

# Gelecekte Taşıtlarda Kullanılacak Olan Elektronik Fren Sistemlerinin İncelenmesi

Ali ÇAVDAR

Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü

## ÖZET

Teknolojideki ilerlemelerle birlikte mekanik sistemler yerini elektronik sistemlere bırakmaktadır. Taşıtlarda kullanılan ve kullanılması düşünülen fren sistemleri de bunların en önemli olanlarını teşkil etmektedir. Bilinen fren sistemleri dışında kullanılması düşünülen elektronik fren sistemleri, elektro\_hidrolik ve elektro\_mekanik fren sistemleridir. Elektro-mekanik fren sistemi, fren hidroliği ve hidrolik boru hattı elemanlarını tamamıyla kaldırarak bunların yerine elektronik devre elemanlarını kullanmaktadır. Bunun sonucunda frenleme gücü her bir tekerlek için elektrik motorlarıyla doğrudan üretilmektedir. Bu motorlar elektronik kontrol ünitesi (EKÜ) tarafından kontrol edilmekte ve elektronik pedal modülünden gelen sinyale göre hareket etmektedir. Elektro-hidrolik fren sisteminde ise sensörler pedal hareketini ve sürücünün pedala uyguladığı kuvveti ölçmekte ve aldığı verileri elektronik kontrol ünitesine iletmektedir. Frenleme için ihtiyaç duyulan optimum hidrolik basıncı her bir tekerlek için elektronik kontrol ünitesi tarafından hesaplanmakta ve uygulanmaktadır.

Bu çalışmada, elektronik fren sistemlerinden; elektro-mekanik ve elektro-hidrolik fren sistemleri frenleme performansları ve güvenilirlikleri açısından incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektronik fren sistemleri, frenleme performansı, güvenilirlik

## GİRİŞ

Elektronik devre elemanları ve bazı basit sistemlerin taşıtlarda kullanılmaya başlaması hayli eski olmasına rağmen, bu sistemlerin yaygınlaşması ve otomotiv elektroniğinin bir endüstri haline gelmesi 1980'li yıllara kadar dayanmaktadır[1]. Ancak dijital elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmenin paralelinde otomotiv elektroniği 1990'lı yıllarda çok geniş bir uygulama alanına kavuşmuştur. 2000'li yıllarda ise otomotiv elektroniğinde hayallerin zorlandığı hedeflere ulaşılmıştır[1]. Günümüzde elektroniğin yaygın olarak kullanıldığı bir taşıtta 8100 adet

## ABSTRACT

As technology advances, more and more mechanical systems are being replaced by electronics. Brake fluids and hydraulic lines are eliminated entirely by Electro Mechanical Brake. The braking force is generated directly at each wheel by high performance electric motors; they are controlled by an Electronic Control Unit (ECU) and actuated by signals from electronic pedal module. In electro-hydraulic brake system, Sensors measure the motion and driver's force on the brake pedal, and transmit that data to the control unit. A computer calculates the optimum hydraulic pressure for each wheel and applies exactly the amount of braking force needed.

In this study, electro-mechanical and electro-hydraulic brake system from brake-by wire systems have been investigated according to reliability and brake performance.

**Keywords:** Brake-by-wire systems, braking performance, reliability

sensör, birbirinden bağımsız veya bütünleşik olarak çalışılan ve taşıt cinsine göre 40 adedi bulabilen elektronik kontrol ünitesi (EKÜ) ve bu sistemlerin diğer elemanlarını görebiliriz[1]. Taşıtlar için vazgeçilmez olan fren sistemleri her durumda önemli olmuş ve gelişiminden fazlasıyla payını almıştır. Bilindiği üzere bir taşıt için en önemli sistem fren sistemidir. Frenlerden çok yüksek güvenilirlik ve dayanıklılık beklenmektedir. Kazaların azaltılması konusunda da birinci sırada olan güvenlik sistemleri; fren sistemleridir[2]. Bu konuda yapılan çalışmalara göre fren sistemleri taşıt kazalarında yaklaşık olarak % 20 gibi bir güvenlik oranına sahip olduğu

varsayılmıştır[2]. Otomobili yavaşlatmak veya durdurmak için konvansiyonel fren sistemlerinde fren pedalına uygulanan kuvvet, fren pedalı kolunun uzunluğuna göre 3/1 oranında artırılarak servo frene aktarılır. Hidrolik çalışma prensiplerine göre bu kuvvet 50 katı artırılır. Hidrolik fren yağı sayesinde direkt teker frenlerine iletilen bu kuvvet, aracın durması için fren balatalarına baskı yapmakta ve geleneksel sistemlerde frenleme bu şekilde yapılmaktadır.

Fren sistemlerinin tarihi gelişimine bakacak olursak 1900'lü yılların başında mekanik fren sistemlerinin kullanılmaya başlamasından sonra 1950'li yıllara kadar ufak tefek gelişmelerle bu süreç devam etmiştir[3]. 1950'li yıllardan sonra artık hızla gelişen otomotiv sektörü sürekli olarak gelişmeye ayak uydurmuştur.

İlk olarak 1950'li yıllarda mekanik olarak üretilen ABS fren sistemi maliyet ve işlevliği bakımından kullanılamamıştır. 1980'li yıllara gelene kadar bu süreçte farklı araştırmalar yapılmıştır. 1980'li yıllar fren sisteminin en önemli gelişmelerine sahip olmuştur. ABS (kilitlemeyi önleyici sistem) fren sistemi geliştirilmiştir[4]. 2000'li yıllardan itibaren ABS'nin yanında EBD (elektronik fren gücü dağıtımı), ASR(Patinaj önleyici sistem), BAS (panik fren sistemi) gibi frenlemeye yardım edecek sistemler geliştirilmiştir[5]. Geliştirilen bu sistemlerin işlevselliği ve hızını artırmak için taşıtta bulunan mekanik ve hidrolik aksamlar elektronik devrelerle kontrol edilmeye çalışılmaktadır[6]. Fren sistemlerinde kullanılan konvansiyonel yapıya son vermek için çalışmalar hızla sürmektedir. Bu çalışmalar neticesinde elektronik fren sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu yeni sistemler Elektro-Hidrolik Fren Sistemleri (EHF) ve Elektro-Mekanik Fren Sistemleri (EMF) olarak adlandırılmaktadır[7]. Bu sistemler sayesinde gelecekte, sadece elektronik bağlantılar ile bir taşıt daha hızlı ve daha kısa mesafede durdurularak taşıt güvenliği artırılmış olacaktır.

Bu çalışmada; elektronik fren sistemlerinden olan EHF

sistemleri ile EMF sistemlerinin sürüş güvenliği açısından frenleme performansları incelenmiştir.

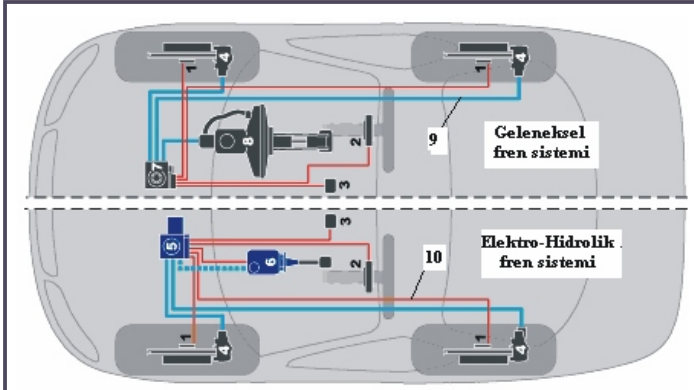
## ELEKTRONİK FREN SİSTEMLERİ

Elektronik sistemler taşıtta pek çok sistemde kullanıldığı gibi fren sisteminde de kullanılmaktadır. Elektronik fren sistemlerinde fren kuvvetleri sensörlerden alınan bilgiler doğrultusunda elektronik kontrol ünitesi tarafından hesaplanarak uygulandığından taşıt güvenli şekilde durdurulabilmektedir. Elektronik fren sistemleri iki grupta incelenmektedir. Bunlar; Elektro-Hidrolik fren sistemi ve Elektro-Mekanik fren sistemleridir.

### Elektro-Hidrolik Fren Sistemi (EHF)

Elektro-Hidrolik fren sisteminde, fren pedalı bir elektronik bağlantı ile taşıttın elektronik beynine bağlanmaktadır. Pedalın görevi taşıtı durdurmaktır. Fakat bu kez fren pedalına basma hızına ve çokluğuna göre, sistem ne kadar acil bir fren gereksinimine ihtiyaç olduğunu algılamakta, Elektronik fren beyni bu ve diğer taşıt bilgilerini birleştirerek her tekere gerekli fren kuvvetini hesaplamaktadır. Gerekli fren basıncı, merkezi hidrolik ünitesinde oluşturulmakta, eğer elektrik sisteminde herhangi bir hata meydana gelirse, direkt olarak yedek hidrolik fren ünitesi devreye sokulmaktadır[7]. Günümüzde taşıt fren pedalına uygulanan mekanik kuvvet, servo fren ve ana merkez üzerinden fren hidroliği sayesinde hidrolik kuvvet olarak tekerlere iletilmekte ve frenleme bu şekilde gerçekleşmekteydi. Geleceğin fren sistemlerinden Elektro-Hidrolik Frenlerde, fren pedalına uygulanan kuvvet, pedal hareketini algılayan bir sensör sayesinde sürekli gözlemlenecek ve buradaki değişiklik elektronik beyin ünitesine iletilecektir. EHF sistemi elektronik güç iletiminin yanı sıra, hidrolik güç iletimini de sağlayan bir düzeneğe sahiptir. Şekil 1'de elektro-hidrolik fren sistemi ve geleneksel fren sisteminin basitçe yapısı görülmektedir[8].

Geleneksel fren sisteminde fren pedalına uygulanan kuvvet, direkt olarak fren gücünü oluşturmaktadır, EHF sisteminde pedal kuvveti sadece taşıttın frenleme tertibatını harekete geçiren bir mekanizmadır ve bu bilgi EKÜ'ye iletir.



**Geleneksel Fren Sistemi**

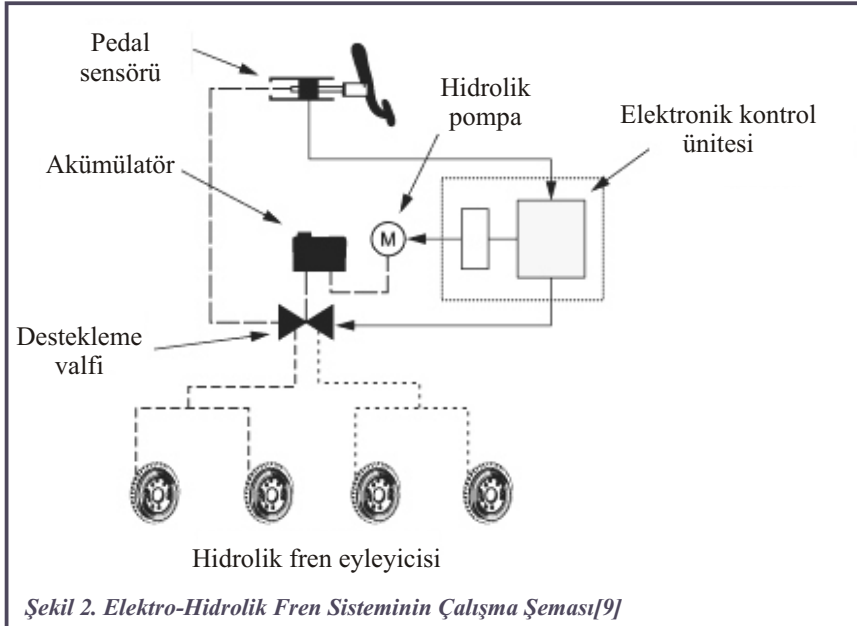
- 1- Tekerlek devir sensörü
- 2- Direksiyon açısı sensörü
- 3- İvmelenme sensörü
- 7- EBS hidrolik ünitesi + EKÜ
- 8- Hareket ünitesi
- 9- Hidrolik bağlantılar

**Elektro-Hidrolik Fren Sistemi (EHF)**

- 1- Tekerlek devir sensörü
- 2- Direksiyon açısı sensörü
- 3- İvmelenme sensörü
- 4- Konveksiyonel tekerlek freni
- 5- EHF hidrolik ünite + EkÜ
- 6- EHF elektronik hareket

Şekil 1. Elektro-Hidrolik Fren Sistemi ile Geleneksel Fren Sisteminin Karşılaştırılması[8]

Elektronik kontrol ünitesine ulaşan bu frenleme bilgisi, taşıt içerisindeki bir elektro-motorun, elektronik kontrol ünitesinden gelen mesajla devreye girmesini sağlar. Ayrıca taşıtı durdurulabilmesi, fren gücünün üretilmesi ve fren hidroliği vasıtası ile aktarılan güç sayesinde taşıtı durdurulması sağlanacaktır. Şekil 2'de Elektro-hidrolik fren sisteminin çalışma şeması görülmektedir.



Şekil 2. Elektro-Hidrolik Fren Sisteminin Çalışma Şeması[9]

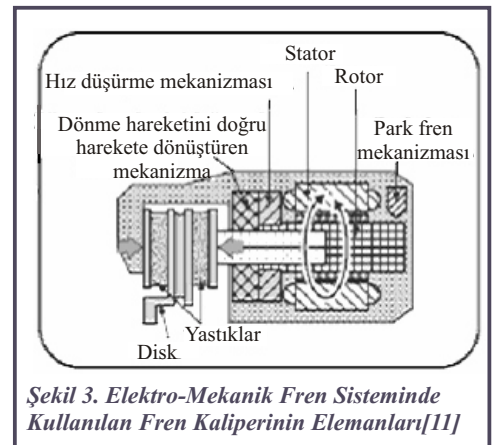
EHF sisteminde fren hidroliği kullanılmaktadır, fakat buradaki en büyük fark, fren hidroliğinin çalıştığı alanın çok

fazla daralacak olmasıdır. Günümüzde kullanılan hidrolik fren sistemlerinde fren pedalından hemen sonra tekerlere kadar büyük bir alan içerisinde fren güç iletimini sağlayan fren hidroliği, EHF sistemi ile sadece elektro-motor ve tekerler arasında güç iletimini gerçekleştirecektir. Bu da EHF sistemi ile daha güçlü, daha emniyetli ve kontrollü frenlemeyi mümkün kılacaktır.

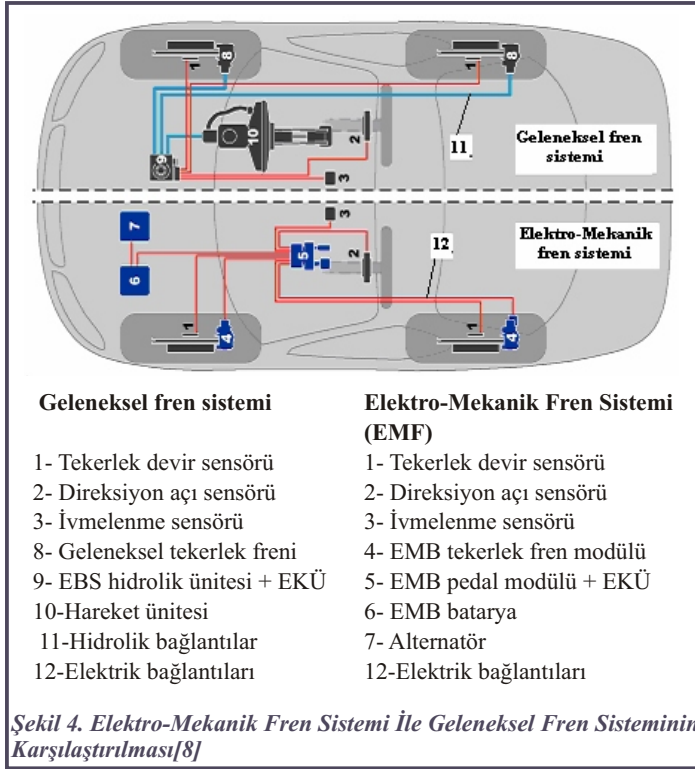
**Elektro-Mekanik Fren Sistemi (EMF)**

EHF sistemlerinde olduğu gibi EMF sistemleri üzerinde birçok çalışma aralıksız sürdürülmektedir. EMF sistemi, EHB sistemi gibi fren, pedalının bir elektronik eyleyici ile taşıtı fren elektronik beynine bağlı ve istenilen frenlemenin derecesini belirlemek için kullanılan bir düzeneğe sahip olan sistemdir. EMF sistemi, her bir teker sisteminde frenleme için kullanılan elektronik kontrol ünitesi bir elektrik motoru ile bütünleşik çalışmaktadır. Sistem içerisinde bulunan elektrik motoru en iyi performansı 42 volt gibi yüksek voltajlarda vermektedir. EKÜ'den gelen bilgiye göre uygulanan voltaj değiştirilerek optimum frenleme elde edilebilmektedir. Günümüz taşıtlarında 12 volt ile çalışan elektrik sistemi kullanılmaktadır. EMF sisteminin kullanıldığı taşıtlarda bu eksikliği gidermek için ek akümülatörler

kullanılmaktadır. EMF sisteminde tüm frenleme fonksiyonları her tekerde bireysel olarak kontrol edilebilmektedir. Ek olarak, bu yeni sistemde mekanik el freninin yerini elektro-mekanik park freni alacaktır[10]. Şekil 3'de Elektro-mekanik fren sisteminde kullanılan fren kaliperi görülmektedir.



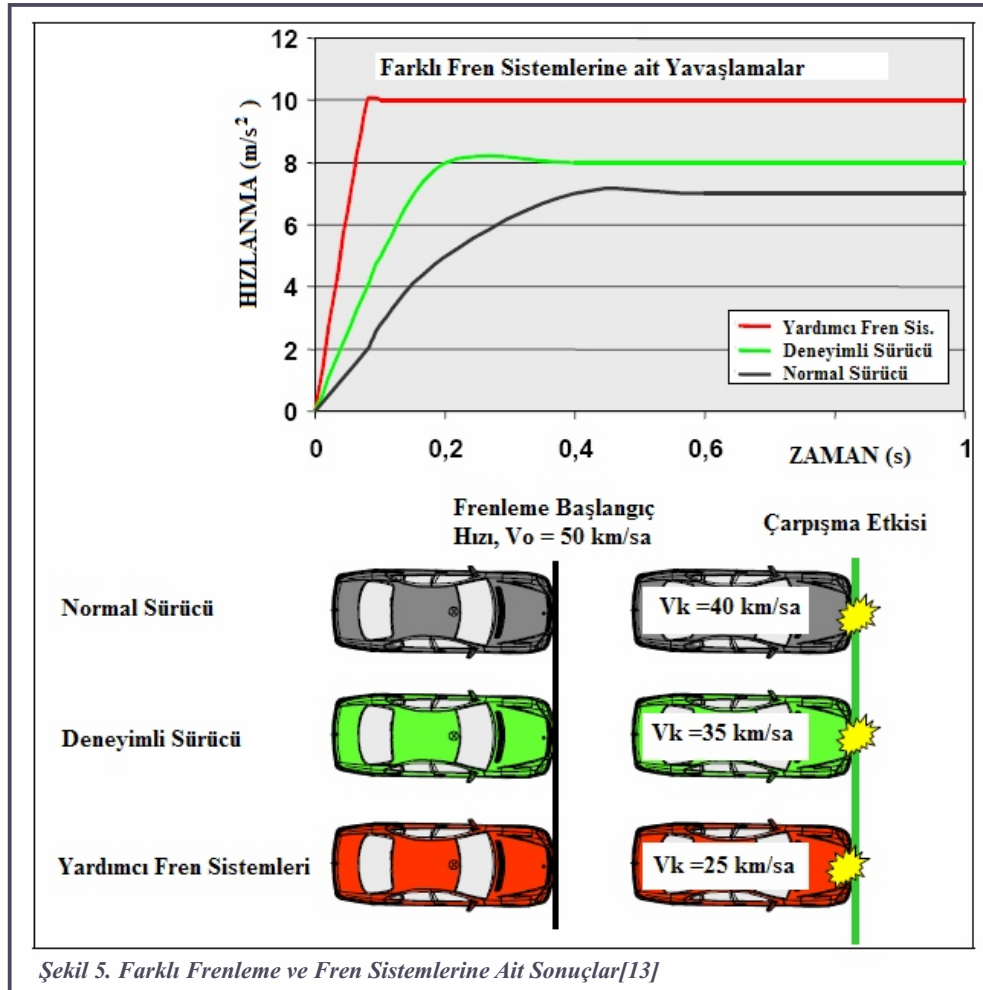
Şekil 3. Elektro-Mekanik Fren Sisteminde Kullanılan Fren Kaliperinin Elemanları[11]



Şekil 4'de Elektro-mekanik fren sistemi ve geleneksel fren sisteminin basitçe yapısı görülmektedir.

## ELEKTRONİK SİSTEMLERİN DİĞER SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Elektronik fren sistemleri, sürücüye yardımcı olması için geliştirilen birçok tamamlayıcı sistemle birlikte çalışabilmektedir. Diğer elektronik sistemler ile taşıt üzerinde bir network ağ (CAN) sistemi kurarak haberleşebilmektedir[11]. Taşıtın tüm sistemlerinden gelen bilgiyi anlık olarak değerlendiren ve frenleme parametrelerini taşıtın o anki pozisyonuna, yol şartlarına göre belirleyen yardımcı elektronik fren sistemlerdir. Elektronik fren sistemlerinin ilki olan EHF sistemi konvansiyonel fren sistemlerinden sonra kullanılacak birinci jenerasyon fren sistemi olarak görülmektedir.



İkinci jenerasyon fren sistemi ise EMF sistemi olarak kabul edilmektedir. Şekil 5'de farklı frenleme durumları ve farklı fren sistemlerine ait çarpışma etkileri ile yavaşlama-hızlanma sonuçları görülmektedir[12]. Buradan da anlaşılacağı gibi yardımcı fren sistemlerinde hızlanma ve yavaşlama(frenleme) hızı yaklaşık olarak 0,1 sn'de gerçekleşirken, deneyimli sürücülerde 0,2-0,3 sn'de, deneyimsiz(normal) sürücülerde ise 0,5 sn'de gerçekleşmektedir. Elektronik fren sistemlerinin hem hızlanma hemde yavaşlama performansını arttırmaktadır. Bu da hem taşıt güvenliğini hem de frenleme etkisini arttırarak frenleme mesafesinin kısaltılmasını sağlamaktadır.

## SONUÇ

Bu çalışmada, taşıtlardaki aktif güvenlik sistemlerinden olan elektronik fren sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalar ve sistemlerin diğer sürüş durumları ile ilgili karşılaştırmaları incelenmiştir. Bu incelemenin ışığında, elektronik yardımcı fren sistemlerinin taşıt güvenliği ve frenleme performansı açısından değerlendirildiğinde önemli bir oranda katkı sağlayacakları ortaya çıkmaktadır. Elektronik fren sistemlerinde; mekanik parça sayısının az olması, daha hafif ve daha az yer kaplayacak olması artı getiren önemli bir etkidir. Her tekerlek için ayrı bir frenleme kuvvetinin oluşturulabilmesi sağlanarak yüksek bir frenleme performansına sahiptir. Ayrıca ABS, EBD, ASR, BAS, ESP, ACC vb. gibi birçok yardımcı fren sistemiyle beraber daha güvenli bir frenleme sağlaması amaçlanmaktadır. Elektronik fren sistemleri frenleme mesafesini her durumda kısalttığı ve daha güvenli frenleme sağladığı için geleceğin sürücü yardımcı fren sistemleri olarak görülmektedir.

## KAYNAKÇA

1. Arslan, R., Sürmen, A., "Otomotiv Elektroniği" Bosch, Aktüel Basım Yayın, İstanbul, 2004.
2. Çavdar, A., Uçar, M., Gökten, A., "Kazalardaki Kusur Oranlarına Bağlı Olarak Otomobillerin Pasif güvenlik Sistemleri Bakımından Puanlanması", II. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, OTEKON'04, Sayfa 447-455, 21-23 Haziran 2004.
3. Ronald, K., Jurgen., "Automotive Electronics Handbook", 98-49492, ISBN 0-07-034453-1, McGraw-Hill, 1999.
4. Bauer, H., "Automotive Handbook", 5th Edition, Robert Bosch GmbH, Germany, 2000.
5. Çavdar, A., "Otomobillerdeki Aktif ve Pasif Güvenlik Sistemlerinin Taşıt Tasarımı ve Taşıt Güvenliği Bakımından İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 2002.
6. Anonymous, "DELPHI Automotive Systems Integrated Safety Systems", 2001.
7. Otomotiv Bilim ve Teknolojileri Topluluğu, "Elektro-Hidrolik Ve Elektro-Mekanik Fren" www.obitet.gazi.edu.tr/.
8. Continental Automotive Systems, "The Electro Mechanical Brake, The Electro Hydraulic Brake", www.conti.online.com/.
9. Freescale, "Electro-Mechanical Braking", www.freescale.com/.
10. Çavdar, A., Uçar, M., Demir, A., "Taşıtlarda Kullanılan Hız Kontrol Sistemlerinin Sürüş Güvenliği Açısından İncelenmesi", III. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, OTEKON'06, Sayfa 191-198, 26-28 Haziran 2006.
11. Çavdar, A., Uçar, M., "Mekatroniğin Taşıt Güvenliğindeki Önemi Ve Elektronik Frenlerin İncelenmesi", III. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, OTEKON'06, Sayfa 167-173, 26-28 Haziran 2006.
12. Hitachi, "Vehicle Dynamics Electric Control Systems for Safe Driving", www.hitachi.com/.
13. Marc, M, Meinecke., at all, "Strategies In Terms Of Vulnerable Road User Protection", Strategies In Terms Of Vulnerable Road User Protection D6: Strategies in Terms of VRU Protection, Systems And Services For The Citizen Project Ist-2001-34040, 1998-2002.