. Daha yüksek sürtünme katsayılı  $M_h$  yüzeydeki tekerlek, yüksek kuvveti  $F_h$  transfer edebilir("h" yüksek için), düşük

sürtünme katsayılı yüzeydeki tekerlek  $\mu_1$ , düşük  $F_1$  iletir ("P" düşük için). Aynı zamanda, bu tip değişken yüzeylerde diferansiyel sadece 2.  $F_1$  toplam kuvvetinin yola aktarımına izin verir.

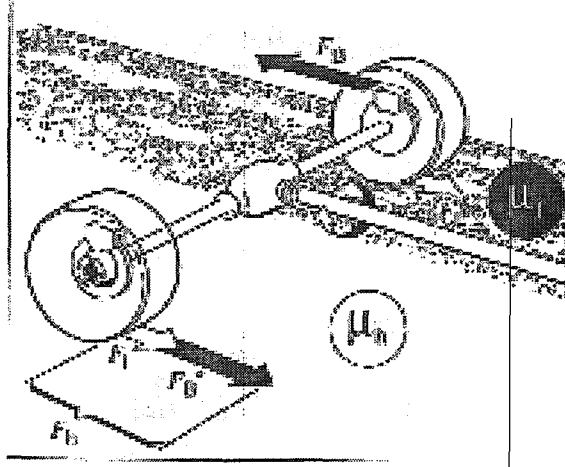
Bu  $F_B$  fren kuvveti  $\mu_1$



Şekil 3.5: ASR2-DKB gaz kelebeği ve tekerlek frenleri ile müdahalesi halinde (Bauer,94)  
 1- Tekerlek hız sensörleri, 2- ABS hidrolük basınç modülatörü, 3- ASR hidrolük basınç modülatörü, 4- ABS / ASR kontrol ünitesi(ECU), 5- EMS kontrol ünitesi(ECU), 6- Gaz kelebeği

yüzeyinin tekerleğe artan sürüş torkunu kaymasını engellemek için uygulanır. Aracın maksimum sürtünme kuvveti şöyle açıklanabilir:

$$F_{\text{total}} = F_h + F_1 = 2 \cdot F_1 + F_B^*$$



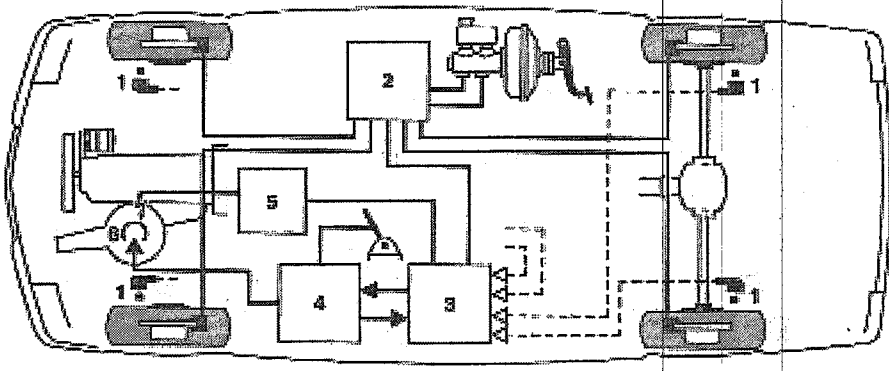
Şekil 3.6: Fren uygulaması ile limitli kaymalı diferansiyel efekti (Bauer,94)

### 3.3.2 ASR2-DKZ/MSR motor müdahaleli:

Bu versiyon ABS2S parçalarının, ek ateşleme elemanları kontrolörleri ASR ile birlikte EMS gaz kelebeği kontrolörleri eklenmesi ile olur ve motor torku efektif hale gelmeden ateşleme sistemine müdahale ile olur. MSR motor drag torku kontrolörü motor çıkış gücünü kısıtlama sistemine bağlı çalışır (fren gücü uygulamadan). ABS hidrolik sistemindeki elemanlara müdahale edilmez, ancak ABS'nin elektronik sistemi ASR kontrolü yapacak şekilde geliştirilir. (Şekil 3.7)

#### Motor müdahalesi:

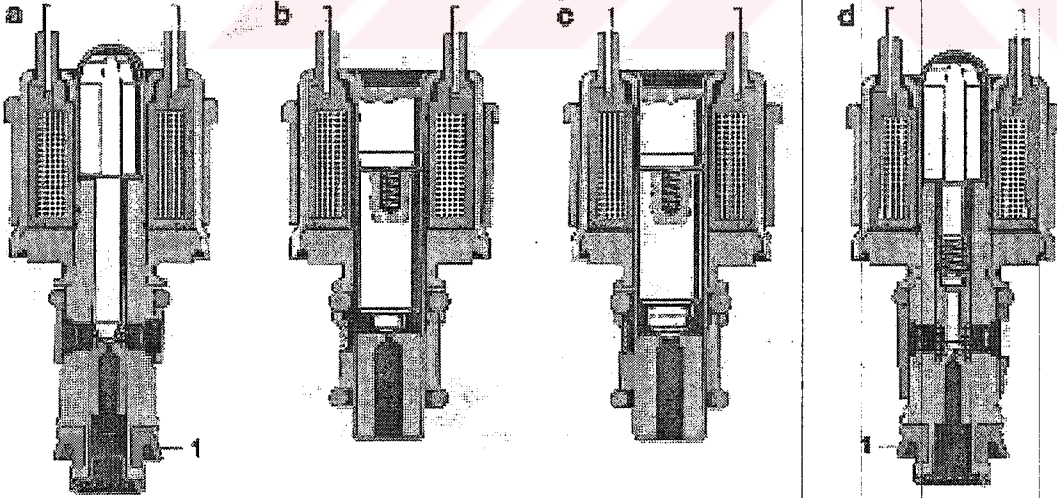
Motorun enjeksiyonu içinde bulunan aktif müdahale ve ateşleme sistemi aracın stabil olmasını sağlar. Gerekli olduğunda sistemin ilk tepkisi ateşlemeyi durdur sinyali vermektedir. Eğer sorun çıkarsa sürüş kayması yükselmeye devam ederse veya bitmezse ünite enjeksiyonu kapatırken aynı zamanda ateşlemeyi de durdurur. Ateşleme yeniden başladığında operasyonun devamı sürekliliği ve düzgün çalışması için ünite daha önceden kapatılmış ateşlemeyi başlatır ve daha sonra optimum zamanlamasına geri döner.



Şekil 3.7: ASR Gaz kelebeği ve ateşleme/enjeksiyon(Motronic) müdahalesi ile (Bauer,94)  
1- Tekerlek hız sensörleri, 2- ABS hidrolik basınç modülatörü, 3- ABS / ASR kontrol ünitesi(ECU), 4- EMS kontrol ünitesi(ECU), 5- Motronic ECU, 6- Gaz kelebeği

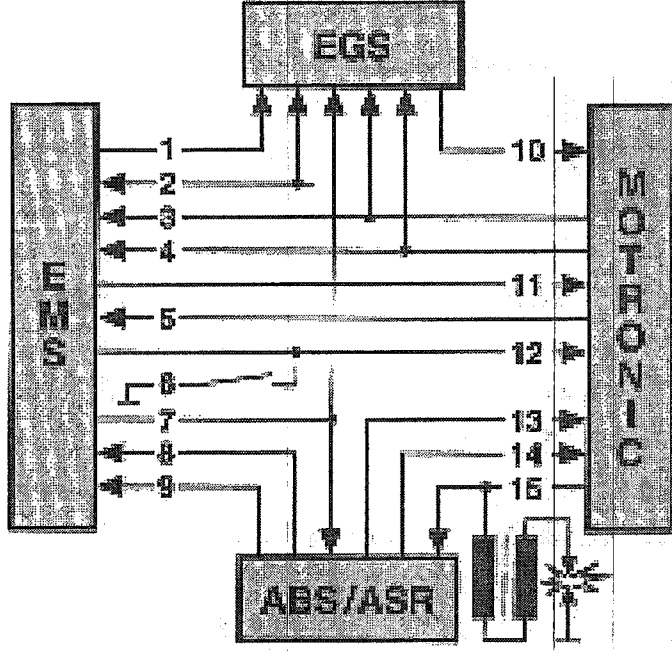
### ECU

ASR kontrol ünitesi ECU ile elektronik motor güç kontrolü ve motronik motor yönetimi için iletişim kurmalıdır. Bunun olması için bir parçaya ihtiyaç vardır (şekil 3.9). Güvenlik devresi kontrol üniteleri arasındaki kablolamayı kontrol eder.



Şekil 3.8: ABS/ASR5 için 2/2 selenoid sübaplar (Bauer,94)  
a) Giriş valfi, b) çıkış valfi, c) emiş valfi, d) pilot valf, 1- geri dönüşsüz valf contası





Şekil 3.9: Arabirimplere genel bakış (Bauer,94)

Kontrol üniteleri: EGS (Elektro-hidrolik vites kutusu), EMS (Elektronik gaz kelebeği), ABS/ASR Motronic.

1- Kick-down, 2- Sürüş programı ayarları, 3- Ateşleme noktası, 4- Enjeksiyon süresi, 5- Motor sıcaklığı, 6- Fren lambası/gaz pedalı düğmesi, 7- Gaz kelebeği girişi, 8/9- Gaz kelebeği açma/kapama, 10- Motor müdahalesi, 11- Tam yük bağlantı, 12- Devre kesici, 13- Hız sınırlayıcı devre kesici, 14- Ateşleme, 15- Ateşleme, geçerli akım.

### 3.3.3 ASR5 Motor ve fren müdahaleli:

ABS5/ABD5 sistemlerine dayanan ASR5, ideal seviyelerde araç stabilitesi ve akselasyon sırasında optimum seviyede çekiş ve direksiyon tepkisi sağlar. ABS/ASR5 hidrolik ünitesinde giriş ve çıkış valfleri ek emiş ve pilot valf üniteleri aynı anda kontrol eder (şekil8 ve 10). Enerji yüklenmiş haldeyken giriş valfi açık, çıkış valfi ise kapalıdır (içinden akış modu). ASR operasyonu sırasında enerji yüklenmiş haldeyken kapalı olan emiş valfi açılır, ama silindirden gelen fren hidroliğini kolayca emebilmesi için valfin çapı büyüktür. Pilot valf akış olmadığı zaman açık kalır, aktif ASR operasyonu için basınç bırakma valfi görevine geçmeden hemen önce kapalı pozisyonuna geri döner.

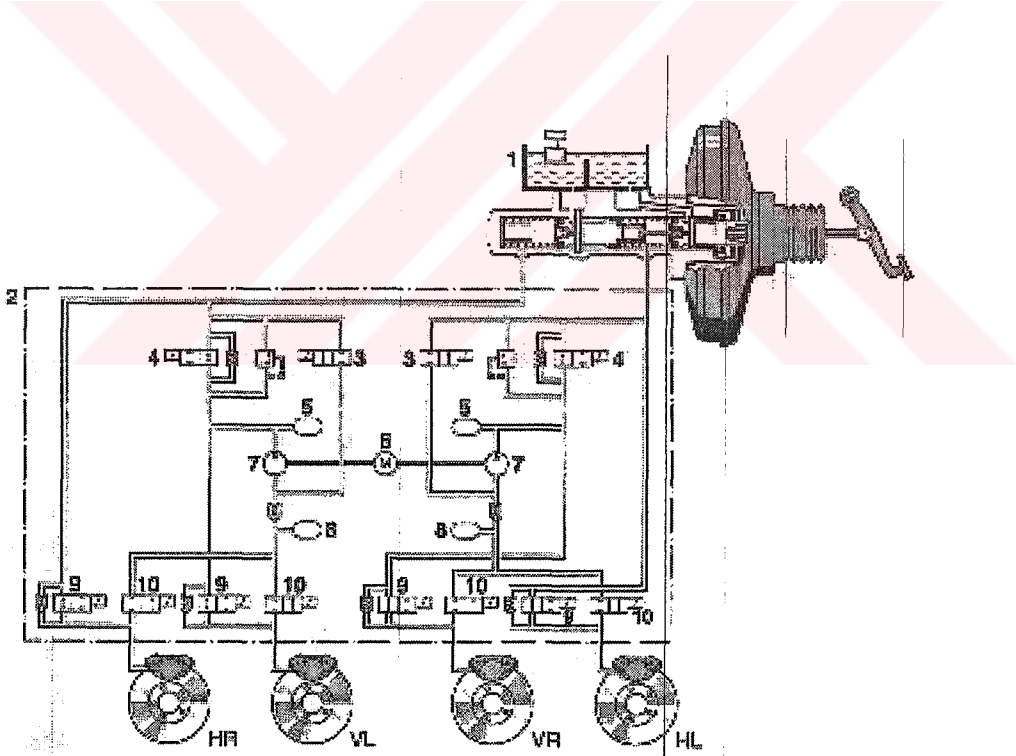
### Fren müdahalesi:

Tutuşu iyileştirmek için özellikle (yüksek katsayılı sürtünme yüzeyleri olan yollarda) sistem sürüş tekerleğine daha önceden belirlenmiş oranlarda (sürüş tekerlerine müdahale etmesinin sebebi ve kaymaya daha meyilli olmasıdır) bölmek için tekrar belirler.

### Motor müdahalesi:

Motorun sürüş torque'ünü azaltmak için birçok yöntem vardır. ABS/ASR sistemin gereksinimleri ve kullanılan motor yönetim sisteminin tipi bunlardan hangi metotlarını kullanacağına karar verir:

- Gaz kelebeği açısının ayarlanması
- Bireysel enjeksiyonun ve ateşleme zamanlamasının uyumu ve
- Ateşleme açısının küçültülmesi



Şekil 3.10: ABS/ASR5 hidroluk sistemi, X-biçimli (çapraz fren sistemi) fren sisteminde  
 1- Ana silindir, 2- hidroluk basınç modülü, 3- emme valfi, 4- pilot valf, 5- damper odası,  
 6- geri dönüş pompa motoru, 7- geri dönüş pompası, 8- akümülatör, 9- giriş valfleri,  
 10- çıkış valfleri,  
 HR-Arka sağ, HL-Arka sol, VR-Ön sağ, VL-Ön sol.

### *Gaz kelebeği açısının ayarlanması*

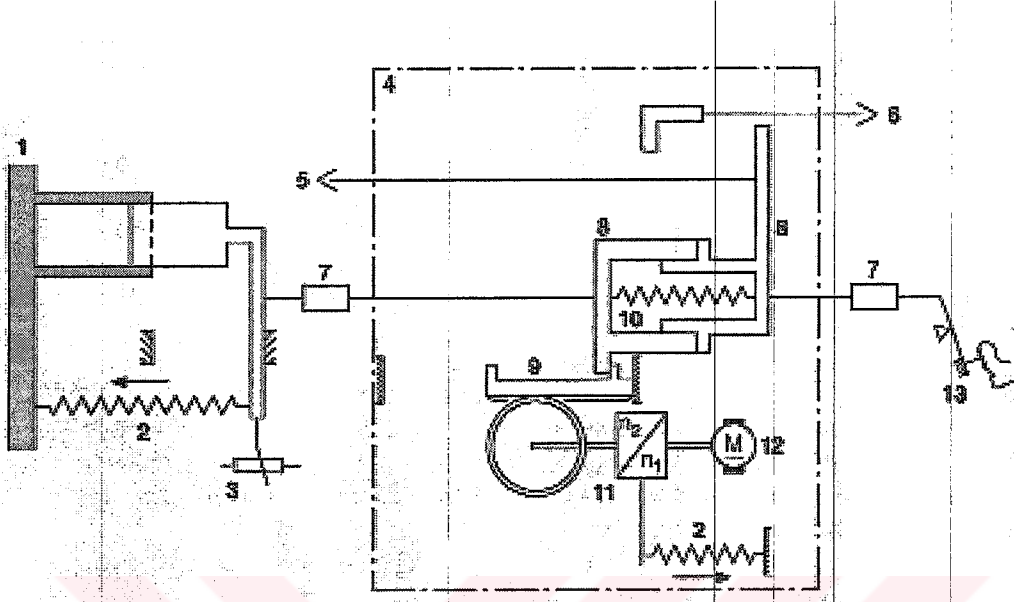
Sistem SI-motor sürüş torkundaki en düşük kayma oranlarını elde etmek için kapalı devre kontrol kullanılır. Düşük hızlarda sürüş tekerleğindeki sürtünmenin bileşenleri yüksek (yüksek seçme kontrolü) ve yüksek hızlardaki sürüş tekerleklerindeki sürtünmenin bileşenleri düşüktür ve ilki ikincisine referans olur. Sistem hızlı bir şekilde ateşleme açısını, ayarlayarak ve bireysel ateşlemeyi mükemmelleştirerek, enjeksiyon tepkilerini ayarlayarak özellikle arkadan itişli araçlarda yavaş tepki veren gaz kelebeği açısını ayarlamak için yardımcı olur. bu sistemin baz versiyonu gaz kelebeği düşürerek SI-motor sürüş torkunu düşürmek için ASR gaz kelebeği motorunu kullanır (elektronik servo motorlu ADS). Potansiyometre o anki gaz kelebeği açısını inceler ve ECU bu gaz kelebeği sinyalini gaz kelebeği motorunun pozisyonunu hesaplamak için baz olarak sinyalleri kullanır.

### *ASR gaz kelebeği motoru ADS1:*

ADS1, ASR gaz kelebeği motoru gaz pedalı ve gaz kelebeği arasındaki bowden kablosudur (şekil 3.11).

Bu bowden kablosunun her bir parçasının bağlantı ucu ile sonlandırılır ki bu uçlar birbirlerine gergin bir çift yayla bağlıdır. Sürücü gaz pedalına bastığında normal bir operasyonda, bu yaylar ve kablo sonundaki uçlar sayesinde gaz kelebeği açılır.

Gaz kelebeği motorun kısılması için ASR'den komut alan ECU, servo motoru çalıştırır. Bu normalde ters ve gergin şekilde duran bu uçların dönmesini sağlayan bir sistem oluşturur. Bunun sonucunda Bowden kablosunun boyu değişir ve sürücü gaz pedalına baskı yaptığı halde, gaz kelebeği motorunun kısılmasını sağlar. Araç yeterli seviyede çekiş ve stabilite kazandıktan sonra ECU servo motoru reaktivasyon sinyali yolar ve buda motorun ilk pozisyonuna gelmesini sağlar.



Şekil 3.11: ASR gaz kelebeği ADS1 ile (Bauer,94)

1- Gaz kelebeği, 2- Geri dönüş yayı, 3- Potansiyometre, 4- Gaz kelebeği devresi, 5- Otomatik vites kutusuna bağlantı, 6- Hız sabitleyici, 7- Otomatik Bowden kablo tansiyonu, 8- Kablo makarası, 9- Ara sürücü, 10- Birleştirici yay, 11- Vites kutusu, 12- Motor, 13- Gaz pedalı.

#### ASR gaz kelebeği motoru ADS2:

ASR gaz kelebeği motoru ADS2 ile kullanımı, ayrı bir bowden kablo tansiyonunu gaz kelebeği motoruna bağlamak için kullanılır. Çünkü karşılıklı hareketler ADS1 versiyonundan daha küçüktür, daha kompakt bir dizayn kullanılabilir. Aynı nedenden dolayı düşük kuvvet birleştirici yay yeterli olacaktır. Yay direkt olarak gaz kelebeği valfi içindedir, geri dönüş yayına paralel bir şekilde. ADS1 ile sürücünün gaz pedalında hissettiği gerilim ADS2 gaz kelebeği valfi ile kullanılmaz. Gaz kelebeği valfi operasyonda ayırma mekanizması ile birlikte değiştirilmelidir.



### Ateşleme ve enjeksiyon müdahalesi:

Ateşleme durumunda sistem müdahalesi motor yönetim sistemi ile beraber yapılır. Müdahale seçenekleri ateşleme veya enjeksiyon zamanları içerir, ileri ateşleme açılarını küçülterek ve motorun ideal hızını yükselterek. Ateşleme açısı kontrolü sürüş kaymasını azaltmaya yardımcı olur, özellikle arkadan itişli araçlarda. Kontrol küçük bir gecikme ile, ve motor sürüş torkundaki azalma ile. Enjeksiyon püskürtme anlarında kontrol aynı zamanda egzost sistemine atılan yanmamış karışımı korumak için yardımcı bir fonksiyon olarak kullanılabilir. Enjeksiyon atışları kontrol edildiğinde tepki zamanlarında küçük bir artış olur. Ateşleme gelişmiş açısındaki azalma motor sürüş torkunda hızlı ama sarsıntısız bir azalma yaratır. Ateşleme zamanındaki ayarlar ateşleme anındaki kesmeye göre her halde tercih edilir çünkü sonuçları daha uygundur.

Aktif müdahaleler genel olarak limitlidir çünkü yüksek egzost gazı basıncı katalitik konvertörde aşırı zorlamalara sebep olur. Sürüş tekerleğindeki stabiliteyi durdurmak daha çok tercih edilir (drag torku) ; uygulamada düz (manuel) vitesli arkadan itişli araçlar için ideal sonuçlar alınır. ASR kontrol ünitesi sinyalleri motor yönetim ECU aletine ileterek müdahaleleri kontrol eder.

### Enjeksiyon müdahalesi SEFI-Motronic ile:

ASR karmaşık yapısının yanında sistem kontrolü SEFI'nin ( Motronic sistemine sahip sıralı yakıt enjeksiyon sistemi) püskürtme anlarına müdahaleleri sağlar.

İdeal koşullar altında aşağıda yazılı parçaların hepsi bir araçta mevcuttur.

- ABS/ASR5 kontrol ünitesi,
- Bir motor yönetim ünitesi sıralı enjeksiyon ile,
- İki kontrol ünitesi arası bir arabirim .

En baz modelde bile tekerlek hız sensörleri ABS parçaları olarak araç üzerinde yer almaktadır. Bu sensörler ASR sürülen ve sürülmeyen tekerleklerin datalarını ASR için oluştururlar. ABS/ASR ve yakıt enjeksiyon sürüş data iletişimi kontrol üniteleri için algılanır: ABS/ASR kontrol ünitesi aşırı tekerlek kaymasını hemen algılayarak motor sürüş torkunu düşürmek için yakıt enjeksiyon ECU müdahale eder.

### Kontrol ünitesi (ECU):

ABS/ASR kontrol ünitesi tekerlek hız sensörlerinden aldığı sinyalleri kare dalga sinyallere dönüştürür; tekerlek hızı indeksi olarak geçen frekans. İki mikroprosesör tekerlek hızı ve akselerasyon oranından oluşan bu datayı değerlendirir, belirlenmiş ve olağan olan değerler arasındaki sapma patinaj kontrolü için değerlendirilir. Sistemin versiyonuna göre, motor ve fren müdahaleleri ECU tarafından yönlendirilir.

### **3.3.4 ASR5 motor müdahaleli:**

Bu ABS/ASR5 (motor müdahaleli) sistem birçok alanda araç stabilitesi kontrol için (özellikle arkadan iten araçlar) ve direksiyon hakimiyeti için(önden çekişli araçlarda) birçok avantajları vardır.

### Motor müdahalesi:

ABS/ASR5 sistem sadece motor torkunu kısarak müdahale eder; optimum çekiş için gerekli fren üzerinden müdahaleleri yapmaz. Sistem sadece fren kontrol devresizdir fren hidrolik modülünü bulunmaktadır.

### ECU:

ABS/ASR kontrol ünitesi (frensiz) frenin elektronik parçalarının üzerinden gerekli okuma için bilgi almaktadır. Solenoid valfler bu sistem içinde bulunmamaktadır. Bu durumda ECU, hem sensör okumasını yapmakta, aynı zamanda motor yönetim sistemi üzerinden monitörleme yapmaktadır. Ayrıca ECU, sistem devreye girip müdahalede bulunduğu kumanda tablosunda bulunan lambanın yanarak sürücüyü uyarmasını sağlamaktadır.



Resim 3.12: Kuzey İsveç'te farklı sürtünme katsayılarına sahip yüzeylerde gerçekleştirilen ABS/ASR testi (Bauer,94)



## 4. ELEKTRONİK STABİLİTE KOTROL (ESP)

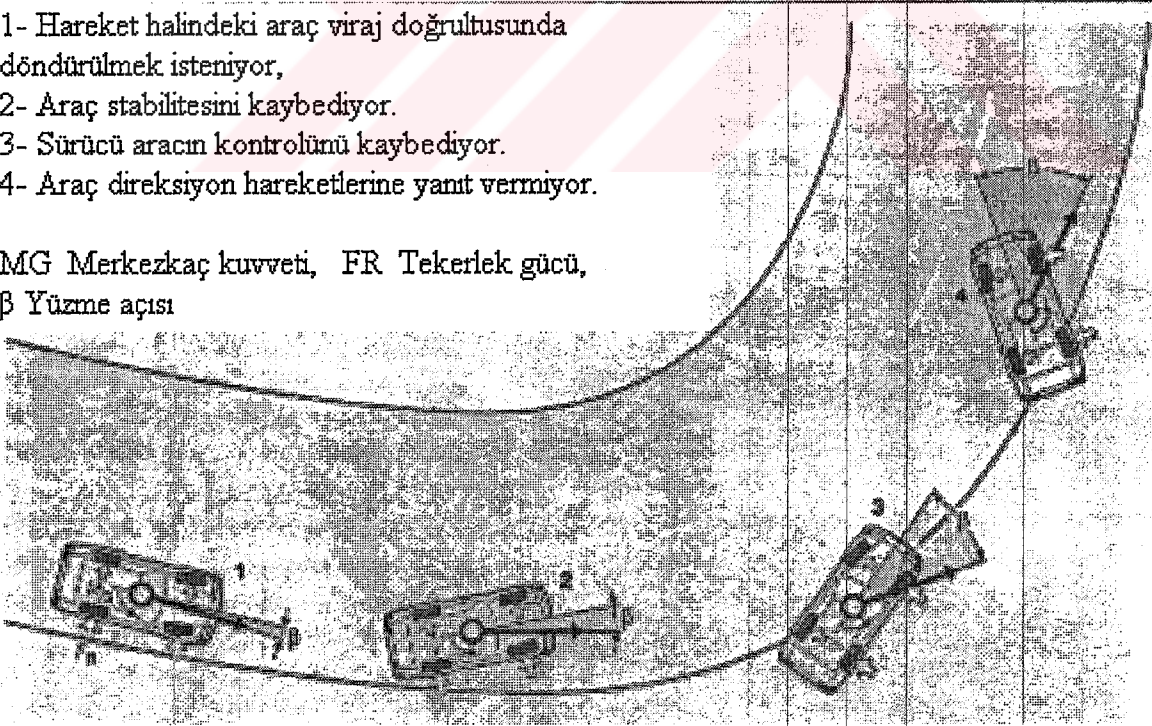
### 4.1 LİMİT (SINIR) NOKTALARI

Elektronik stabilite programının getirdiği en önemli yenilik nedir? Bu sistemde en önemli özellik nedir? Bu sistem tehlikeli bir sürüş durumunda nasıl karşılık veriyor?

Elektronik stabilite programı taşıtın fren sistemini kullanarak aracın güvenli bir şekilde doğrultu kontrolünü sağlayan bir sistemdir. Lastiklerin frenlenmesinin en büyük görevi taşıtı yavaşlatmak veya durdurmandır. Bu olay gerçekleştirildiğinde bu sürecin arkasında taşıtı her şartta stabil olarak çizgisinde tutan ESP sistemi vardır. Tek tek frenlenmesi amaçlanan tekerlekler, örneğin; yavaşlamada sol arka tekerlek veya hızlanırken sağ ön tekerleğin (Şekil4.1 ve 4.2), bu amacı gerçekleştirmek için kullanılır. Bu nedenle, ESP sistemi müdahale ettiği

- 1- Hareket halindeki araç viraj doğrultusunda döndürülmek isteniyor,
- 2- Araç stabilitesini kaybediyor.
- 3- Sürücü aracın kontrolünü kaybediyor.
- 4- Araç direksiyon hareketlerine yanıt vermiyor.

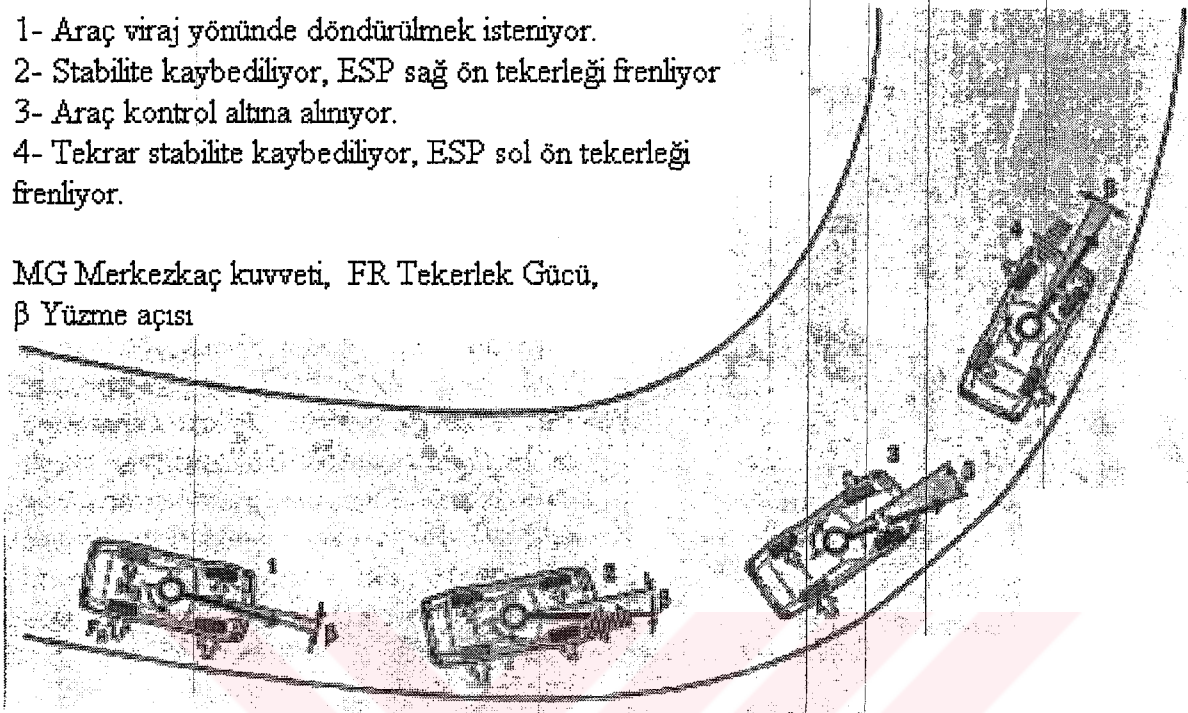
MG Merkezkaç kuvveti, FR Tekerlek gücü,  
 $\beta$  Yüzme açısı



Şekil 4.1: ESP'siz olmayan bir aracın viraj dinamiği (Bauer,98)

- 1- Araç viraj yönünde döndürülmek isteniyor.
- 2- Stabilite kaybediliyor, ESP sağ ön tekerleği frenliyor
- 3- Araç kontrol altına alınıyor.
- 4- Tekrar stabilite kaybediliyor, ESP sol ön tekerleği frenliyor.

MG Merkezkaç kuvveti, FR Tekerlek Gücü,  
 $\beta$  Yüzme açısı



Şekil 4.2: ESP'li bir aracın viraj dinamiği.

lastiklere taşıtın veya aracın stabilitesini koruyabilmesi için belirli oranlarda motor gücü verebilir. Bu bireysel karar verme yeteneğiyle seçilen tekerlerin frenlenmesi veya diğer müdahale edilen tekerlerin hızlanmasıyla araç kolay bir şekilde kontrol altında tutulabilir. ESP kritik durumdaki çarpışma veya kaza tehlikesi azaltır (fiziksel limitler dahilinde). Bu şekilde sürücü yapmak istedikleri konusunda desteklenir ve seyir güvenliği yükselmiş olur.

ESP olan ve ESP olmayan araçların limitlerdeki sürüş özelliklerini karşılaştırmak için dört ayrı örnek verilmiştir. Burada göreceğimiz her sürüş manevrası gerçeğe çok yakın bir sürüş simülasyon programı deneyleri ile ortaya çıkmıştır ve yapılan birçok testte bu sonuçları kesinleştirilmiştir.

#### 4.1.1 Hızlı direksiyon hareketleri ve kontra hareketler

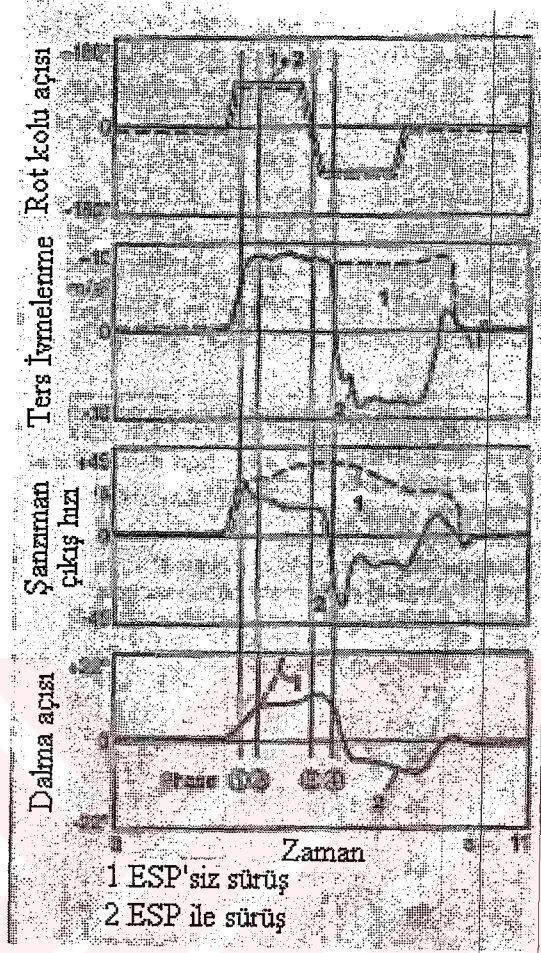
Böyle bir sürüş pozisyonu günlük trafikte çokça karşımıza çıkabilir. Bir çizginin değiştirilmesi, hızlı direksiyon hareketleri ile karşılaştırılabilir:

- Örnek olarak; hızlı bir sürüş sırasında sert bir viraj dönülmesi gerektiğinde,
- Yolda aniden karşına bir engel çıktığında, karşı şeride geçmek gerektiğinde,
- Otobanda ilerlerken aniden sollama manevrası yapmak gerektiğinde,

Şekil 4.4 ve şekil 4.5 ESP'li ve ESP'siz iki aracın bir S viraj kombinasyonunda hızlı direksiyon hareketlerine karşı nasıl tepki verdiğini gösteriyor.

- Kolayca tutunabilen bir yüzeyde ( $\mu_{HF} = 1$ ),
- Sürücü frene pedalına basmıyor,
- Sürat saatte 144 km/h

İlk başta iki araçta aynı davranışı sergiliyorlar. Aynı şartlar altında viraja doğru ilerliyorlar. Sürücü dönüş hareketine başlıyor (şekil 4.4, faz 1).

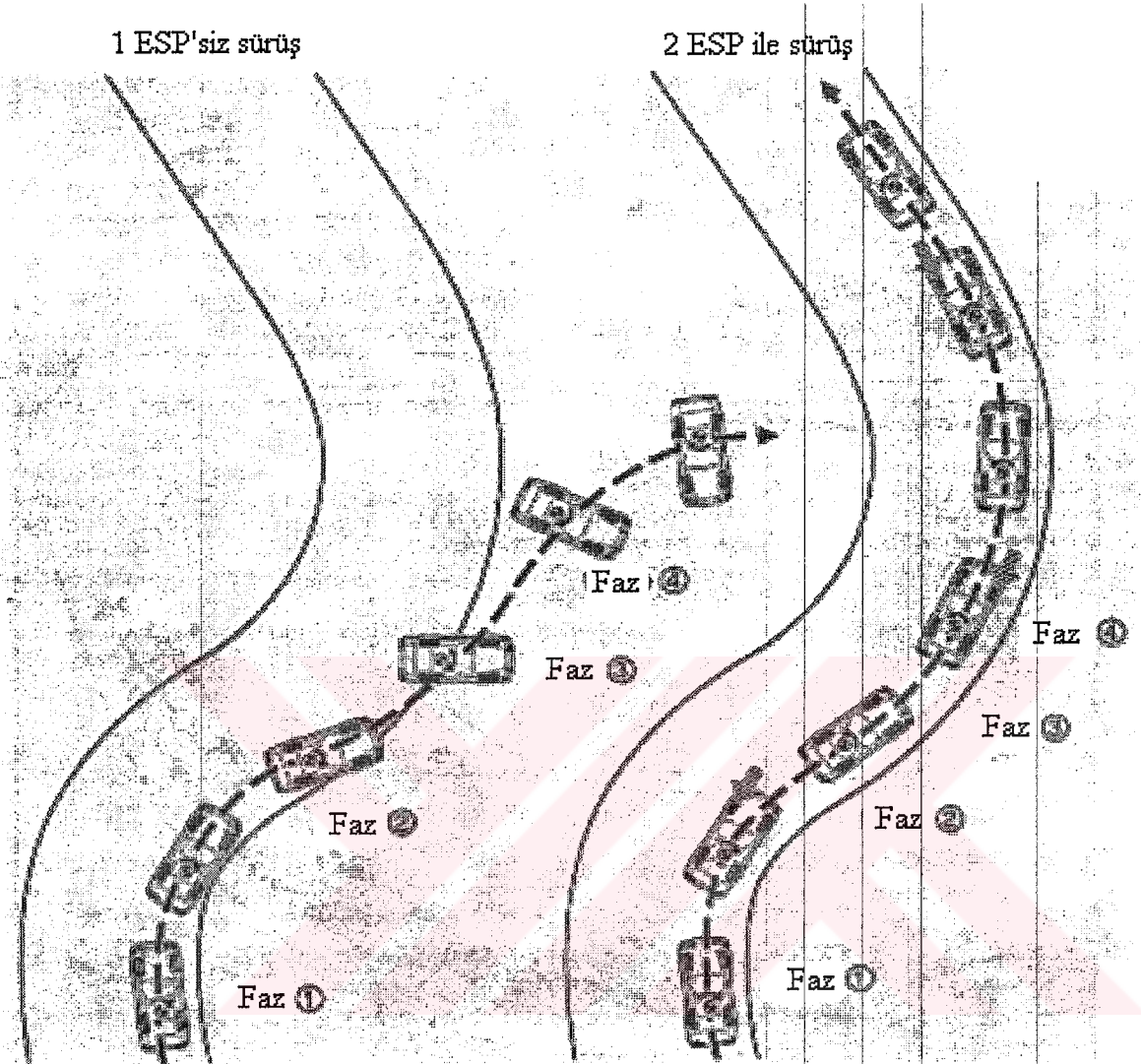


Şekil 4.3: S viraj kombinasyonlu bir yolda sürüş dinamiği bileşenlerindeki değişim(Bauer,94).

#### ESP'siz araç (şekil 4.4 solda)

Henüz ilk dönüş hareketinden sonra ESP'siz araç stabilitesini kaybetmeye başlıyor. (faz 2). Dönüş hareketleri sırasında ön tekerleklere çok fazla yanıl kuvvet uygulanmaya başlıyor. Araç kendi eksenini etrafında dönmeye başlıyor(dönen şanzıman momenti). Kontra hareket yaptığın zaman (faz 3) çizgisinden çıkmış olan araç buna tepki vermiyor, yani araç kontrol edilemez hale geliyor (faz 4). Aracın kayma açısı ile gitmek istediği yön arasındaki açı birden bire büyüyor.





Şekil 4.4: S viraj kombinasyonlu bir yolda ESP'siz ve ESP ile sürülen iki aracın durumlarının faz görünümü (Bauer,98).

1- Araç viraj yönünde döndürülmek isteniyor. 2- Araç stabilizesini kaybediyor. 3- ESP'siz araç kontrol dışına çıkıyor, ESP ise sol ön tekerleği frenliyor. 4- ESP'siz araç direksiyon isteklerine kesinlikle cevap vermiyor, ESP'li araç ise tam anlamıyla stabil kalıyor

#### ESP'li araç(şekil4.4 sağda)

ESP'li otomobil ilk direksiyon hareketinden sonra stabilitesini kaybedeceği noktada sol ön tekerleğini frenleyerek aracı stabil bir şekilde tutmaya devam ediyor. Bu olay ESP'de sürücünün bir etkisi olmayan aktif frenleme olarak tanımlanır. Bu etki şanzıman momenti



kontrol altında tutuyor. Şanzıman hızı azalıyor ve kayma açısı sınırlandırılıyor. Ters direksiyon hareketinden sonra ilk önce şanzıman momenti daha sonrada şanzıman hızının yönü değişiyor (faz 3). Bunun devamında sağ ön lastiğe uygulanan fren aracı tam stabil şekilde çizgisinde tutuyor.

#### 4.1.2 Blok frende yol çizgilerindeki değişiklikler:

Yol üzerinde görülen engellerden kurtulmak için sadece blok fren yapmak için yeterli olmayabilir, aracın çizgisini de değiştirmek gerekebilir. Şekil 4.5 bu şekilde manevra yapan iki aracın sonuçlarını göstermektedir:

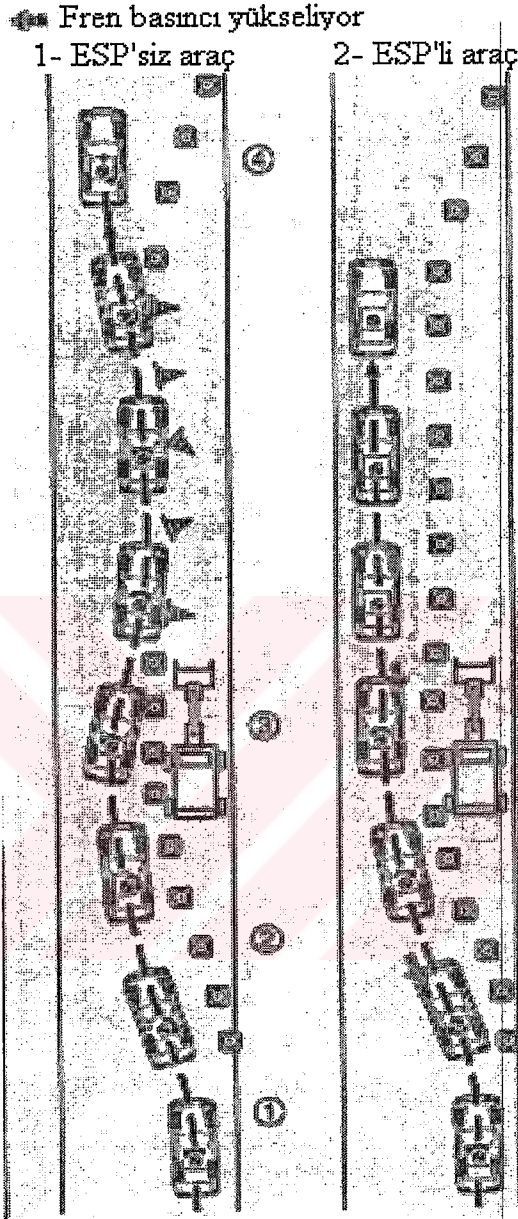
- Bir tanesi ABS'li(.....)
- Bir tanesi ESP'li(.....)
- İki araçta 50 km/h hızla kaygan bir zemin üzerinde ( $\mu_{HF} = 0.15$ ), yol almaktadır.

#### ABS'li ESP'siz araç (şekil 4.5, solda)

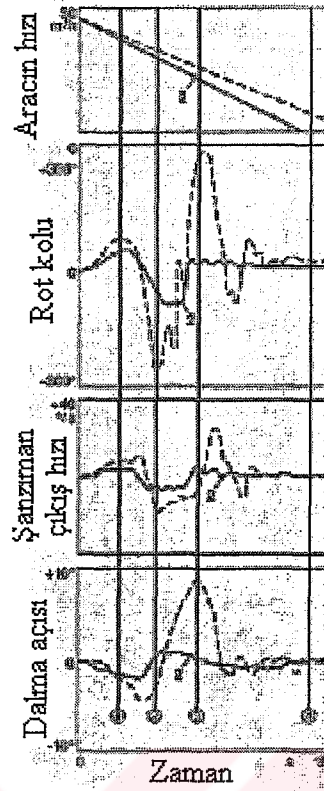
Daha ilk direksiyon hareketinden sonra kayma açısı ve şanzıman hızı çok yükseliyor ve sürücü kontra direksiyon hareketi yapmak zorunda kalıyor. Sürücünün yaptığı bu müdahale sırasında, ters yöne doğru bir kayma açısı oluşuyor ve bu süratle büyüyor. Bu durumda sürücü direksiyonu tekrar ters yöne doğru çevirmek zorunda kalıyor ve sürücünü otomobili tekrar yolda tutması için fazla güç harcaması gerekiyor.

#### ESP'li araç (şekil 4.5, sağda)

Şanzıman hızı ve kayma açısıyla kolayca kontrol altında tutulabildiği için ESP ile donatılmış araç yolda stabil kalabiliyor. Sürücü stabil olmayan bir sürüş durumu ile beklenmedik bir şekilde karşılaşmadığı için kendisini tamamen direksiyonda yapması gerekenlere konsantre edebiliyor. Sürücünü yapması gerekenler ve harcadığı enerji çok azalabiliyor. Ayrıca:ESP'li araç sadece ABS'li olan araca göre çok daha kısa mesafede durabiliyor.



Şekil 4.5: Araç  $V_0 = 50 \text{ km/h}$  hız ile sürtünme katsayısı  $\mu_{HF} = 0,15$  olan bir yolda şerit değiştiriyor ve yavaşlamak için frene basıyor (Bauer,94).

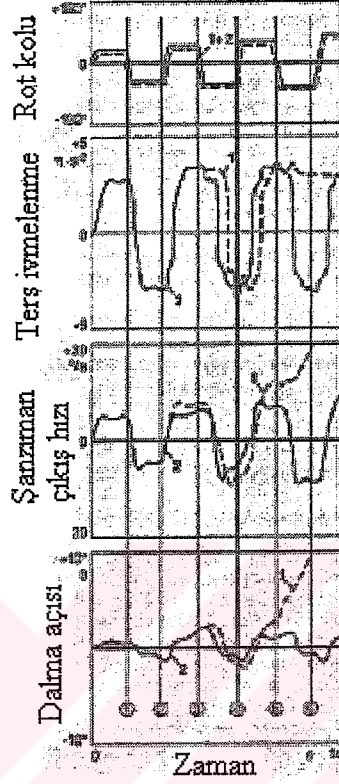


Şekil 4.6:  $V_O = 50$  km/h hız ile sürtünme katsayısı  $\mu_{HF} = 0,15$  olan bir yolda şerit değiştirip durmak için frene basan bir aracın sürüş dinamiği bileşenlerindeki değişimler (Bauer,94). 1- ESP olmadan sürüş, 2- ESP ile sürüş

#### 4.1.3 Kombine virajlardaki direksiyon hareketleri:

Sağlı sollu kombine virajların olduğu bir yolda araç ilerlerken araç sanki slalom testinden geçiyormuş gibi olur. bu şekildeki dönüş manevraları direksiyon her seferinde bir öncekine göre daha fazla çevrilme gereksinimi duyar, çünkü direksiyon açısı her seferinde biraz daha artar. Bu dinamikler ESP'nin tüm yeteneklerini ortaya çıkarır. Şekil 4.8 ve 4.9 iki aracın (ESP'li araç, diğeri ESP'siz araç) bu şekildeki bir yolda sürüş hareketlerini gösterir:

- Karla kaplı bir yol üzerinde ilerliyorlar ( $\mu_{HF} = 0.45$ ),
- Sürücü frene basmıyor,
- Sabit bir hızla ilerliyorlar 72 km/h.



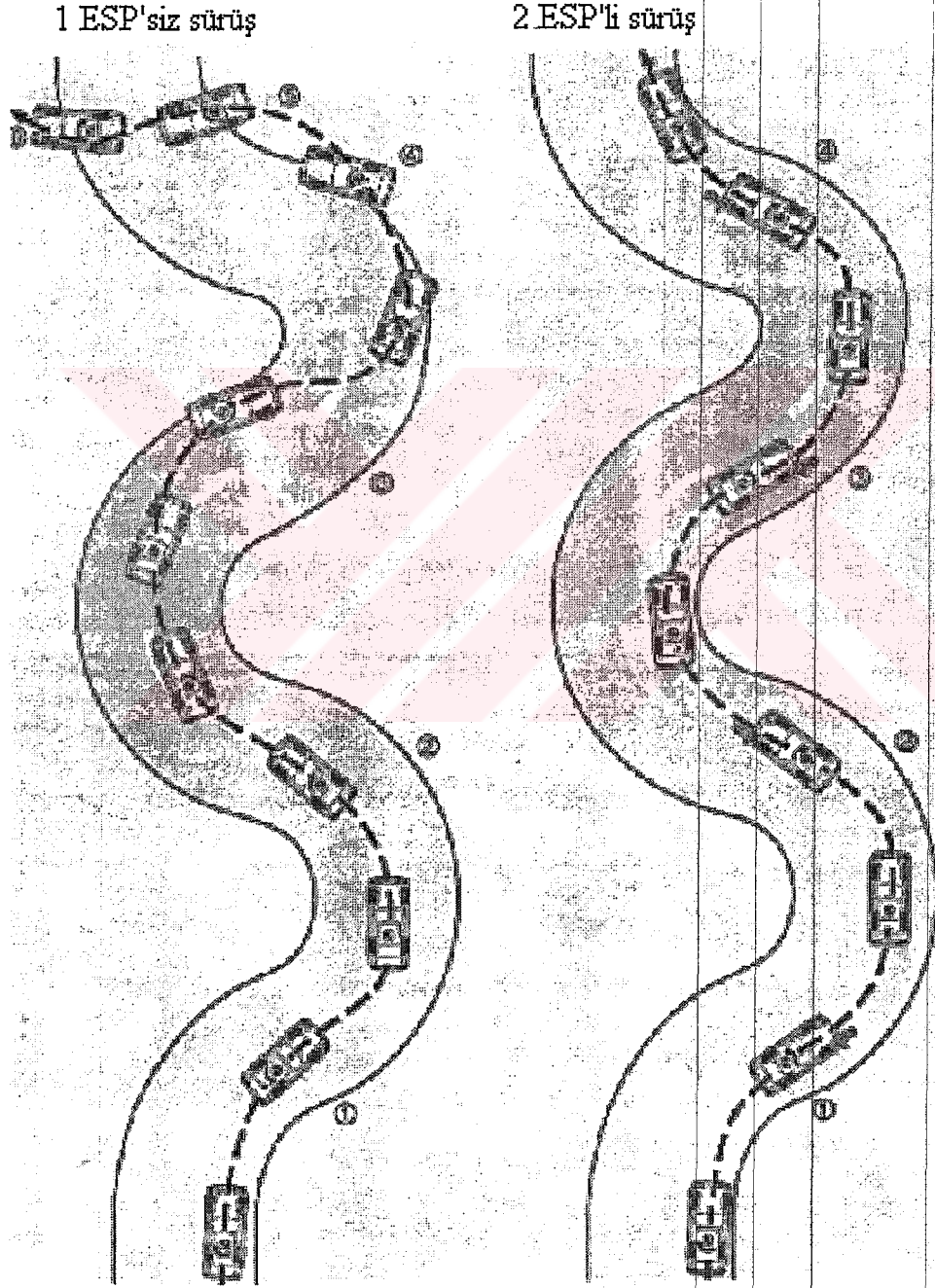
Şekil 4.7: Daha hızlı direksiyon hareketlerinde tekerleğin açısını artırır .  
1- ESP olmadan sürüş, 2- ESP ile sürüş

#### ESP'siz araç (Şekil 4.8, solda)

Böyle bir çizgide aracın hızını sabit tutabilmek için motor devrinin sürekli bir şekilde artırılması gerekir. Lastiklerde kaymada bu sırada belli bir şekilde artmaya devam ediyor. Bu ani direksiyon hareketleri sırasında direksiyon açısı 40 ye ulaştığı anda bu kayma o kadar büyüyor ki araç stabilitesini kaybediyor. Bundan sonra tekrarlanan ters yöne harekette ise araç artık buna bir tepki vermiyor ve yoldan çıkıyor. Bu süreç içinde kayma açısı ve şanzıman hızı sürekli büyüyor.

ESP'li araç (şekil4.8, sağda)

ESP daha ilk direksiyon hareketi ile birlikte aracın stabilitesini kaybetmesi ile birlikte devreye giriyor. Burada motorun yaptıklarının yanında her dört lastikte bağımsız olarak frenleniyor. Bu durumda araç stabil kalıyor ve diğer virajlara doğru yoluna devam ediyor. Kayma açısı ve söz konusu şanzıman hızı öyle bir formatta tutuluyor ki sürücünün dönüş isteği fiziksel olanakların içinde tutuluyor.



Şekil 4.8: S kombinasyonlu virajlarda hızlı direksiyon hareketleri sonucu fren kapasitesi

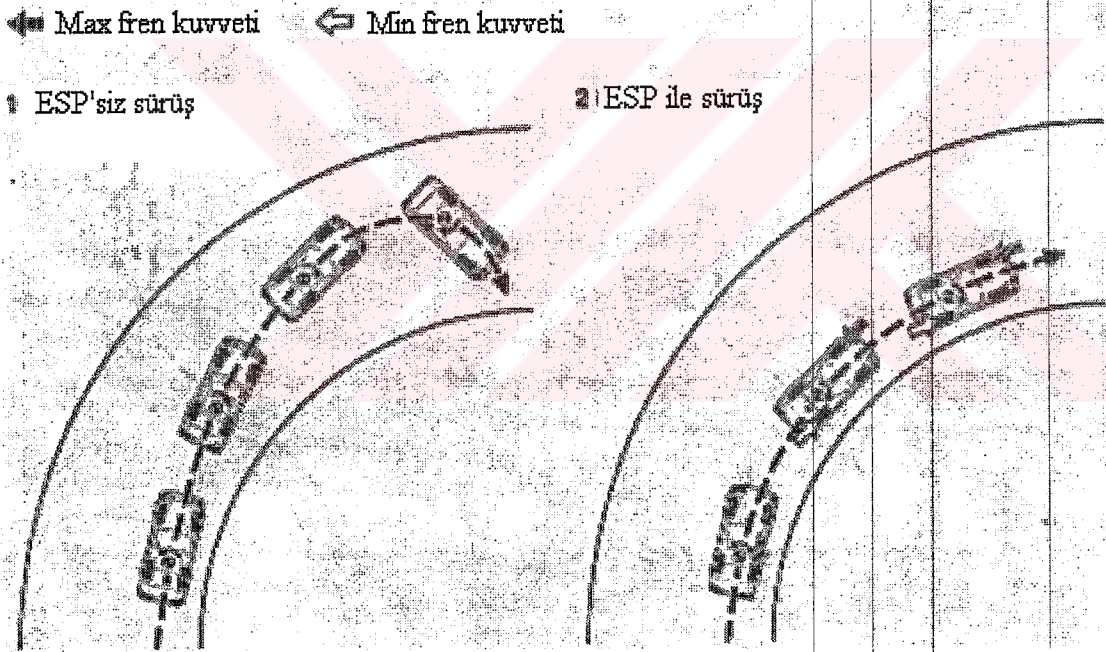


#### 4.1.4 Virajlarda hızlanma ve yavaşlama

Viraj çapı küçüldükçe viraj gittikçe keskin bir hal alır. Bu nedenle viraj içinde sabit hızda ilerlerken otomatik olarak araca etki eden merkez kaç kuvveti artar(Şekil 4.9). Eğer sürücü viraj içinde çok kuvvetli bir şekilde fren yaparsa, burada aracın stabilitesini bozacak şekilde radyal ve teğetsel kuvvetler etki eder. Aynı şekilde sportif sürüşte, virajdan çıkışta ani hızlanma yaparken de yukarıdaki etkiler aynı şekilde gerçekleşir. Viraj içindeki hızlanma sürüş davranışları bir test otomobili ile bu şekildeki bir viraj içinde gerçekleştirilmiştir. Bu testte sürücü aracın

- Kaygan bir yol üzerinde ( $\mu_{\text{HF}} = 0.45$ ),
- Yavaşça artan bir süratle

100m yarıçapında bir daire içinde tutmaya çalışıyor.



Şekil 4.9: Viraj sürüşlerinde, rot kolu açısının sabitliğini gösterir (Bauer,94).

### ESP'siz otomobil:

Araç önce yaklaşık 95 km/h fiziksel limitleri içinde geliyor ve dönüş hareketine başlıyor. Direksiyonu çevirmek için harcanan enerji bir anda çok yükseliyor, aynı anda zamanda kayma açısı çok büyüyor. Ancak sürücü aracı hala viraj içinde tutmayı başarabiliyor. Ancak yaklaşık 98 km/h hıza ulaşıldığında kontrolden çıkan araç stabilitesini kaybediyor. Çizgiden çıkıyor sürücü kontra direksiyon hareketi yapmak zorunda kalıyor ve kontrolü kaybediyor.

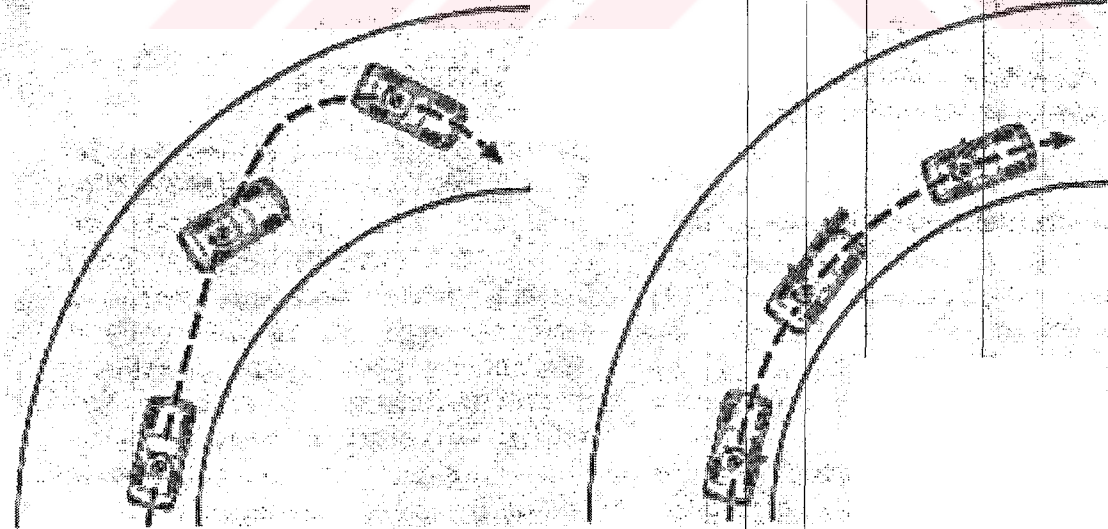
### ESP'li otomobil:

ESP ile donatılmış araç 95 km/h hıza kadar tamamen ESP'siz otomobil ile aynı davranışları sergiliyor. Sürücünün bundan sonraki hızlanma isteklerine ESP, araç zaten stabil kalma limitlerinde olduğu için, izin vermiyor. Aktif motor ve fren etkileri direksiyon açısının büyümesini engelliyor ve kayma açısını engelleyecek şekilde katkıda bulunuyor. Bu sırada sürücü tarafından küçük direksiyon hareketleri ile kontrol edilebilecek küçük kaymalar ortaya çıkıyor. Bu uygulamalar bütünü sürücüde kontrol altında alıyor. Direksiyon ve kayma açısındaki dalgalanmalar 95 km/h ve 98 km/h arası hızlarda ki reaksiyonlara bağlı olarak değişiyor. ESP bu dalgalanmaları aracı stabil tutacak şekilde kontrol altında tutuyor.

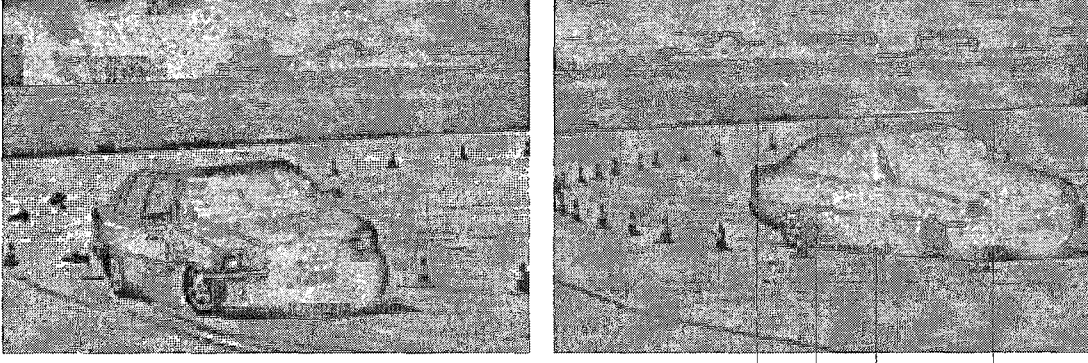
← Fren kuvveti

1. ESP'siz araç

2. ESP'li araç



Şekil 4.10: Viraj dönebileceği en yüksek süratte döner (Bauer,94).



Şekil 4.11: ESP'nin araç üzerindeki testlerinden bir görüntü(Bauer,94).

## 4.2 BİLGİLERİN (DATANIN) HAZIRLANMASI

### 4.2.1 Siteme genel bakış

ESP sistemi esas olarak ABS ve ASR parçaları üzerine kurulmuştur. Bu sistem hiyerarşik bir yapıda fren ve işletim sistemini yöneten regülatör sensörlerinden meydana gelir. ESP ayrıca aracın diğer elektronik sistemleri ile bilgi alış-verişi yapar ve aracın bütün sistemleriyle entegrasyon sağlar.

### 4.2.2 Gelen sinyaller

Sensörlerden gelen sinyaller sinyal dönüştürücüsü ve güçlendiricüsü sayesinde beyin içinde okunur:

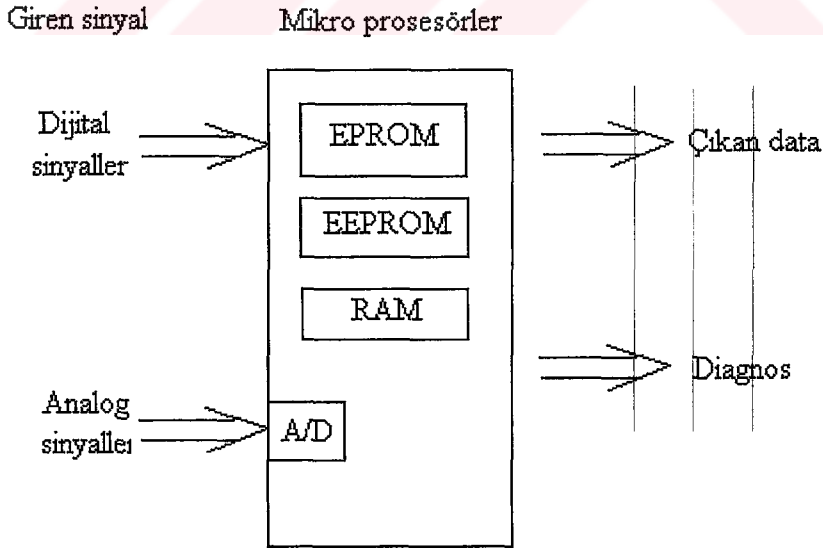
- Analog gelen sinyaller (örneğin:ana silindir basınç) analog/dijital dönüştürücü (A/D) vasıtası ile mikro prosesörü içinde dijital değerlere dönüştürülür.
- Dijital gelen sinyaller (örneğin:direksiyon açısı) ise mikro prosesör tarafından doğrudan algılanabilir.
- Tekerlek devir sensöründen gelen sinyal beyinin içinde dikdörtgen sinyale dönüştürülmek üzere hazırlanır.

Bu entegrasyon adım adım ilerledikçe sensörlerdeki sinyallerde buna uygun olarak hazırlanır.



### Beyindeki sinyal hazırlığı

Beyindeki mikro prosesörler gelen sinyalleri hazırlar (Şekil 4.12). Bunun için bilgileri saklayan (ROM, EPROM ve Flash EPROM) bir program kullanırlar. Bunun hemen ardından araca özel olan bilgiler yazan/okuyan kaydedici (EEPROM) kaydedilir. Aracın farklı datalar içeren motor ve donanım varyantlarının çok olması nedeniyle bu beyin bir varyant kodlayan bir aparata sahiptir. Araca özel olan bu datalar EPROM içinde saklanır. Varyant kodlayıcı bunların arasından gerekli olan dataları kullanır. Programın hangi datayı kullanacağını gösteren bilgiyi ESP beyni CAN-BUS vasıtasıyla başka bir beyinden veya EEPROM'dan alır. EEPROM, aracın veya EEPROM'un yapıldığı fabrikada bir diagnos test aleti tarafından programlanır. Aracın yapan fabrika tarafından kullanılan beyin tipleri sayısı varyant kodlayıcı sayesinde azalır. Hesaplanan değerler ve zaman zaman bulunan hatalar gibi değişik dataları kaydetmek için geçici bir yazan /okuyan kaydedici (RAM) yeterlidir. RAM fonksiyonu gereği sürekli bir akış sağlar aracın aküsünde oluşabilecek herhangi bir kesiklik sonucunda buradaki datalar kaybolabilir. Bu program içinde elde edilen datalar bu kopukluk durumunda, beyin içinden tekrar bulunması gerekir. Bunu önlemek için bu datalar RAM yerine EEPROM içine kaydedilir.



Şekil 4.12: Data akış tablosu (Bauer,94)

### 4.2.3 Çıkan sinyaller

Mikro prosesörler çıkan sinyaller birlikte önceden başlayan için devamını sağlarlar. Bu basamaklar işlemler kısa devrelere veya elektrik akımından gelecek aksaklıklara karşı korunmuştur. Bu şekilde çıkan sinyaller adım adım diğer sistemlere aktarımı devam sağlar.

## 4.3 DİĞER SİSTEMLERE DATA TRANSFERİ

### 4.3.1 Sisteme genel bakış

Aşağıda sıralanan elektronik yönetici ve düzenleyici sistemlerin her birinin kontrol üniteleri yardımıyla iletişim kurar.

- Elektronik stabilite programı
- Elektronik motor yönetimi
- EWS
- Board computer

Sistemler arası bilgi alışverişi sensörlerin sayısını azaltır ve her bir sistemin çok daha iyi çalışmasını sağlar. Araçların iletişim sistemlerinin bölümleri iki kategoride incelenir.

- Konvansiyonel bölüm,
- Seri bölüm (örnek:kontrolör alanı network)

### 4.3.2 Konvansiyonel data transferi:

Konvansiyonel data transferi her sinyalin kendine özgü bir şekilde bağlanması ile gerçekleşir.(resim 2). İkilik sinyaller sadece iki durumdan "1" veya "0" (2'lik kod), örneğin fren lambası "açık veya kapalı" oluşabilir. Aracın içindeki elektronik parçalar arasındaki data

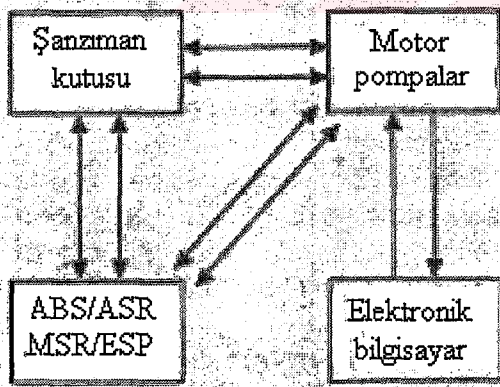
transferin artması konvansiyonel bölümler içinde pek mümkün olmaz. Kablo sisteminin karışıklığının yönetim oldukça zordur. Ve masraf gerektirir, beyinler arası data transferi çok fazla olduğu için yönetimi zordur.

#### 4.3.3 Seri data transferi (CAN):

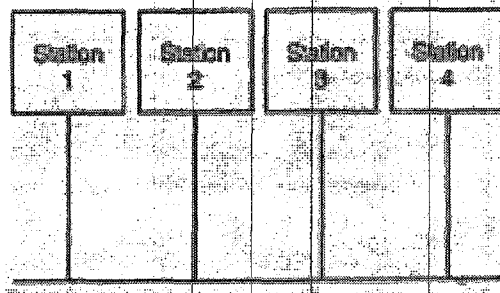
Konvansiyonel bölümdeki data transferindeki problemler BUS sistemlerin yerleştirilmesiyle çözülebilir, örneğin: motorlu taşıtlar için geliştirilmiş bir BUS sistem olan CAN. Seri bölüm CAN içeren elektronik beyinler, yukarıda belirtilen sinyalleri CAN üzerinden transfer edebilirler. CAN için üç ana bölüm mevcuttur.

- Beyin bağlantıları
- Karoser ve konfor elektroniği
- Mobil iletişim

Şekil 4.13: Konvansiyonel bilgi transferi



Şekil 4.14: Sürüş gereçleri akış şeması .



## Beyin bağlantısı

Beyin bağlantılarında elektronik stabilite programı, motor yönetimi ve bunun gibi elektronik sistemler birbiriyle bağlanmıştır. Burada her bir beyin, aynı öneme sahip istasyonlar şeklinde BUS'un yapısı içinde birbiriyle ilişkilidir. Bu yapının avantajı, herhangi bir istasyonun arızalanması halinde diğerlerinin çalışmaya devam etmesidir. Bu nedenle diğer başka yapılarla karşılaştırıldığında tüm sistemin çökmesi çok daha az bir ihtimaldir. Örneğin: halka bir yapıda, herhangi bir noktanın çökmesi veya arızalanması tüm sistemin arızalanmasına sebep olur.

Tipik transfer oranları yaklaşık olarak 125 kbit/s ile 1 Mbit/s arasında değişir. (örneğin: ESP'nin beyni ile motor elektroniği beyni arasındaki oran 512kbit/s'dir.) bu transferin oranının yüksek olması gerekir.

## İçeriğe bağlı adresleme

BUS sistem CAN her istasyonu adreslemez aksine her mesajı 11 veya 29 Bit uzunlukta olan sabit tanımlayıcılara yerleştirir. Bu tanımlayıcı gelen mesajın içeriğini tanımlar (örneğin: tekerlek devir sayısı). Tanımlayıcı kendi içinde ki listede olan datanın kendi içine kaydeder ve istasyon kendi içindeki tanımlayıcıların içinde bulunmayan mesajları red eder(kabul etme testi). İçeriğe bağlı adresleme bir sinyali, birçok istasyona gönderir. Burada bir sensör kendi sinyalini direkt olarak veya bir beyin vasıtasıyla bu BUS ağına yollar ve orada bu bilgi dağılır. Ayrıca birçok donanım varyasyonu bu noktada gerçekleşir, çünkü devamında gelen istasyon önceden belirlenmiş olan BUS sistem CAN'a bağlanabilir.

## Ön inceleme

Tanımlayıcı datanın içeriği yanında hangi mesajın öncelikle gönderileceğini de belirler. Çok hızlı değişiklik gösteren bir sinyalin aynı hızlı şekilde iletilmesi gerekir ve bu nedenle de daha yavaş değişiklik gösteren bir sinyale öncelik kazanır.

## BUS sipariş

BUS serbest olduğu anda her istasyon mesajını transfer etmeye başlayabilir. Birçok istasyonun aynı anda göndermeye başlaması ile zaman ve Bit kaybı olmadan her mesaj yüksek bir öncelik kazanır. Düşük öncelikli mesajlar bu durumda otomatik olarak geri dönüyor ve BUS tekrar serbest olduğu zaman gönderme denemeleri tekrarlanıyor.

## Mesajın formatı

BUS üzerinde bir data transferi yapabilmek için uzunlukları maksimum 130 Bit veya 150 Bit olan data frame'ler oluşturulur. Bir sonraki datanın bekleme süresi bu şekilde çok kısaltılmış olur. bir data frame peş peşe gelen 7 ayrı kaleminden oluşur.

- Mesajın başlangıcı
- Tanımlayıcı
- Mesajın Byte sayısı
- Mesajın kendisi
- Transferin bozulduğunu gösteren güvenlik sinyali
- Okuma hatasını gösteren sinyal
- Hatasız mesaj kabul sinyali
- Mesajın sonu

## Entegre edilmiş diag

BUS sistem CAN hataları anlayabilmek için bir dizi kontrol mekanizmasına emirler gönderir. Bunlara her gönderinin kendi mesajı tekrar yakalayıp mevcut bozukluğu tanımladığı “data frame” ve “monitoring” teki güvenlik sinyallerini örnek gösterebiliriz. Bir istasyon bir bozukluğu anladığı zaman hata göstergesi yollar ve bu şekilde devam eden transfer durduruluyor. Bu sırada diğer istasyonların hata içeren mesajı alması engellenir. Hatalı bir istasyonda hatasız olan mesajlarında bu hata göstergesi ile durdurulması da mümkündür. Bunu önlemek için BUS sistem CAN arızalı birbirinden ayırt eden ve istasyon problemlerini lokalize edebilen bir mekanize ile donatılmıştır.

## Standartlar

Uluslar arası standartlar organizasyonu ISO motorlu taşıtlardaki data transferleri için CAN'a belli standartlar koymuştur.

- 125 kbit/s kadar olan aplikasyonlar için ISO 11 5192 ve
- 125 kbit/s fazla olan aplikasyonlar için ISO 11 898 standardını koymuştur.



## 4.4 TOPLAM KONTROL SİSTEMİ ve KONTROL BÜYÜKLÜKLERİ

### 4.4.1 Sürüş dinamiği kontrol prensibi

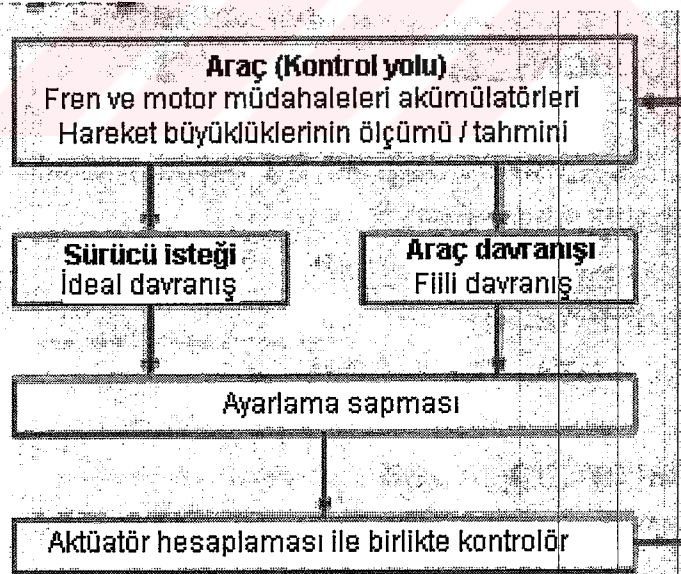
Sürüş dinamiği ile ilgili sınırlama bölgesindeki ayarlama, aracı

- Boylamasına hız,
- Yanal hız ve
- Yüksek eksenindeki dönme (tur) hızı düzlemindeki

serbestlik derecesinin müdahale edilebilen sınırları içinde tutmalıdır (Bkz. "Sürüş stabilitesi" kutucuğu).

Ölçülü sürüş şeklinde, sürücü isteği ve aracın sürüş parkuruna adapte edilmiş dinamik davranışı maksimum güvenlik mantığında optimize edilir.

Bunun için, şekil 4.15'te gösterildiği gibi, aracın sınır bölgesinde sürücü isteğine göre nasıl davranması gerektiği (ideal davranış) ve gerçekte nasıl davrandığı (fiili davranış) belirlenmelidir. İdeal ve fiili davranış arasındaki farkı (ayarlama sapması) azaltmak için, tekerlek kuvvetleri dolaylı olarak aktüatörler üzerinden yönlendirilmelidir.



Şekil 4.15: Sürüş dinamiği kontrolünün prensip olarak blok çizimi (Bauer,98)

#### 4.4.2 Sistem ve kontrol yapısı

Sürüş dinamiği kontrolü, ABS ve ASR kombinasyonunun olanaklarını kullanır. Sürüş dinamiği kontrolü daha da geliştirilmiş olan ABS ve ABS/ASR bileşenleri üzerine kurulmuştur ve tüm tekerleklerin yüksek bir dinamikle aktif olarak frenlenmesine olanak sağlar. Araç davranışı, kontrol sistemine göre belirlenir ve tekerleklerdeki frenleme, tahrik kuvvetleri ve yan kuvvetler, fiili davranış ideal davranışa yaklaşacak şekilde, mevcut durumdan bağımsız olarak ayarlanır.

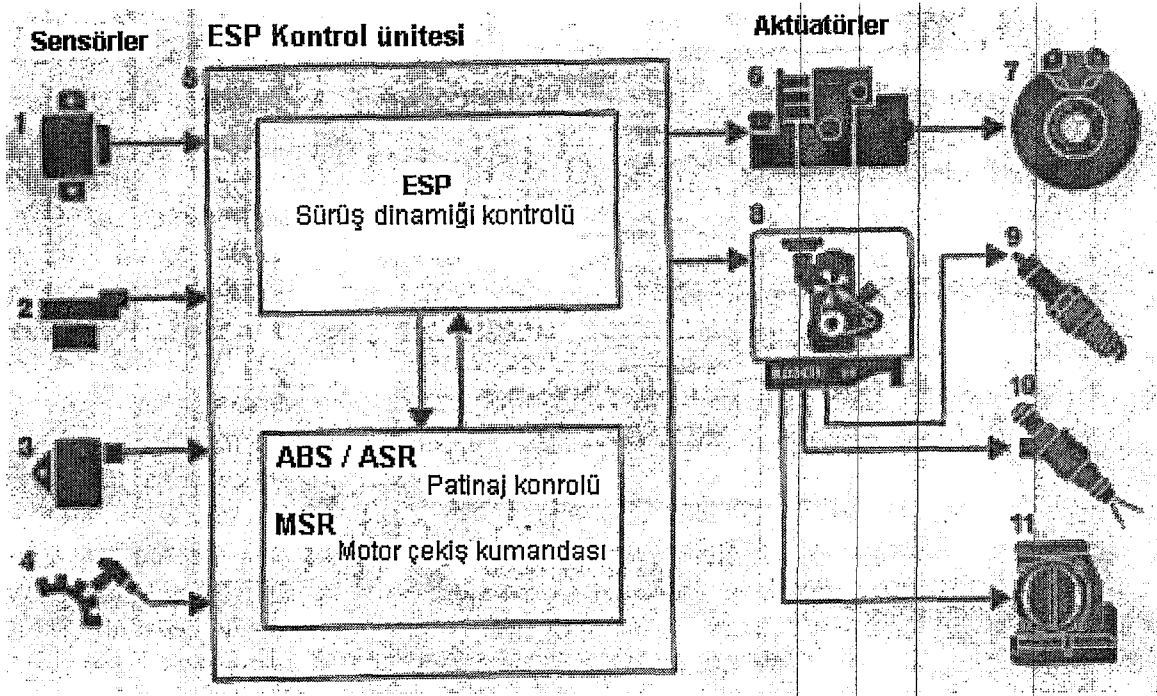
CAN ara birimli bir motor yönetim sistemi, motor torkunu ve bununla birlikte tekerleklerdeki tahrik kayma değerlerini etkileyebilir. Sürüş dinamiği kontrolünün daha da geliştirilmiş bileşenleri, her tekerleğe ayrı olarak etki eden boylamasına ve yanal kuvvetleri seçime bağlı olarak ve çok hassas bir şekilde ayarlayabilirler.

Şekil 4.16,

- Kontrol giriş değerlerinin belirlenmesini sağlayan sensörler,
- Çeşitli düzlemlerde yapılandırılmış (kontrol hiyerarşisi), daha fazla yetkiye sahip sürüş dinamiği kontrolü ve daha az yetkiye sahip patinaj kontrollerinden oluşan ESP kontrol ünitesi,
- Frenleme, tahrik kuvvetleri ve yan kuvvetlerin yönlendirilmesini sağlayan etki donanımları birlikte sürüş dinamiği kontrolünü şematik olarak göstermektedir.

#### 4.4.3 Kontrolörlerin yetkileri

Daha çok etkiye sahip sürüş dinamiği kontrolü öncelik sahibidir ve daha az etkiye sahip fren kayması ve tahrik kayması kontrolörlerine ideal lastik kayma değeri olarak ideal değerleri (nominal değerler) bildirir. Sürüş dinamiği kontrolünün “gözlemcisi”nde kayma açısı (aracın boylamasına ekseninden seyir yönü sapması) belirlenir. İdeal davranışın belirlenmesi için, sürücü isteklerini algılayan aşağıdaki yapı parçalarının sinyalleri değerlendirilir:



Şekil 4.16: Araçtaki sürüş dinamiği kontrolü ayarlama sistemi

- (1) Yanal ivmelenme sensörü ile birlikte devir oranı sensörü (2) Direksiyon açısı sensörü (3) Ön basınç sensörü (4) Devir sayısı sensörleri (5) ESP Kontrol ünitesi (6) Hidrolik grup (7) Tekerlek frenleri (8) Motor yönetim sistemi kontrol ünitesi (9) Ateşleme açısı (10) Yakıt enjeksiyonu (11) Gaz kelebeği (E GAZ)

- Motor yönetim sistemi

(Örneğin, Gaz pedalına basılması)

- Ön basınç sensörü

(Örneğin, Frene basılması) ya da

- Direksiyon açısı sensörü

(Direksiyon simidinin döndürülmesi)

Bununla birlikte, sürücü isteği ideal değer olarak tanımlanır. Ek olarak, ideal davranışın hesaplanmasına sürtünme katsayıları ve 'gözlemci' de tahmin edilen

- Tekerlek devir sayısı

- Yanal ivmelenme

- Fren basınçları ve

- Tur hızı

sensörlerinin sinyallerinden hesaplanan araç hızı dahil edilir.

### Daha çok yetkili sürüş dinamiği kontrolü:

#### *Görevi*

Sürüş dinamiği kontrolünün görevleri aşağıdaki gibidir:

- Tur hızı sinyali ve “gözlemci”de tahmin edilen yüzme açısından aracın fiili davranışını belirlemek ve daha sonra
- Sürüş dinamiğine ait sınır bölgesindeki sürüş davranışının normal bölgedeki davranışa mümkün olduğunca yaklaşmasını sağlamak.

Yan kuvvet doğrudan yükseltilemediği için, yan kuvveti değiştirerek, yanal hız ve bununla birlikte yüzme açısına doğrudan etki edilemez. Buna karşın, aracın dönmesi ve böylece yüzme ve eğik hareket açısının optimizasyon yönünde değişmesi etkisi yaratan bir tur torku meydana getiren, yanal bir hareket oluşturulur.

Bunun için, istenilen tur torkunu elde etmek amacıyla kontrolör, tekerlek kayması ve bununla birlikte indirekt olarak boylamasına kuvvetler ve yan kuvvetlere etki edebilir.

Bu işlem, daha az yetkili fren ve tahrik kayma kontrolörleri tarafından ayarlanması gereken ideal kayma verilerinin değiştirilmesi ile gerçekleşir. Yapılacak müdahaleler, araç üreticisi tarafından ön görülen sürüş davranışının korunması ve bu davranışı etkileme yeteneği korunacak şekilde olmalıdır.

Bu ideal tur torku değerini oluşturmak için, sürüş dinamiği kontrolünde, uygun tekerleklerdeki gerekli kayma değişikliklerine ait ideal değerler belirlenir.

Daha az yetkili olan fren ve tahrik kayma kontrolleri fren hidroliği ve motor yönetim sisteminin aktüatörlerini belirlenen değerlerle ayarlar.

### Yapısı

Şekil 4.17, sürüş dinamiği kontrolünü giriş ve çıkış büyüklükleri ve sinyal akışıyla birlikte basit bir blok resimde göstermektedir.

Tur hızı (ölçüm büyüklüğü),

Direksiyon simidi açısı (ölçüm büyüklüğü),

Yanal ivmelenme (ölçüm büyüklüğü),

Araç boylamasına hızı (tahmini büyüklük) ve

Boylamasına lastik kuvvetleri ve tekerlek kayma değerlerinden (tahmini büyüklük)

Gözlemci aşağıdaki büyüklükleri belirler:

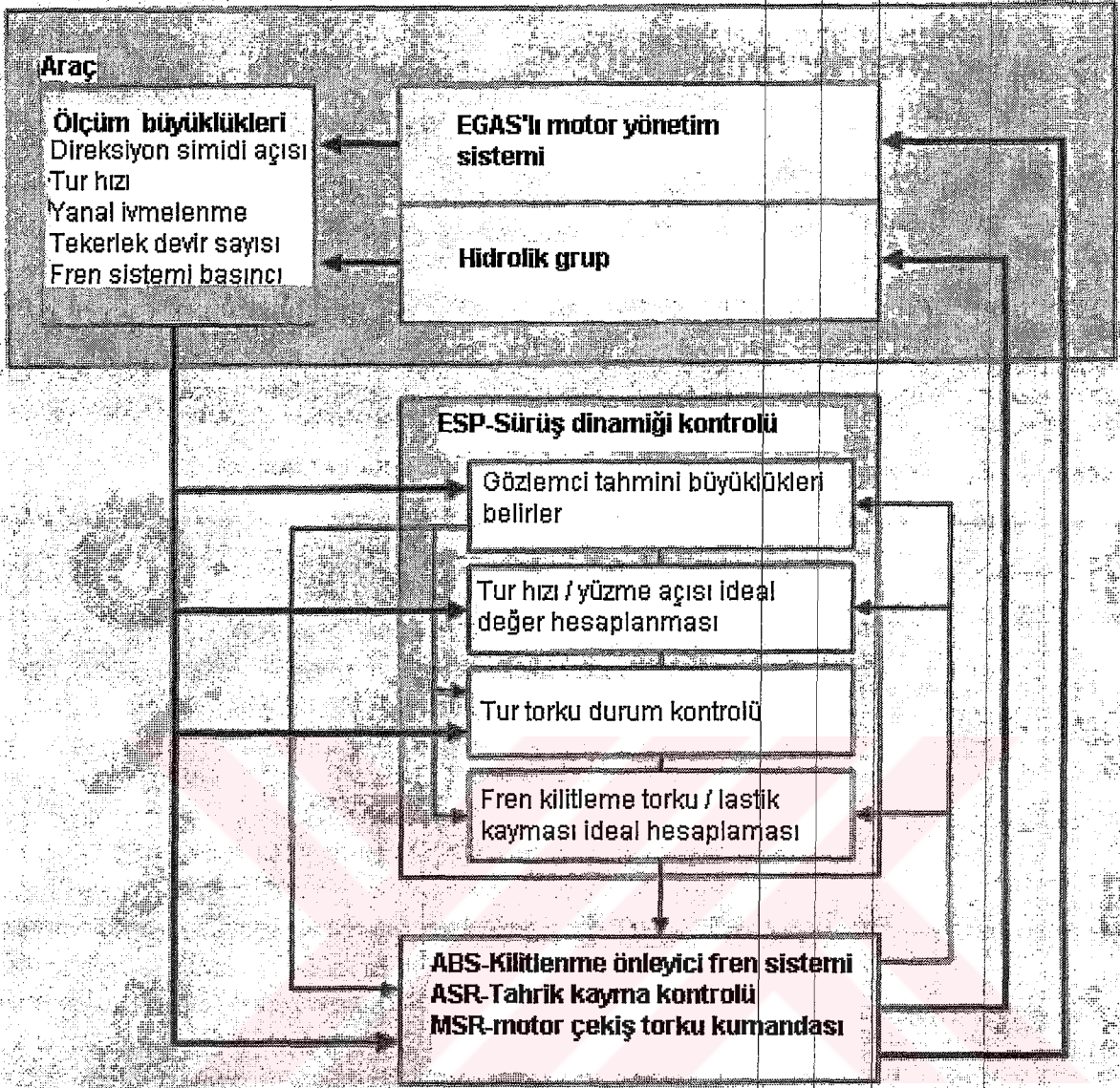
Tekerlekteki yan kuvvetler

Eğik çalışma açısı

Yüzme açısı ve

Aracın yanal hızı.





Şekil 4.17: Giriş ve çıkış büyüklükleri ile birlikte sürüş dinamiği kontrolünün basitleştirilmiş blok resmi (Bauer,98)

Yüzme açısı ve tur hızı ideal değerleri, sürücü tarafından belirtilen ya da sürücüye etki eden aşağıdaki büyüklüklerden belirlenir:

Direksiyon simidi açısı

Tahmin edilen seyir hızı

Boylamasına tahmini büyüklük ve yanal ivmelenme ölçüm büyüklüğünden belirlenen sürtünme kat sayısı ve



Gaz pedalı konumu (motor torku) ya da fren sistemi basıncı (fren pedalı kuvveti).

Bu sırada, araç dinamiğinin özellikleri ve eğik sürüş parkuru ya da “ $\mu$ -split” (Örn; sol parkur yoğun, sağ parkur akıcı) gibi özel durumlar göz önüne alınır.

### *Çalışma şekli*

Sürüş dinamiği kontrolü tur hızı ve yüzme açısının konum büyüklüklerini ayarlar ve fiili konum büyüklüklerini ideal konum büyüklüklerine eşitlemek için tur torkunu hesaplar. Kayma açısının göz önüne alınması, kontrolörde yükselen değerlerle birlikte artar.

Her araç için “sabit bir parkurda” yapılan denemelerde belirlenen yanal ivmelenme ve diğer sürüş dinamiğine bağlı önemli büyüklükler, ayarlama programı için kullanılır. Bu sırada direksiyon açısı ve araç hızı ve tur hızı arasında elde edilen ilişki, aynı şekilde bir sürüşte ve frenleme ve ivmelenme sırasında aracın ideal hareketi için temel teşkil eder; bu ilişki tek iz (toe'iz' = ön tekerlek merkezinin yolla arasındaki açı) modeli olarak programda kaydedilmiştir.

Lastik direnci, yanal ivmelenme nedeniyle tüm ideal toe (iz) boyunca gerekli olan bu değerden daha düşük olursa (araç stabil konumdan çıkabilir), sürtünme katsayısının ideal değeri çok yüksek belirlenmiştir (durum elverişsiz olarak tahmin edilmiştir). Kayma açısı ayarı müdahale etmeli ve yanal ivmelenme fiziksel olarak “hareket edilebilen” bir toe akışına düşürülmelidir. Örn: Araç sağa doğru bir virajda serbestçe hareket ederken ideal tur hızı aşılırsa (araç kendi yüksek eksenini etrafında dönmek ister), sürüş dinamiği kontrolü ön sol tekerlekte bir ideal fren kayması (sol ön tekerlek frenlenir) oluşturur. Bu sayede, “kırılma” için eğilen aracın üzerinde sola doğru dönen bir tur torku değişimi oluşur.

### *ABS ve ASR işletiminde ESP ayarlama fonksiyonu*

ABS ve ASR temel fonksiyonları için, her sürüş durumunda, lastikler ve sürüş parkuru arasında mümkün olan en yüksek kuvvet akışını sağlamak amacıyla mevcut olan tüm ölçüm ve tahmin büyüklükleri daha az yetkiye sahip kontrolörler tarafından da değerlendirilir.

ABS işletiminde, sürüş dinamiği kontrolü daha az yetkili fren kayma kontrolüne aşağıdaki değerleri gönderir:

- Araç yanal hızı,
- Tork hızı,
- Direksiyon açısı ve
- ABS ideal kaymasının ayarlanması için tekerlek hızları.

ASR işletiminde (hareket etme ya da ivmelenme sırasında tekerleklerin dönme için kontrolü), sürüş dinamiği kontrolü daha az yetkili tahrik kayma kontrolüne aşağıdaki değerleri aktarır: Ortalama, mutlak tahrik kayma değeri, kayma tolerans bandı ve gerekli tür torkunun ayarlanması için fren kilitleme torku.

### Daha az yetkili fren kayma kontrolü (ABS)

#### *Görevi*

Daha az yetkili olan fren kayma kontrolü, frenleme ya da ideal kayma aşıldığı ve ABS'nin etkinleştirilmesi sadece gerektiği an aktive olacak şekildedir. ABS ve aktif frenleme işletiminde tekerlek kaymasının ayarlanması, çeşitli sürüş dinamiğine bağlı müdahaleler için mümkün olduğunca hassas bir şekilde gerçekleşmelidir. Bu sırada belirtilen ideal değere ulaşmak için, kayma mümkün olduğunca kesin bir şekilde bilinmelidir. Aracın boylamasına hızı direkt olarak ölçülmek yerine, tekerleklerin hızlarından belirlenir.

### *Yapısı ve çalışma şekli*

Fren kayma kontrolü, aracın hızını endirekt olarak ölçmek için fren sistemini kullanır: Kayma kontrolü durdurulur ve güncel tekerlek frenleme torku, tanımlanmış olarak düşük ve bir süre için sabit tutulur. Tekerleğin bu süre sonunda stabil hareket edeceği varsayıldığında, serbest olarak dönen (kayma olmayan) tekerleğin hızı hesaplanabilir. Odaksal nokta hızının hesaplamasıyla, tüm dört tekerleğin serbest dönme tekerlek hızları saptanabilir. Bununla birlikte, diğer üç tekerleğin gerçek kayması da hesaplanabilir.

### Daha az yetkili motor çekiş kumandası (MSR)

#### *Görevi*

Bir motorda hareket eden parçaların atalet momenti vites küçültme ya da gaz kesme sırasında, tahrik tekerlekleri üzerinde her zaman frenleme etkisi yaratan bir kuvvet oluşturur. Bu kuvvet ve etki eden tork çok yüksek olursa, lastikler tarafından yola aktarılamaz. Bu durumda motor çekiş kumandası (“hafifçe” gaz vererek) devreye girer.

#### *Yapısı ve çalışma şekli*

Örneğin, sürüş parkuru değiştiği ve bu nedenle motor frenleme torku çok yükseldiği için tekerlekler bloke olma eğilimi gösterirse, bu eğilim hafifçe “gaz verilerek” önlenir. Bu, kontrol ünitesinin E gaz fonksiyonu ile birlikte motor yönetim sistemine ait aktüatörlere kumanda ederek, tahrik torkunu yükseltmesi anlamına gelir:

Tahrik edilen tekerler, izin verilen sınırlar içinde motor müdahalesi ile ayarlanır.

## Daha az yetkili olan tahrik kayma kontrolü (ASR)

### *Yapısı*

Daha az yetkili olan tahrik kayma kontrolü, örneğin, hareket etme ya da ivmelenme sırasında tahrik tekerlekleri ideal kaymayı aşar ve ASR fonksiyonun etkinleştirilmesi gerekirse aktif olur. ASR, tahrik tekerleklerinin aşırı dönmesini önlemek için, tahrik anında ideal motor torkunu yola aktarılabilen tahrik torkuyla sınırlama görevine sahiptir. Tahrik edilen tekerleklere yapılan müdahalelere, frenleme ya da gaz kelebeği konumunun değiştirilmesi, motor torkunun enjeksiyon kısıtlamasıyla azaltılması ya da ateşleme açısı ayarının değiştirilmesi ile motor yönetim sistemi üzerinden kumanda edilir. Tahrik edilmeyen tekerleklere yapılan aktif frenleme müdahalelerine fren kayma kontrolü üzerinden direkt olarak kumanda edilir. ABS'den farklı bir şekilde ASR, sürüş dinamiği kontrolünden gelen kılavuz büyüklük olarak, her iki tahrik tekerleğinin ortalama mutlak kaymasının ideal değeri ve tur torkunun direkt etkilenmesi için, bir ideal kilitleme torku elde eder.

Kardan mili ve tekerlek fark devir sayılarının ideal değerleri serbest dönen tekerlek hızlarının ideal kayma değerleri ile oluşturulur. Kardan milleri ve tekerlek fark devir sayılarının kontrol büyüklükleri, tahrik tekerleklerinin ilgili tekerlek hızlarından elde edilir.

### *Çalışma şekli*

ASR modülü, her iki tahrik tekerleği için ideal frenleme torklarını, ideal motor torkunu, ateşleme açısı ayarlaması ile motor yönetim sistemi üzerinden motor torku düşürme ideal değerini ve ek bir olanak olarak, hesaplanan bir süre içinde yakıt püskürtülmeyecek olan silindir sayısını (enjeksiyon kısıtlaması) hesaplar.

Kardan mili devir sayısına toplam tahrik sisteminin (motor, şanzıman, kardan mili, tahrik tekerlekleri) taşıma torku etki eder. Bu nedenle, kardan mili devir sayısı nispeten büyük bir sabit süre ile (düşük dinamik) tarif edilir. Buna karşın, taşıma torkları sadece her iki tekerlek tarafından belirlendiği için, tekerlek fark devir sayılarının sabit süresi oldukça küçüktür. Ayrıca, tekerlek fark devir sayısına kardan mili devir sayısının aksine motor tarafından etki edilmez.

Kardan mili ve ideal fark torku, aktüatörlerde ki konumlama kuvvetlerinin ölçümü için temel teşkil eder. ideal fark torku, sol ve sağ tahrik tekerleğinin arasındaki frenleme torku farkı ile hidrolik grubundaki ilgili valf kumandası üzerinden ayarlanır.

Kardan milinin ideal torku hem motor müdahaleleri hem de simetrik bir frenleme müdahalesi ile elde edilir. Gaz keleşi müdahalesi, sadece nispeten büyük bir gecikme (ölü süre ve motorun vites büyütme davranışı) ile etkili olur. Hızlı motor müdahalesi olarak, ateşleme açısının gecikmeli ayarlanması ve diğer bir olanak olarak da enjeksiyon kısıtlaması kullanılır. Simetrik frenleme müdahalesi, motor torku indirgemesinin kısa süreli olarak desteklenmesini sağlar.

#### 4.4.4 Ek fonksiyonlar

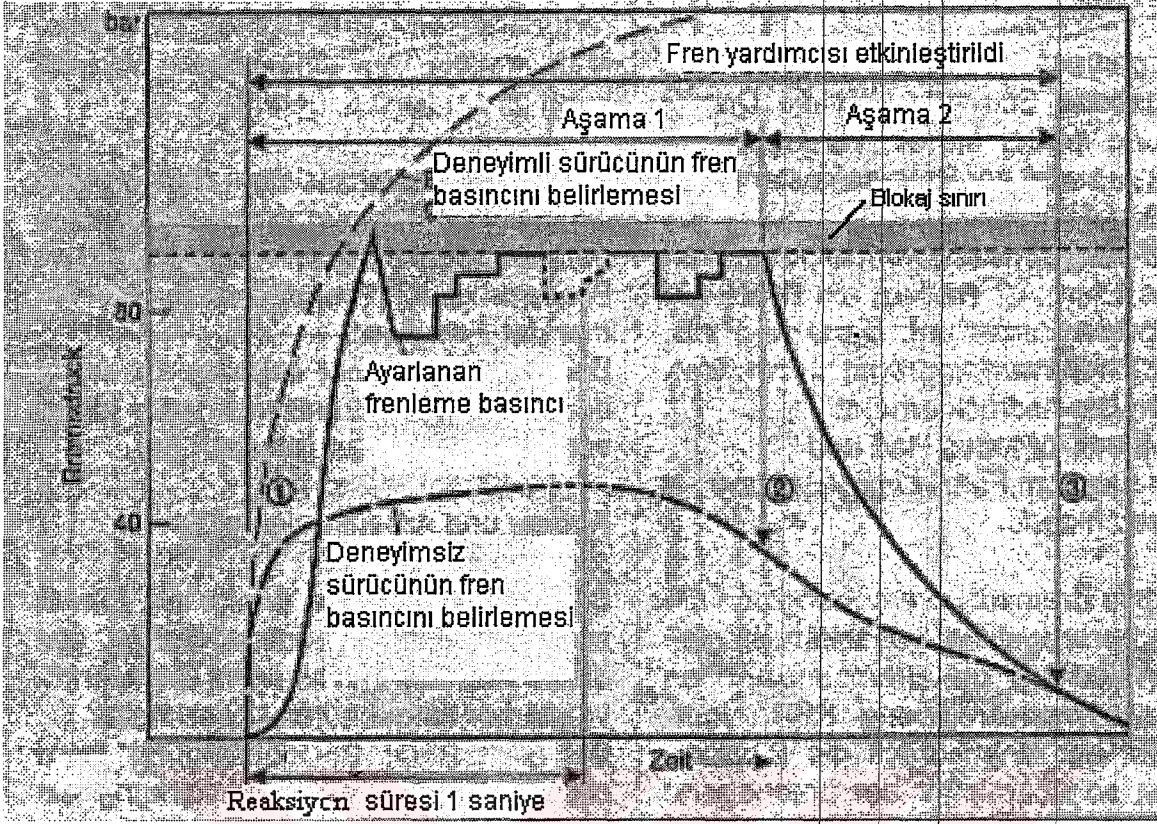
##### Fren yardımcısı

##### *Talepler*

Fren yardımcısı, sürücüyü “panik halinde frenleme” (panik tepkileri, tam frenlemeler, şekil 4.18) sırasında destekleyen bir sistemdir. Bu sistem frenleme basıncını, sürücü tarafından belirlenen frenleme basıncının üzerine çıkartabilir. Sürücünün frenleme isteğinin (fren pedalı üzerine ayakla basma kuvveti) alınması ve ölçüm değerlerinin kontrol ünitesine iletilmesi durumunda, fren yardımcısı tetiklenir.

Bununla birlikte, deneyimsiz bir sürücüye kritik durumlarda aracını en kısa frenleme mesafesinde durdurma olanağı sunulmalıdır (şekil 4.18).





Şekil 4.18: Hidrolik fren yardımcısı (Bauer,98)

Panik halinde frenleme durumundaki frenleme davranışı

- 1 Fren yardımcısı etkinleştirilir
- 2 Fren pedalı üzerindeki yükün boşalması
- 3 Fren yardımcısı kapanır

### Görevleri

Fren yardımcısı aşağıdaki görevlere sahiptir:

- Tekerleklerdeki frenleme basıncını, tüm tekerlekler blokaaj sınırına ulaşacak şekilde, sürücü tarafından belirlenen değerin üzerine çıkarmak ve bununla birlikte bir ABS kontrolünün gerçekleşmesini sağlamak amacıyla panik halinde frenleme durumunu algılamak.

- Frenleme basıncını sürücü tarafından belirlenen seviyeye düşürmek için panik halinde frenlemenin bitişini algılamak.



### “Hidrolik fren yardımcısının” yapısı ve çalışma şekli

Sürücünün fren pedalına basması durumunda, sürücünün frenleme isteği ve gerekirse panik halinde frenlemede, durum ana fren silindirindeki basınç akışını tarif eden bir basınç sinyali ile tespit edilecek şekilde, kontrol ünitesi tarafından algılanır. Bu işlem için gerekli basınç sensörü, direkt olarak hidrolik grubuna bağlanmıştır.

Ölçülen basınç belirli bir eşiğin üzerindeyse ve basınç değişimi belirlenen bir değerden daha büyükse (1) fren yardımcısı etkinleştirilir (şekil 4.18, faz1).

Fren yardımcısı aktif olduğu süreçte, dört tekerleğin her birinde blokaj sınırına kadar bir basınç oluşur. Bunun için, frenleme basıncını yükselten, örneğin ESP hidrolik grubu kullanılır:

- Her tekerlek için ayrı olarak ve
- Sürücü tarafından belirlenen seviyenin üzerinde.

Aktif fren basıncı artırımı ve fren basıncı kontrolü ESP sürüş dinamiği kontrolündeki gibi gerçekleşir. Frenleme basıncı blokaj sınırını aşarsa, daha az yetkili olan ABS kontrolü tekerlek kaymasını ayarlama ve frenleme kuvvetinden optimal faydalanma görevini üstlenir.

Ölçülen basınç belirli bir değerin (2) altına inerse (fren pedalı üzerindeki yükün boşalması), sistem sürücü isteğini algılar ve frenleme kuvvetini azaltabilir (şekil 4.18, faz2). Bu anda ayarlama stratejisi değişir. Hedef, ölçülen basınç sinyalini takip etmek ve sürücünün konforlu bir şekilde standart frenleme aşamasına geçmesini sağlamaktır.

Yükseltile frenleme basıncı belirlenen değere ulaşırsa ya da basınç sinyali belirlenen bir değerin (3) altına inerse fren yardımcısı kapatılır.

Sürücü ek destek olmadan frenlemeye devam edebilir.

### “Emergency Valve Assist” (Acil Durum Vana Yardımı)

#### *Yapısı ve çalışma şekli*

Vakumlu fren kuvveti artırıcısına monte edilmiş mekanik bir sistem, sürücünün frenleme isteğini algılar. Fren pedalına normal bir şekilde basılması durumunda, alışılmış fren kuvveti artırımını kullanılır (şekil 4.19, üst).

Sürücü fren pedalına hızlı bir şekilde basarsa, bu mekanik sistem normal artırımını (1) (sürücünün fren pedalına basma kuvveti ve fren kuvveti artırıcısındaki frenleme basıncı) daha yüksek bir artırıma (2) çevirir (şekil 4.19, alt).

Fren yardımcısı aktif olduğu zaman, frenleme basıncı bu yeni tanımlanmış artırım çizgisine göre belirlenir. Frenleme basıncı, bu sistemde her zaman pedal kuvvetini takip eder.

Sürücü frenleme kuvvetini belirli bir değerin altına indirdiği takdirde fren yardımcısı kapanır.

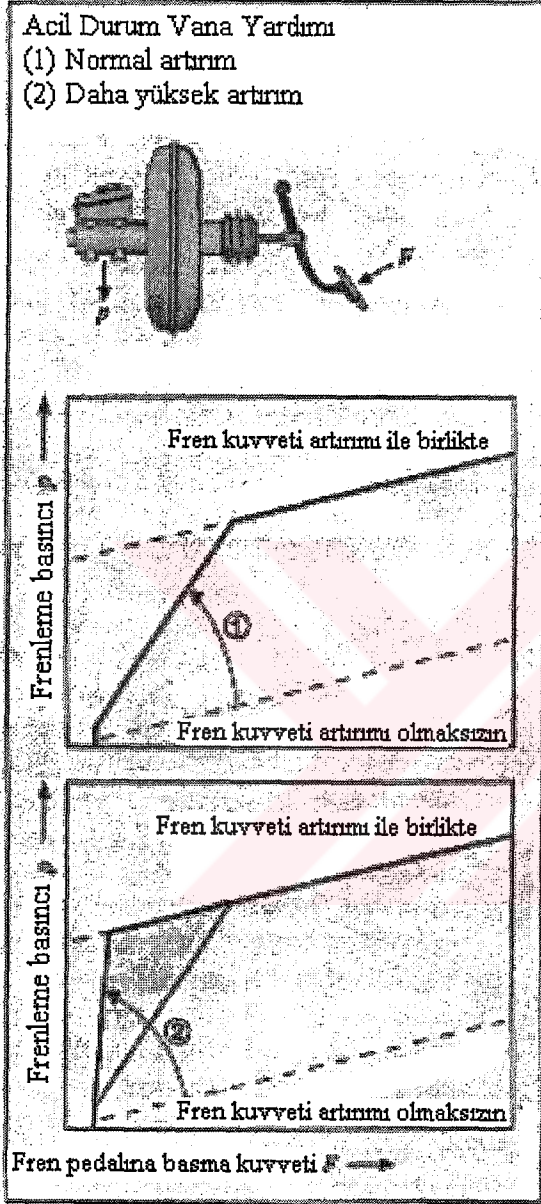
### “Smart Booster” (Akıllı Artırıcı)

#### *Yapısı ve çalışma şekli*

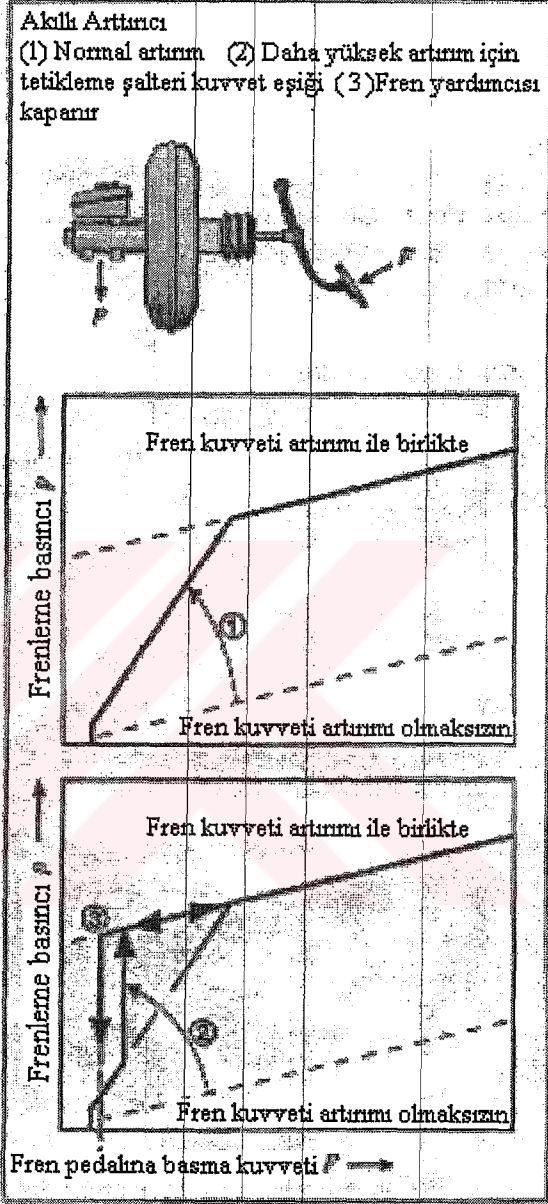
Smart Booster’da, sürücünün frenleme isteğinin algılanması, pedal yolundan ve fren kuvveti artırıcıya monte edilmiş bir tetikleme şalteri üzerinden gerçekleşir. Fren pedalına normal bir şekilde basılması durumunda, alışılmış fren kuvveti artırımını kullanılır (şekil 4.20, üst). Pedal yolu değişiminin belirlenen değerden daha büyük olması durumunda, fren yardımcısı etkinleştirilir.

Fren yardımcısının aktif olması durumunda, fren kuvveti artırıcıya monte edilmiş bir manyetik valf (solenoid valf) açılır. Bu sayede, hızlı bir şekilde fren kuvveti artırıcının maksimum artırımına eşit olan fren kuvveti oluşturulur (2) (şekil 4.20, alt).

Şekil 4.19



Şekil 4.20



Frenleme basıncı, tekerlekler blokaj sınırına ulaşacak kadar yüksekse, ABS kontrol sistemi, tekerlek kaymasını ayarlama ve frenleme kuvvetinden optimal faydalanma görevini üstlenir. Fren yardımcısının kapatılması tetikleme şalteri üzerinden gerçekleşir. Sürücünün fren pedalına basma kuvvetini sabit bir eşiğin altına indirmesi durumunda (3), fren yardımcısı kapanır. Sürücü ek destek olmadan fren yapmaya devam edebilir.

## 4.5 HAREKET DİNAMIĞI DÜZENEGİ BİLEŞENLERİ

Hareket dinamiği düzeneği şu bileşenleri okuyucu sensörlerden oluşur(Şekil 4.21):

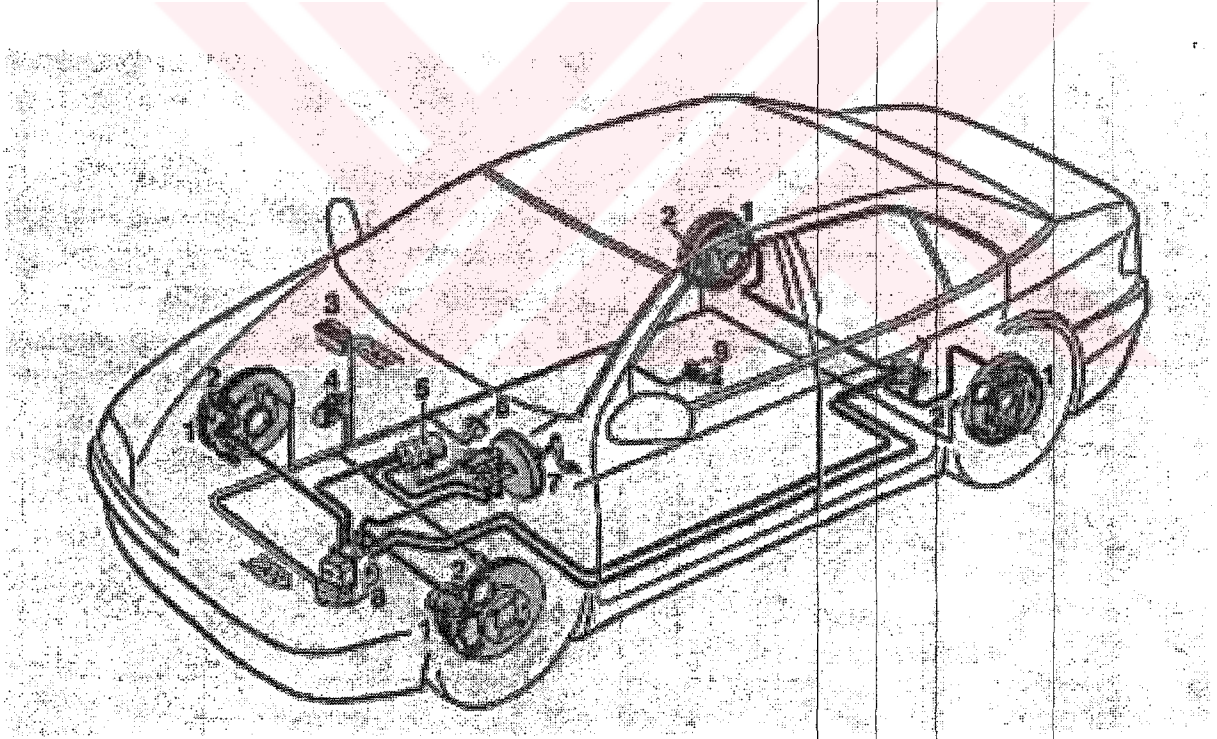
Sensörler (Alıcılar)

Kumanda cihazı

Hidrolik grubu ve

Ön basınç sensörlü ön ikmal pompası

Daha sonraki üretim aşamalarında, son belirtilen bileşenin ya bir parçası kullanılmakta ya da bu tamamen devre dışı kalmaktadır. Üretilen ilk serilerde ayrıca bir yükleme piston ünitesi kullanılmıştır.



Şekil 4.21: ESP'nin toplam düzenek sistemi (Bileşenlerin monte edildiği bölümler) (Bauer,94)  
 1- Tekerlek frenleri, 2- Dönüş hızı sensörleri, 3- kumanda cihazı, 4- Klape sürgü ayarı, 5- Ön basınç sensörlü ön ikmal pompası, 6- Direksiyon açısı sensörü, 7- Ana silindirik fren kuvveti güçlendiricisi, 8- Hidrolik grubu, 9- Çapraz hızlanma sensörlü dönüş bildirim sensörü.

## Görev ve Talepler

Sensörler genellikle fiziksel büyüklükleri, elektriksel büyüklüklere çevirmektedirler. Sensörlerin, kumanda cihazının ve etki donanımlarının sorunsuz olarak birbirleriyle uyumlu çalışabilmeleri için aşağıdaki noktaların geçerli olması gerekmektedir:

- kesintisiz ve birbirini yedekte tutan gözetim
- çevre ve işletmeye bağlı etkilere karşı dayanıklılık
- uzun bir süre fonksiyon güvenliği

Araç yolcularının ve diğer trafikteki şahsıların güvenliği öncelikle hareket dinamiği düzeneğindeki (ESP) sensörlerin güvenilirliğine bağlıdır. Sürüş denemelerinden ve simülasyonlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda ESP sensörlerinden beklenen talepler belirlenmiştir.

Bir sensör, ömrü boyunca transfer edilecek ebadı tam doğru bir şekilde algılamalı ve kumanda cihazına iletmelidir. Her sürüş ve işleyiş durumunda, hızlı değerlendirme ve çevik reaksiyon güvenlik içinde gerçekleştirilebilmelidir.

### **4.5.1 Direksiyon açısı sensörü LWS**

Direksiyon açısı, aracın izlemesi gereken rotanın önceden hesaplanabilmesi için gereklidir. Açık ölçümüne ait sensörler, pozisyon sensörleri grubuna girmektedir. Görevlerine göre, ya sürtünme bağlantıları (örneğin potansiyometre) üzerinden ya da bir yere dokunmaksızın ölçüm (örneğin Hall-IC) yapmaktadırlar. Hareket dinamiği düzeneğinin direksiyon açısının olması gereken ön değerlerini bildiren bir çok alternatif sensör tipi mevcuttur. Bu sensörlerin verdikleri sinyal sonucunda diğer sensörler de kalibre olmaktadır. Direksiyon açısı sensörünün çalışma alanı  $\pm 720^\circ$ 'dir. Tüm kullanma süresi boyunca tolerans alanı  $\pm 5^\circ$ 'lik bir sapmadan daha küçük olması gerekmektedir.



### LWS 1:

Direksiyon açısı sensörü LWS 1 on dört Hall-ICs ile çalışmaktadır. Bunlar adım adım kesin direksiyon açısının yanı sıra bir kod aracılığıyla dönüşleri de hesaplamaktadırlar.

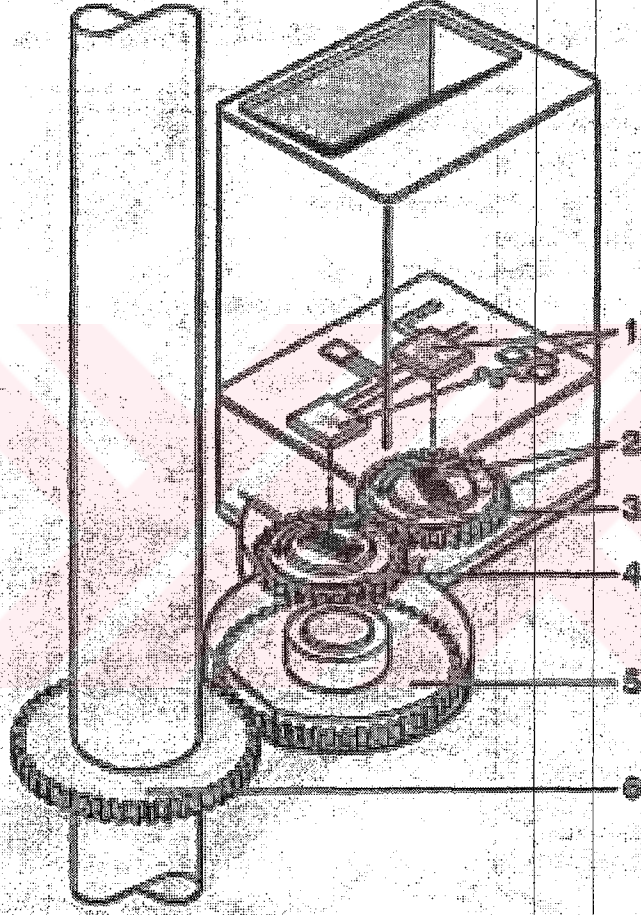
Entegre edilen Hall-sensörünün ölçüm prensibi, sürekli mıknatısın alan değişimine bağlıdır. Hareket halinde, yumuşak (hafif) mıknatıslı ve belli dijital kodlara ait olan gürültüleri olan bir plaka sayesinde, ölçülen açılar sinyal olarak doğrudan kumanda cihazına iletilebilmektedir.

### LWS 3:

Bu direksiyon açısı sensörü, kristalin çeşitli fiziksel özelliklerini kullanarak, farklı yönlerde doğru manyetik film tabakalarını (AMR-elementleri, Anisotrop Magneto Resistiv) belirler. Böylesi iki AMR-elementi, her biri bir mıknatısa bağlı olan dişli çarkların dönüş hareketlerini algılamaktadır. Bu dişli çarklar yönlendirme sütununu kapsayan ve her direksiyon hareketinde birlikte dönen dişli çelenk tarafından hareket ettirilmektedirler. Çıkış sinyalleri çok yüksek düzeyde algılanır (Şekil 4.22).

AMR-elementlerinin “altındaki” dişli çarkların diş sayıları birbirinden farklıdır. Bu diş sayısı farkı ile direksiyon dönüş açısı için aynı zamanda bir ölçü verilmiş olmaktadır. Bu üretim serisi sayesinde, sensöre elektrik gittikten hemen sonra kesin direksiyon açısını (böylelikle direksiyon dönüş sayısını) korumak mümkündür. Bu durumda sensörün duraklama moduna geçmesi gerekli değildir. Her iki AMR-elementi de direksiyon açısı için bir ölçüt olduğu için, sensör kendi kendini kontrol etmektedir. LWS 3’ün fonksiyon güvenliği LWS 1’e benzemektedir.



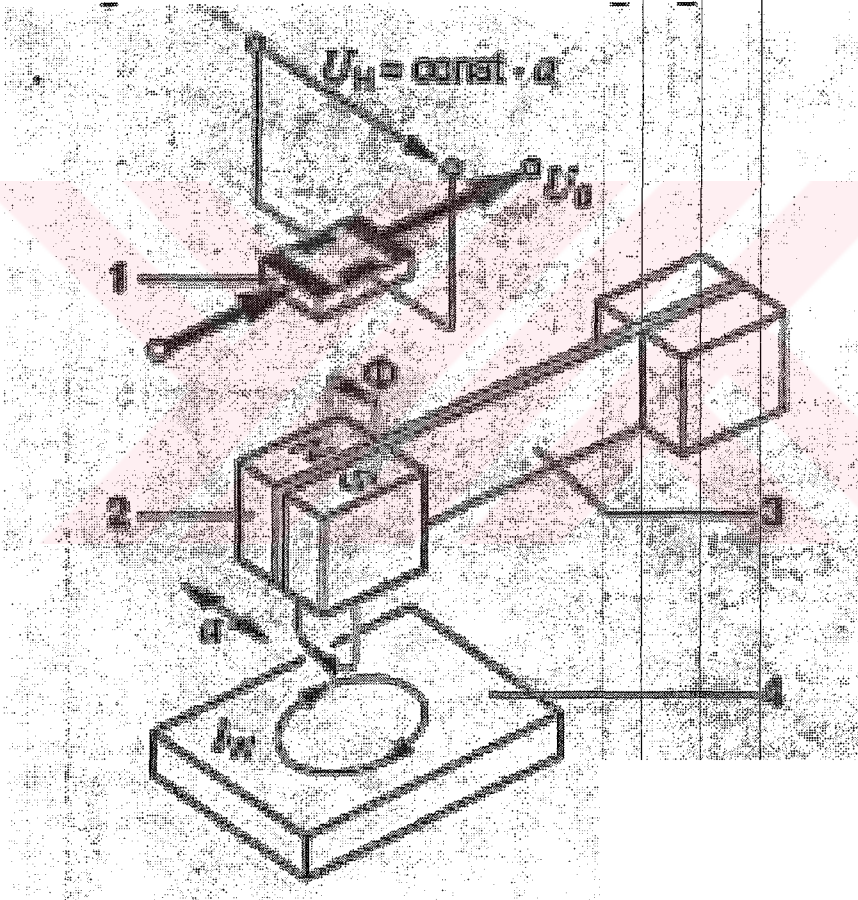


Şekil 4.22: AMR elementli LWS 3'ün prensip yapısının görüntüsü (Bauer,94) 1- AMR elementleri, 2- Miknatıs, 3- Dişli çark 1, 4- Dişli çark 2, 5- Ara dişli çarkı, 6- Yönlendirme sütunundaki hareket tekerleği

#### 4.5.2 Çapraz hızlanma sensörü

Hızlandırma ölçümleri için, fiziksel efekt kullanılmaktadır. Bu efekt hızlanmış nesne üzerinde bir güç oluşturmaktadır. Bu nesnelere sert değil de “elastik” oldukları takdirde oluşan kuvvet sayesinde kaydırılmaktadırlar. Buradaki yönlendirme, hızlandırma için bir ölçüttür.

Çapraz hızlandırmanın ölçümü için en uygunu Hall-hızlandırma sensörüdür (Şekil 4.23). Yay ölçüm miknatıs sistemi elektro dinamik olarak amortisman (Burgaç akımı) işlevini yapabilmektedir. Böylece kendi başına istenmeyen titreşimler bastırılabilir.



Şekil 4.23: Hall-prensibine göre çapraz hızlandırma sensörü (Bauer,98)

1- Hall-sensörü, 2- Sürekli miknatıs (sismik madde), 3- Yay, 4- Amortisör plakası (Cu:bakır)  
 $U_H$  Hall-gerilimi,  $U_0$  Beslenme gerilimi,  $\emptyset$  Manyetik akım,  $a$  Algılanan çapraz hızlandırma

### 4.5.3 Dönüş hızı sensörü (Rota hız sensörü)

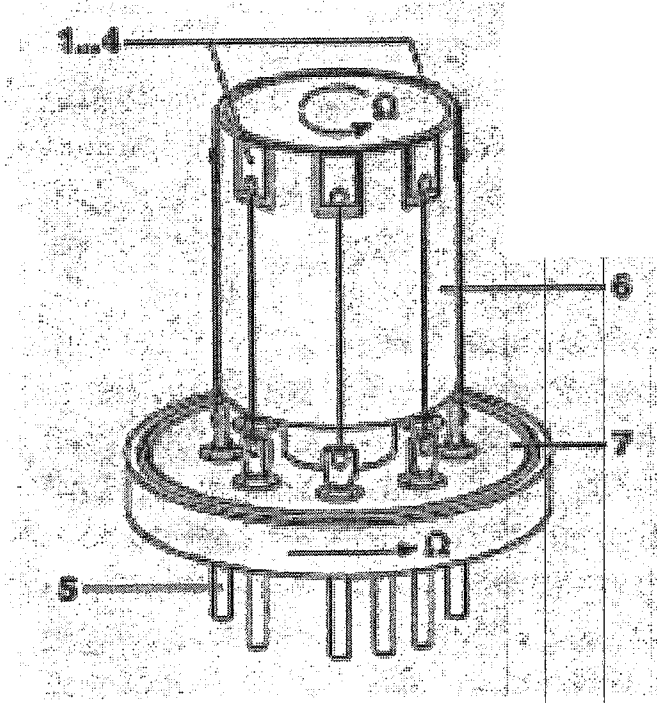
Rota hız sensörü, bir aracın kendi ekseni etrafındaki dönüş hareketlerini saptar, örneğin normal viraj dönüşlerinde aracın yoldan çıkma ya da savrulması durumları gibi.

Rota hızını (dönüş hızını) ölçmeye yarayan cihaza cirometre denir. Burada doğrudan algılama sistemi olan sensörler kullanılmaktadır.

Dönüş hızının algılanması, hareket halinde olan bir sistemde ilave güçlerin (Coriolis güçleri) oluşmasına bağlıdır. Bu sistemin içinde titreşen hacimli elementler bulunduğu takdirde, sistem dönmeye başladığında titreşim hareketleri etkilenmektedir. Titreşim hareketleri orijinal haline döndürüldüğünde geri ayarlama için gerekli olan ayar büyüklüğünün dönüş hızı için ölçüt olması gerekmektedir. Çünkü artan dönüş hızıyla birlikte geri ayar büyüklüğü de yükseltilmelidir.

#### DRS50 / DRS100:

Hareket dinamiği düzeneğinin bir serisinde içi boş bir silindir ve piezoelementleri (silindir cirometresi) kullanılmaktadır (şekil 4.24). Bu silindirin kenarları genellikle yönlendirilen titreşimlere dönüştürülmektedir (şarap kadehinin kenarına ıslak bir parmakla sürtünürken çıkan titreşimlerin benzeri). Servo çarkı, dönüş hareketleri sebebiyle “detone” olan titreşimleri eski haline döndürmektedir.



Şekil 4.24: Piezoelektrikli dönüş hızı sensörü (Bauer, 98)

1...4 Piezoelement çiftleri, 5 bağlantı kalemleri, 6 titreşim silindiri, 7 temel plaka  
 $\Omega$  dönüş sayısı

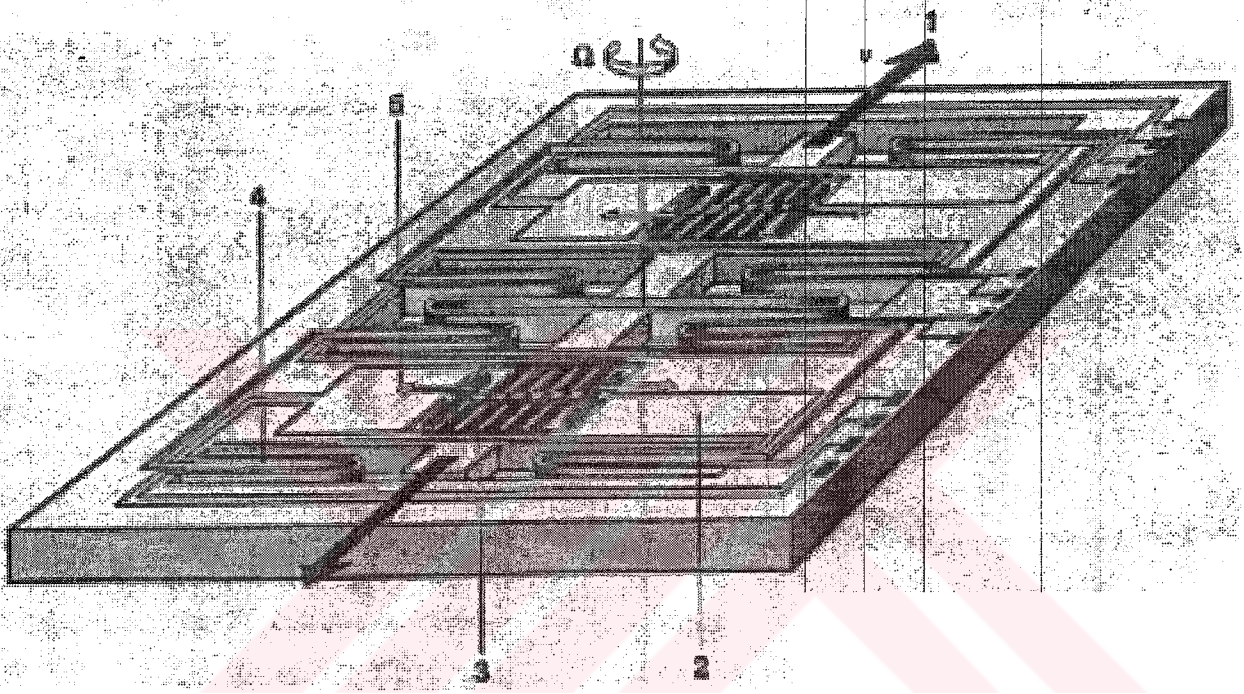
#### DRS – MM1.0:

Başka bir seride mikro mekanik bir sensör kullanılmaktadır. Bu sensörün gövdesinde rota hız sensörü (dönüş hızı sensörü) ile çapraz hızlandırma sensörü birbirine bağlıdır.

Bu sensör birimi dönüş hızı sensörü DRS50/100'den (şekil 4.25) üç kat daha küçük olup, çalışma kapasitesi daha büyüktür. Mikro mekanik dönüş hızı sensöründe iki yaylanan titreşim nesnesi birbirlerine ters yönde titreşime getirilmektedir. Bu titreşim nesnelerinin üzerinde, titreşim yönüne çapraz etki yaratan hız alıcıları bulunmaktadır. Bu düzenek, "düzen çatalı"nın titreşimine benzetilebilmektedir. Sensörü, çevre şartlarından korunmak için, hermetik olarak geçirgen olmayan (hava geçirmez) nitrojen ile doldurulmuş metal bir gövde içine yerleştirilmiştir.

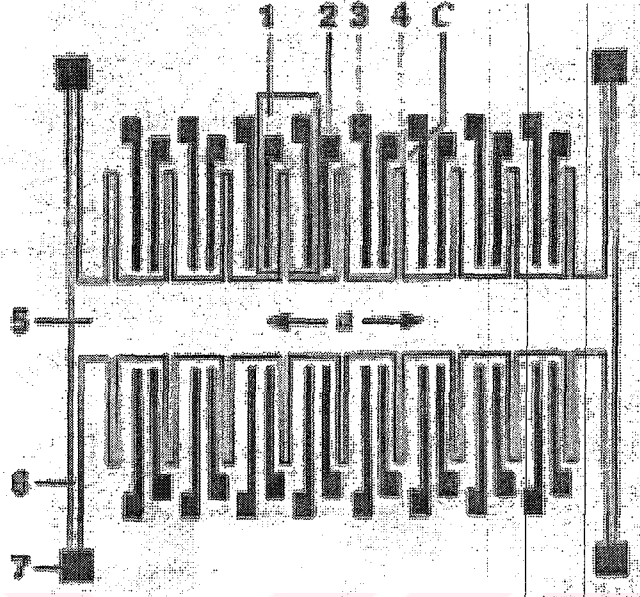
Bu sensörün de diğer sensör ve sistemlerde olduğu gibi aynı kumanda cihazı kesit yerleri mevcuttur. Böylece birbirleriyle daha uyumlu olabilmektedirler. Mikro mekanik sensörünün ilk üretim aşamasında analog çıkışları bulunmaktadır. Bu analog çıkışların yerine daha sonraki üretim serilerinde (DRS – MM 1.1) birbirinden ayrılmış CAN – yapı taşları geçmiştir. Bu yapı taşının yerini de daha sonra DRS – MM 1.2 versiyonunda entegre edilmiş olan CAN – yapı taşı almıştır.





Şekil 4.25: Mikro mekanik dönüş hızı sensörü (Bauer, 98)

1 Titreşim yönü, 2 titreşim nesneleri (titreşen madde), 3 hızlandırma sensörü, 4 yay, 5 coriolis hızlandırmasının yönü



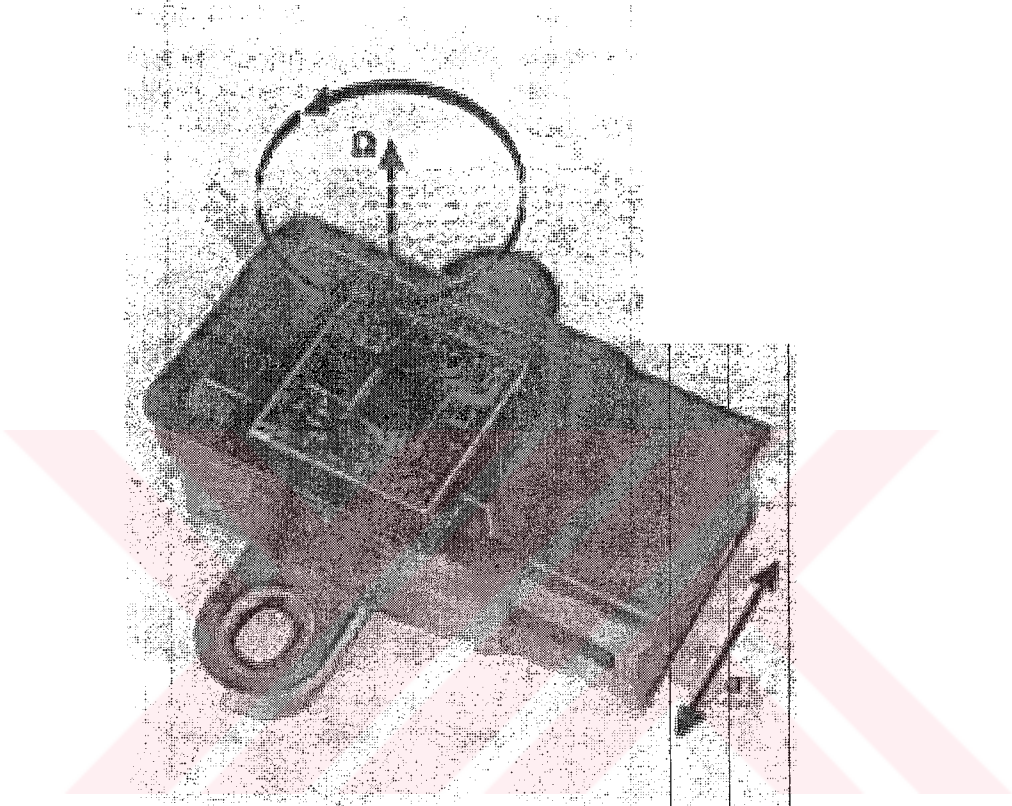
Şekil 4.26: Mikro mekanik hızlanma sensörü (Bauer, 98)

1 Eleman hücresi, 2,3 sabit plakalar, 4 hareketli plakalar, 5 sismik madde, 6 yay köprüsü, 7 ankrajlama,  $a$  hızlanma,  $C$  ölçüm kapasitesi

DRS –MM sensörü üretim serilerinde ayrıca “çift sensör” (Şekil 2.27) söz konusudur: Bu sensör iki adet tek sensörden oluşmaktadır. Bu sırada mikro mekanik dönüş hızı sensörü (Şekil 2.25) ile hızlandırma sensörü (Şekil 2.26) bir birim oluşturmaktadır. Böylece bileşenlerle sinyal hatlarının sayısı azalmaktadır. Ayrıca araç içinde daha az bağlantı ve montaj alanına ihtiyaç olmaktadır. Kendini kontrol etme amaçlı monte edilen fonksiyon, bu zamana kadarki sensörlerde olduğundan (DRS50 / DRS100) daha da gelişmiştir: Çıkış sinyalleri ile “çalışma alanı açılmıştır” sinyali sayesinde kumanda cihazı üzerinden dahili hataların algılanması mümkündür.

Fonksiyon güvenliği adına, mikro mekanik hızlandırma sensörüne bu üretim serisinde bir arka plan testi (Background test) yapılmaktadır. Böylece arızalar daha hızlı ve detaylı bir şekilde algılanabilmektedir.



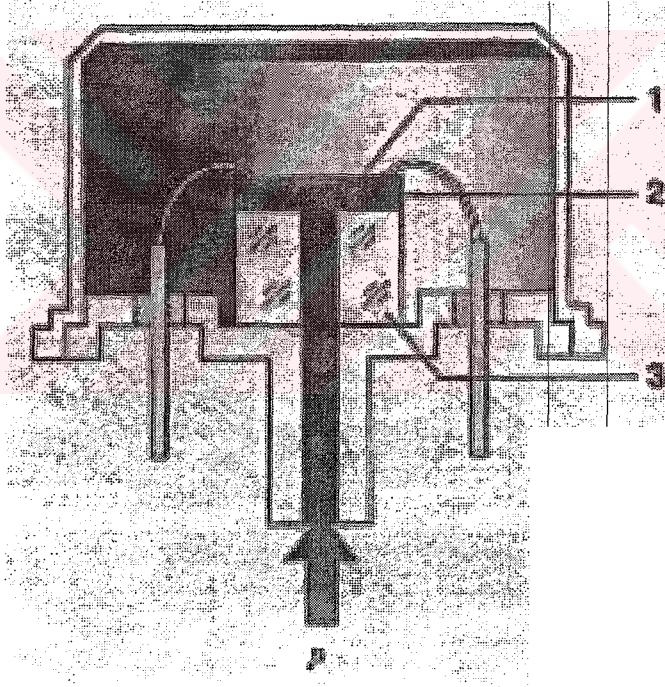


Şekil 4.27: Çapraz hızlandırma sensörlü dönüş hızı sensörü (Çift sensör)  
 $\Omega$  Dönüş hızı,  $a$  hızlandırma

### Basınç sensörü

Basınç sensörü genellikle ölçü temeli olarak basınçla genişleyen bir membran kullanılmaktadır. Genişleme ölçümlerinde kullanılan metotlarla (esnek ölçüm şeridi, manyetik alan değişimi) basınca eşit değerde gerilim ya da frekans değişimi oluşturulabilmektedir.

Hareket dinamiği düzeneği için hidrolik sisteminin basınç değerlerine (350 bara kadar) ve genişletilmiş olan derece alanlarına (motor bölümüne montaj) dayanıklı sensörlere ihtiyaç vardır. Bunun için mikro mekanik silisyum – sensör çipleri (yarı iletken-basınç sensörleri) (Şekil 2.28) uygundur. Bu çiplerin çıkış sinyalleri sensör gövdesinde entegre edilmiş olan iletken plaka üzerinde hazırlanmaktadır. Daha ileriki versiyonda (DS2) basınç sensörünün hacmini azaltılmış olup yarı iletken yapı taşı üzerinde dahili bir güvenlik izlemesi entegre edilmiştir. Bu güvenlik izlemesi, kumanda cihazı tarafından harekete geçirilip iletiler sayesinde orada değerlendirilebilmektedir.



Şekil 4.28: Yarı iletken-basınç sensörü (Bauer,98)  
1 Silisyum , 2 Vakum, 3 cam (ısıcam),  $p$  basınç

#### 4.5.4 Tekerlek dönüş hızı sensörü

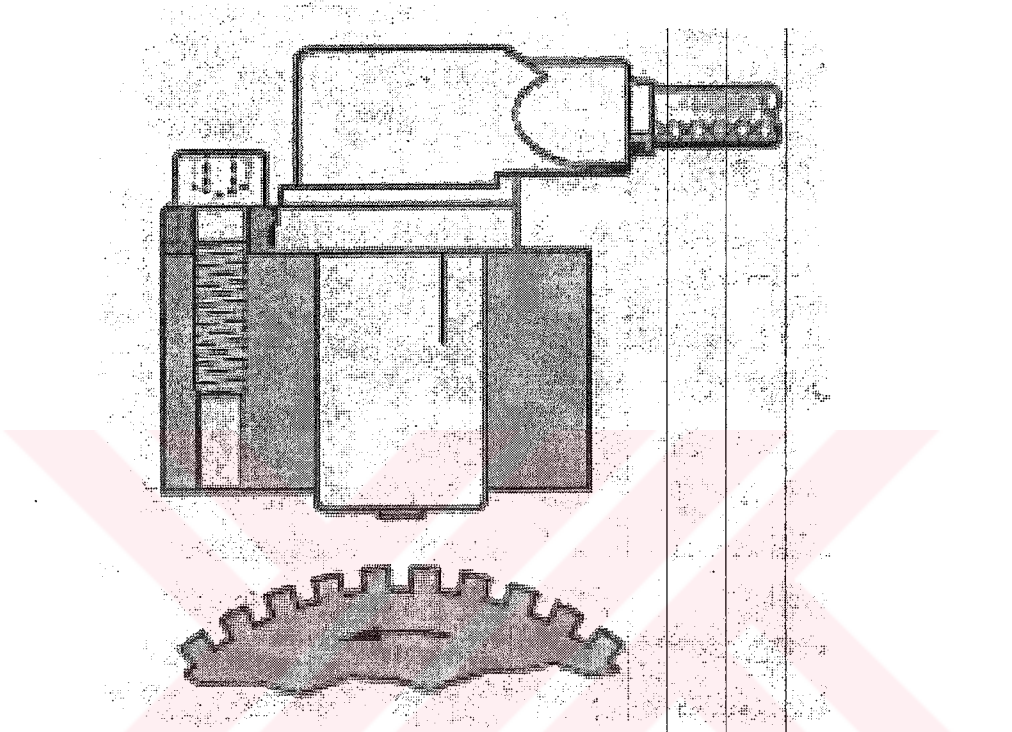
Kumanda cihazı, dönüş hızı sensörlerinin sinyalleri üzerinden tekerleklerin (Tekerlek dönüş hızı) dönüş hızını iletmektedir.

##### Endüktif dönüş hızı sensörü

Bir sargı tarafından çevrelenmiş olan endüktif dönüş hızı sensörünün (DF6) kutupsal metal çubuğu, doğrudan dişli çark ile tekerlek yuvasına bağlı tahrik çarkının üzerinde yer almaktadır. Kutupsal metal çubuğu bir sürekli mıknatısa (doğal mıknatıs) bağlıdır. Bu mıknatısın magnetik alanı tahrik çarkının içine kadar uzanır.

Diş ve aralığın sürekli değişiminden dolayı, hem kutupsal metal çubuğu hem de sargı sayesinde, tekerleğin dönüşü sırasında manyetik akım değişmektedir. Manyetik alanının değişimi, sargı içinde dalgalı akım endükte etmektedir. Bu akım, sargı uçlarında tutulmaktadır. Dalgalı akımın frekansı, tekerlek dönüş hızı ile orantılıdır.

Montaj durumları tekerleğin her yerinde aynı olmadığı için, farklı kutupsal metal çubuğu şekilleri ve montaj türleri vardır. Radyal montaj için en yaygın olanı tahrik çarkına dikey olan keski kutupsal metal çubuğudur (Yassı kutupsalı da denir, şekil 4.29). Eksenel montaja en uygun olan eşkenar dörtgen şeklindeki kutupsal metal çubuğu (çapraz kutupsal da denir, şekil 4.30), tahrik çarkına radyal konumda durmaktadır.



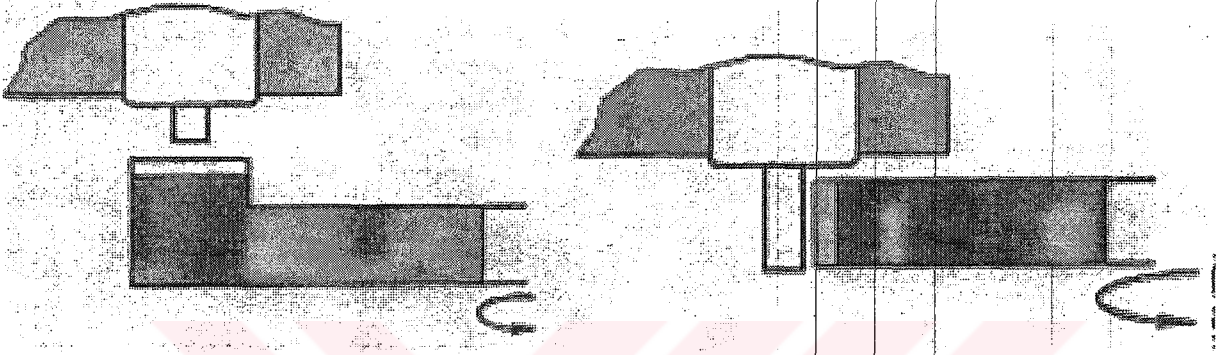
Şekil 4.29: Keski kutursal metal çubuklu endüktif dönüş hızı sensörü (DF6) (Bauer,94)  
Montaj radyal, yakalama radyal

Her iki kutupsal metal çubuk türü tam olarak tahrik çarkının yönüne doğru ayarlanmalıdır. Yuvarlak kutupsal metal çubuğunda (Şekil 2.31) böyle bir ayara gerek yoktur. Ancak tahrik çarkının yeterli bir çapı ya da çarktaki diş sayısının daha az olması gerekmektedir.

Endüktif dönüş hızı sensöründeki genlik, sargı içindeki tekerlek dönüş sayısına indüklenmiş olan gerilime orantılıdır. Duran tekerlekte indüklenmiş gerilim sıfırdır. Dişli şekli, hava aralığı, gerilim artışının dikliği ve kumanda cihazının giriş hassasiyeti en küçük ölçülebilen hızı belirlemektedir. Aynı zamanda da ABS-kullanımı için gerekli olan minimum devre dışı

kalma hızını belirlemektedir. Dönüş hızı sensörü ile tahrik çarkı, dar toleranslı 1 mm'lik bir hava aralığı ile birbirinden ayrıdır. Böylece arızasız bir sinyal algılaması sağlanmaktadır.

Ayrıca dönüş hızı sensörünün sabit olarak bağlanmasıyla birlikte, tekerlek freni bölgesindeki titreşimlerin dönüş hızı sensörünün sinyallerini taklit etmesi engellenmektedir. Montaj yerinde kir ve su olabileceği için, dönüş hızı sensörü montajdan önce yağlanmaktadır.



Şekil 4.30: Eşkenar dörtgen şeklindeki kutupsal çubuklu endüktif dönüş hızı sensörü (DF6) Montaj aksenal, yakalama radyal .

Şekil 4.31: Yuvarlak kutupsal metal çubuklu endüktif dönüş hızı sensörü (DF6) Montaj radyal, yakalama aksenal .



## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında, otomotiv endüstrisinde ve bilimsel çalışmalarda önemli bir yeri olan taşıtlarda virajlardaki performanslarını geliştirmek için kullanılan elektronik stabilite programı çalışma prensibi, parçaları ve araç üzerine uygulanması gibi birçok başlık altında incelendi. Bu inceleme sonucunda, sistemin aktif güvenlik sistemleri arasında çok önemli bir yere sahip olduğu görülmüştür.

Sistem aslında baz gereksinimleri ABS fren sistemi üzerinden almaktadır. Başka bir deyişle sistemin ABS sistemi üzerine geliştirilen bir sistemdir. Ancak ESP, ABS fren sisteminden farklı olarak motor yönetim sistemine de müdahale etmektedir. Sistemin geliştirilmeye başladığı nokta, virajlarda sürüş emniyetini en yüksek noktaya çıkarmak ve kazaları önlemektir. Ancak bugün geleneksel nokta, farklı sürtünme katsayılarına sahip zeminlerde fren yaparken stabiliteyi korumak, ani şerit değişimlerinde stabiliteyi korumak gibi başka birçok olayı da kapsamaktadır. Sistemin ilk yıldızının parladığı uygulama örneklerinin gittikçe artmasına neden olan olay Mercedes-Benz A Serisi'nin piyasaya sürüldüğü 1990'lı yılların sonudur. Özellikle aracın dar iz genişliği ve iz genişliğine göre yüksek yapısı nedeniyle ani şerit değişimlerine verdiği riskli tepkiler, firmanın bu model üzerinde ESP sistemini fabrika çıkışı, standart olarak uygulamasına neden olmuştur. Bu ses getiren uygulama özellikle tüketicilerin ESP sistemini tanımalarına ve artık güvenlik konusunda yeni bir kriter aramalarına sebep olmuştur. 2003 yılının sonu itibarıyla artık sistem birçok otomobil firması tarafından birçok araçta uygulanan bir aktif güvenlik sistemi haline gelmiştir.

Artık bugün geleneksel noktada, sistemin milisaniyelerle ölçülebilen devreye giriş ve stabiliteye müdahale zamanlarının kısaltılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Çünkü sistemin daha hızlı tepkiler verebilmesi hem riskin daha önceden fark edilmesine hemde sınır noktaların azda olsa biraz daha yukarı çekilmesine neden olacaktır. Aynı zamanda, daha çabuk müdahale sürüş emniyeti ile birlikte, sürüş konforunun da daha üst seviyelere çıkmasına neden olacaktır.



**KAYNAKLAR**

Dr. Bauer, H. 1994, 'Equipment' edition 95/96, Robert Bosch Bmbh yayını, Almanya

Dr. Bauer, H. 1994, 'Brake systems for passenger cars' edition 95/96, Robert Bosch Bmbh yayını, Almanya.

Dr. Bauer, H. 1998, 'Fahrdynamikregelung ESP' edition 98/99, Robert Bosch Gmbh yayını, Alamanya.

Dr.Schmidt, G. 2002 'Automotive handbook', otomobil matematik modelleri, Robert Bosch Gmbh yayını Almanya.

Bakker, E. Nyborg L. 'Tyre modeling' (2000) SAE paper no:234

Sarıoğlu, A, (2000) 'otomobillerin jiroskobik incelenmesi', yüksek lisans tezi, İTÜ Fen bilimleri Enstitüsü (yayımlanmış)



## ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	01.07.1977	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1987 – 1995	İSTEK Vakfı Özel Semiha Şakir Deneme Lisesi
Lisans	1995 – 2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek lisans	2000 – devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Enerji Makineleri Programı

### Çalıştığı kurumlar:

