ÖZET

SIFIR KİLİTLENME FREN SİSTEMİ

Bu buluş, motorlu taşıtların daha güvenli ve çabuk bir duruş sağlaması için kullanılan sıfır kilitlenme fren sistemi ile ilgili olup, özelliği; hem hidrolik fren sistemlerine hem de brake-by-wire sistemlerine uygulanacak şekilde bulanık mantıktan müteşekkil bir kara kutu (10) ile optimum frenleme basıncı veya miktarını hesaplamasıdır.

İSTEMLER

1- Buluş, sıfır kilitlenme fren sistemi ile ilgili olup, özelliği; hem hidrolik fren sistemlerine hem de brake-by-wire sistemlerine uygulanacak şekilde bulanık mantıktan müteşekkil bir kara kutu (10) ile optimum frenleme basıncı veya miktarını hesaplamasıdır.

2- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; kilitlenme oranı (O) ve kalipere uygulanan basınç değerleri (b) girdi (kaliper sıkıştırma miktarı) (8 girdi), verileri sonucu aracın yavaşlamasını sağlayan, kara kutuya (10) sahip olması ile karakterize edilmesidir (Şekil-5).

3- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; %0,1 noktası ile Z noktası arasındaki fren basıncı*(1) farkını hesaplaması ile karakterize edilmesidir (Şekil-7).

4- İstem 3'e uygun kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; y ile x arasında istatistiksel olarak ortalama bir orantı belirlenmesi ve bu orantı sayesinde fren esnasında birinci adım olarak %0,1 noktasına tekabül eden basınç değerinden (kaliper sıkıştırma miktarı) y çıkarılarak Z basınç değerinin (kaliper sıkıştırma miktarı) hesaplanması ile karakterize edilmesidir (Şekil-7).

5- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; sistemin çalışması gereken optimum nokta olan Z noktasını içermesi ile karakterize edilmesidir (Şekil-7).

6- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; elde edilen "z" basınç değerinin (kaliper sıkıştırma miktarı) kontrol sistemi tarafından güncellenerek kara kutuya (10) iletilmesi ile karakterize edilmesidir.

7- İstem 6'ya uygun sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; frenleme esnasında değişen yol şartlarına göre (yüzey sürtünme değeri gibi) artıp azalan "z" değerinin sürekli olarak hesaplanarak kontrol sistemine iletilmesi ile karakterize edilmesidir.

8- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; farklı zemin koşullarında testler yapılarak eğitilen kara kutuya (10) sahip olması ile karakterize edilmesidir.

9- İstem 8'e uygun sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; çıktısı; Δz, girdileri; Δd, $\Delta\theta$, Δa, ΔV, $\Delta F1$, $\Delta F2$, $\Delta F3$, $\Delta F4$ olan kara kutuya (10) sahip olması ile karakterize edilmesidir.

10- İstem 8 veya İstem 9'a uygun sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; kara kutudan (10) elde edilen Δz değerini hesaplayan bir algoritma içermesi ile karakterize edilmesidir.

11- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; motosikletin ön tekeri için kara kutu (10) girdilerinin Δa, Δv, $\Delta\theta$, $\Delta F1$, $\Delta F2$ olması ile karakterize edilmesidir.

12- İstem 11'e uygun sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; eğim sensörü, tekerlek hız sensörü, ivme sensörü ve her iki teker için birer adet tork sensörü içeren brake-by-wire sistemine sahip olması ile karakterize edilmesidir.

13- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; passenger car (yolcu aracı) ön tekeri için kara kutu (10) girdilerinin Δa, Δv, $\Delta\theta$, $\Delta F1$, $\Delta F2$, $\Delta F3$, $\Delta F4$ olması ile karakterize edilmesidir.

14- İstem 13'e uygun sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; eğim sensörü, tekerlek hız sensörü, ivme sensörü, her dört teker için birer adet tork sensörü ve fren hidroliği basınç sensörü içeren hidrolik sistemine sahip olması ile karakterize edilmesidir.

15- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; uçak için kara kutunun (10) girdileri 2 ön, 2 sağ ve 2 sol iniş takımı bulunuyor ise tekerlerden biri için Δa, Δv, $\Delta F1$, $\Delta F2$, $\Delta F3$, $\Delta F4$, $\Delta F5$, $\Delta F6$ olması ile karakterize edilmesidir.

16- İstem 15'e uygun sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; tekerlek hız sensörü, ivme sensörü, her teker için birer adet tork sensörü ve fren hidroliği basınç sensörü(hidrolik sistemlerde) kullanılması ile karakterize edilmesidir.

17- İstem 1'de bahsedilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; tekerlek sayısı kadar kara kutuya (10) sahip olması ile karakterize edilmesidir.

TARİFNAME

SIFIR KİLİTLENME FREN SİSTEMİ

Teknolojik Alan:

Bu buluş, tekerlekli her türlü motorlu kara ve hava araçlarında daha güvenli ve çabuk bir duruş sağlaması için kullanılan sıfır kilitlenme fren sistemi ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu:

ABS (Kilitlenme Karşıtı Frenleme Sistemi), taşıt araçlarının her türlü yük durumunda bütün yol koşullarında ve çeşitli süratlerdeki zorunlu durumlarda yapılacak ani frenlemelerde tekerleklerin kilitlenmesini önleyen fren sistemidir.

ABS fren durumunda her bir tekerleğin devir sayısındaki değişikliği bir kontrol ünitesi aracılığı ile denetleyen bir sistemdir. Dönüş sayısının ani düşmesi (örneğin kaygan zeminde fren yapma durumunda) ve tekerleğin kilitlenmesi durumunda kontrol ünitesi otomatik olarak fren basıncını düşürmektedir. Tekerlek tekrar hızlanınca fren basıncını tekrar yükselterek tekerlek frenlenmektedir. Bu aşama saniyede birçok kez gerçekleşmektedir. Sağ ve sol tarafın ayrı zeminlerde olması halinde bile (örneğin sağ tekerlekler ıslak sol tekerlekler kuru zeminde) herhangi bir kilitlenme veya kayma söz konusu değildir.

ABS fren sistemi esas olarak fren esnasında tekerleklerde kilitlenme meydana geldiğinde aracın direksiyon hâkimiyetini sağlamak için kullanılır ve bunun yanında konvansiyonel frene göre fren mesafesinde bir miktar düşüş sağlamaktadır. Ancak ABS fren sistemi çakıllı veya kalın kar tabakasının bulunduğu zeminlerde direksiyon hâkimiyetini iyileştirdiği halde sağladığı fren mesafesi konvansiyonel frene göre fazladır ve bunun sebebi bilinmemektedir.

ABS fren sistemi karlı ve çakıllı zeminlerde fren mesafesini konvansiyonel frene göre azaltmak yerine artırmaktadır.

Fren esnasında 3 durum söz konusudur. Birinci durum tekerleklerin tam olarak yani %100 kilitlenmesidir. İkinci durum kısmi kilitlenmedir. ABS tekerleklerden herhangi birinde tam ya da kısmi kilitlenme meydana geldiğinde devreye girer, fren basıncında yaptığı ayarlamayla tekeri %20 kilitlemeye çalışır yani kısmi kilitlenme bölgesinde çalışmaktadır. Üçüncü durum ise frenleme esnasında tekerin serbest döndüğü ve ne tam ne de kısmi kilitlenmenin meydana gelmediği durumdur.

Şekil 1'de görüldüğü gibi kuru asfaltta kısmi kilitlenme bölgesinde tekerlek ile lastik arasındaki sürtünmenin en yüksek olduğu değer %20 kilitlenme civarındadır ve yine görüldüğü üzere ABS %20 kilitlenme bölgesinde çalıştığı için %100 direksiyon hakimiyeti sağlayamaz. Şekilde "Lateral-force coefficient"ın (Şekil-1-alttaki eğri μs ve Şekil-2 Steerability (Direksiyon hakimiyeti), %20 bölgesindeki değeri düşüktür. Şekil-2, Şekil-1'in aynısıdır. ABS sistemi %20 kısmi kilitlenmede tutmaya çalışır ancak sistem %8 ila %30 arasında salınımlar yapar. Burada ABS'nin %8-%30 kilitlenme bölgesinde çalıştığı görülebilmektedir.

TR201211488 numaralı patent başvurusunda "Bir fren mekanizması" anlatılmıştır. En temel halinde; frenleme sırasında içerisine havanın dolduğu en az bir fren körüğü, kompresörden gelen havanın fren körüğüne iletilmesini sağlayan ve hiçbir ara hava kanalı olmaksızın fren körüğüne direkt olarak bağlanan en az bir ABS valfi, ABS valfine havanın girdiği en az bir hava giriş ağzı, ABS valfinden havanın çıktığı, fren körüğü ile birebir temas halinde olan en az bir hava çıkış ağzı içeren; motorlu araçların fren sistemlerinde oluşan hava kaçaklarının önüne geçerek frenleme performansındaki kayıpları en aza indiren bir fren mekanizmasından bahsedilmiştir.

EP1872027 yayın numaralı patent başvurusunda "Tekerlek freni" anlatılmıştır. Bu buluş bir fren mahfazası içinde yönlendirilen ve bir fren balatası üzerine etki eden bir baskı pistonu, baskı pistonunu hareket ettiren bir fren uygulama aracı ve fren uygulama aracı ve baskı pistonu arasındaki kuvvet akışında fren mahfazası içinde düzenlenen bir

ayarlama elemanı içeren bir entegre ayarlama aracına sahip olan bir tekerlek freni ile ilgilidir, bahsedilen ayarlama elemanı baskı pistonuna vidalı bir şekilde bağlıdır. Bahsedilen tekerlek freni ayrıca, önceden belirlenmiş bir besleme izlendikten sonra, dönerek müteakip besleme yolunu absorbe eden veya eski haline getiren ve bunu geri dönüş hareketi sırasında ayarlama elemanına aktaran veya transfer eden bir dişli vida elemanı ile donatılmasından bahsedilmiştir.

US5730256 yayın numaralı patent başvurusunda "Mekanik anti blokaj sistemi" anlatılmıştır. EP1603781 yayın numaralı patent başvurusunda "Bir fren sistemi ve tekerlek kayma kontrolü" anlatılmıştır. US6371250 yayın numaralı patent başvurusunda "Disk fren sistemi ile ABS" anlatılmıştır. US6213564 yayın numaralı patent başvurusunda "Anti blokaj fren sistemi ve piezoelektrik ile fren aktüatörü" anlatılmıştır. US8239109 yayın numaralı patent başvurusunda "Hız sensörü çıkış milli anti lok fren sistemi" anlatılmıştır.

Sonuç olarak yukarıda bahsedilen dezavantajların üstesinden gelebilen karlı ve çakıllı zeminlerde daha kısa fren mesafesi ve %100 direksiyon hakimiyeti sağlayan yeni bir teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak her türlü zeminde kısa fren mesafesi ve %100 direksiyon hakimiyeti sağlayabilir.

Buluşun Tanımı:

Bu buluş, yukarıda bahsedilen dezavantajların üstesinden gelebilen sıfır kilitlenme fren sistemi olup, özelliği; karlı ve çakıllı zeminlerde daha kısa fren mesafesi ve daha iyi direksiyon hakimiyeti sağlayan bir sistemdir.

Buluşun fren sistemi, fren esnasında tam veya kısmi bir kilitlenme meydana geldiğinde fren basıncını derhal düşürür ve tekerlekte en ufak bir kısmi kilitlenme dahi meydana gelmeyecek şekilde uygulanabilecek optimum frenleme basıncını uygulamaktadır. Yani serbest dönme bölgesinde çalışarak aracın yavaşlama ivmesini maksimum yapacak bir frenleme basıncını uygulamaktadır. Buluş konusu ürün ile birlikte oto araçları, motosiklet ve uçaklar için kullanıcılar %100 araç hakimiyeti sağlayabilecektir.

Buluş, hem hidrolik fren sistemlerine hem de brake-by-wire sistemlerine uygulanabilen yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi yapay zeka tekniklerinin kullanılabileceği bir algoritmadır. Buluş, biri yapay sinir ağından olan ve tasarım aşamasında kullanılan diğeri nihai fren sisteminde hesaplama aracı olarak kullanılan ve bulanık mantıktan olan iki kara kutuya sahip olmaktadır.

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ile tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve bu şekillere atıflar yapılmak suretiyle yazılan detaylı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır.

Şekillerin Açıklanması:

Buluş, ilişikteki şekillere atıfta bulunularak anlatılacaktır, böylece buluşun özellikleri daha açıkça anlaşılacak ve takdir edilecektir, fakat bunun amacı buluşu bu belli düzenlemeler ile sınırlamak değildir. Tam tersine, buluşun ilişikteki istemler tarafından tanımlandığı alanı içine dahil edilebilecek bütün alternatifleri, değişiklikleri ve denkliklerinin kapsanması amaçlanmıştır. Gösterilen ayrıntılar, sadece mevcut buluşun tercih edilen düzenlemelerinin anlatımı amacıyla gösterildiği ve hem yöntemlerin şekillendirilmesinin, hem de buluşun kuralları ve kavramsal özelliklerinin en kullanışlı ve kolay anlaşılır tanımını sağlamak amacıyla sunuldukları anlaşılmalıdır. Bu çizimlerde;

Şekil 1 Kısmi kilitlenme bölgesinde kilitlenme oranına karşılık sürtünme değerlerini gösteren grafik görünümüdür.

Şekil 2 Kısmi kilitlenme bölgesinde kilitlenme oranına karşılık sürtünme değerlerini gösteren grafik görünümüdür.

Şekil 3 Araç yavaşlaması ve kalipere uygulanan basınç eğrisinin görünümüdür.

Şekil 4 Araç yavaşlaması ve kaliper sıkıştırma miktarı eğrisinin görünümüdür.

Şekil 5 Tasarımda kullanılan yapay sinir ağı kara kutunun eğitim esnasındaki görünümüdür.

Şekil 6 Tasarımda kullanılan yapay sinir ağı kara kutunun Şekil-3 ve Şekil-4'teki eğrilerin elde edildiği görünümüdür.

Şekil 7 Fren sisteminin çalışma aralığının grafik görünümüdür.

Şekil 8 Basit anlamda bir kontrol sisteminin şematik görünümüdür.

Şekil 9 Sistemin çalışmasının grafik görünümüdür.

Şekil 10 Araç üzerinde oluşan kuvvet ve momentlerin görünümüdür.

Şekil 11 Frenleme torku ve zeminin tekere uyguladığı yuvarlanma direncinin şematik görünümüdür.

Şekil 12 Bulanık mantık ile oluşturulmuş kara kutudaki delta girdi ve çıktıların grafik görünümüdür.

Bu buluşun anlaşılmasına yardımcı olacak şekiller ekli resimde belirtildiği gibi numaralandırılmış olup isimleri ile beraber aşağıda verilmiştir.

Referansların Açıklanması:

10. Kara kutu

O. Kilitlenme oranı

b. Kalipere uygulanan basınç

F_1. Zeminin tekere uyguladığı yuvarlanma direnci

T_{b1}. Tekerlekte oluşan frenleme torku

r. Kaliper efektif yarıçapı

R. Tekerlek yarıçapı

T. Yokuş eğim açısı

Buluşun Açıklanması:

Buluş, hem hidrolik fren sistemlerine hem de brake-by-wire sistemlerine uygulanacak şekilde bulanık mantıktan müteşekkil bir kara kutu (10) ile optimum frenleme basıncı veya miktarını hesaplamaktadır.

Buluş, kilitlenme oranı (O) ve kalipere uygulanan basınç değerleri (b) girdi (kaliper sıkıştırma miktarı) (8 girdi), verileri sonucu aracın yavaşlamasını sağlayan, kara kutuya (10) sahip olmaktadır (Şekil-5). Buluş, %0,1 noktası ile Z noktası arasındaki fren basıncı*(1) farkını hesaplamaktadır (Şekil-7). Bu hesaplama ile y ile x arasında istatistiksel olarak ortalama bir orantı belirlenmekte ve bu orantı sayesinde fren esnasında birinci adım olarak %0,1 noktasına tekabül eden basınç değerinden (kaliper sıkıştırma miktarı) y çıkarılarak Z basınç değerinin (kaliper sıkıştırma miktarı) hesaplanmaktadır (Şekil-7).

Buluş, sistemin çalışması gereken optimum nokta olan Z noktasını içermektedir (Şekil-7). Buluş, elde edilen "z" basınç değerinin (kaliper sıkıştırma miktarı) kontrol sistemi tarafından güncellenerek kara kutuya (10) iletilmektedir. Frenleme esnasında değişen yol şartlarına göre (yüzey sürtünme değeri gibi) artıp azalan "z" değeri sürekli olarak hesaplanarak kontrol sistemine iletilmektedir. Buluş, farklı zemin koşullarında testler yapılarak eğitilen kara kutuya (10) sahiptir. Buluş konusu üründe, çıktısı; Δz, girdileri; Δd, $\Delta \theta$, Δa, ΔV, $\Delta F1$, $\Delta F2$, $\Delta F3$, $\Delta F4$ olan bir kara kutu (10) bulunmaktadır. Buluş, kara kutudan (10) elde edilen Δz değerini hesaplayan bir algoritma içermektedir.

Buluş konusu üründe, motosikletin ön tekeri için kara kutu (10) girdilerinin Δa, Δv, $\Delta \theta$, $\Delta F1$, $\Delta F2$ olmaktadır. Buluş, eğim sensörü, tekerlek hız sensörü, ivme sensörü ve her iki teker için birer adet tork sensörü içeren brake-by-wire sistemine sahip olmaktadır.

Buluş konusu üründe, passenger car (yolcu aracı) ön tekeri için kara kutu (10) girdilerinin Δa, Δv, $\Delta \theta$, $\Delta F1$, $\Delta F2$, $\Delta F3$, $\Delta F4$ olmaktadır. Eğim sensörü, tekerlek hız sensörü, ivme sensörü, her dört teker için birer adet tork sensörü ve fren hidroliği basınç sensörü içeren bir hidrolik sistemi bulunmaktadır.

Buluş konusu üründe, uçak için kara kutunun (10) girdileri 2 ön, 2 sağ ve 2 sol iniş takımı bulunuyor ise tekerlerden biri için Δa, Δv, $\Delta F1$, $\Delta F2$, $\Delta F3$, $\Delta F4$, $\Delta F5$, $\Delta F6$ olmaktadır. Tekerlek hız sensörü, ivme sensörü, her teker için birer adet tork sensörü ve fren hidroliği basınç sensörü kullanılmaktadır. Buluş, tekerlek sayısı kadar kara kutuya (10) sahip olmaktadır.

Buluşun Detaylı Açıklanması:

Şekil 3 ve Şekil 4'teki grafikler hayalidir ve yapılacak testler sonucunda elde edilebilir. Her iki grafik de fren karakteristik eğrisidir ve birbirinin aynıdır. SKFS fren sistemi hem hidrolik fren sistemlerine hem de "brake-by-wire" sistemlere uygulanabilmektedir. SKFS bir algoritma olmaktadır. Şekil 3 hidrolik fren sistemleri için olup Şekil 4 ise brake-by-wire sistemler içindir. Grafikleri çizmedeki amaç iki optimum noktası arasındaki farkı hidrolik sistemlerde basınç cinsinden, brake-by-wire sistemler içinse kaliper sıkıştırma miktarı cinsinden yaklaşık olarak hesaplamaktır. Kaliper sıkıştırma miktarı (ksm) fren kaliperinin mikron cinsinden hareketi veya kaliperde kullanılan servo motorun tur bilgisi cinsinden olabilir; bu üreticinin tercihine kalmıştır.

Aşağıda SKFS fren sisteminin prensipleri hidrolik fren sistemleri için anlatılmıştır. Ancak aynı anlatımlar brake-by-wire sistemler için de geçerlidir tek farkla kalipere uygulanan basınç (b) yerine kaliper sıkıştırma miktarı göz önüne alınmaktadır.

Grafiklerdeki eğriyi türetebilmek için bir dizi test gereklidir bu testlerde test amaçlı kullanılan bir araca ani fren yaptırılır ve tekerleklere uygulanan frenleme basıncı (brake-by-wire sistemlerde kaliper sıkıştırma miktarı) birbirinden bağımsız olarak artırılıp azaltılır. Bu şekilde her tekerin 3 bölgeye girip çıkması sağlanır. Test sırasında araç yavaşlaması ("a"-ivme), kilitlenme oranı (O) ve kalipere uygulanan basınç değerleri (b) (kaliper sıkıştırma miktarı) ölçülür.

Kilitlenme oranı (O) ve kalipere uygulanan basınç değerleri (b) girdi (kaliper sıkıştırma miktarı) (8 girdi), araç yavaşlaması çıktı (tek çıktı) olarak şekil 5'te olduğu gibi bir kara kutuya (10) verilir ve kara kutu (10) bu verilerle eğitilir. Kara kutunun (10) yapay sinir ağı olması daha iyidir çünkü yapay sinir ağlarının genelleştirme yetenekleri daha iyidir. Eğitilen kara kutuya (10) şekil 6'daki gibi her girdi takımında dört tekerin fren basınç değerleri (kaliper sıkıştırma miktarı) aynı olacak şekilde ve yine dört tekerin kilitlenme oranları (O) aynı olacak şekilde kilitlenme oranı (O) ve basınç değerleri (kaliper

sıkıştırma miktarı) girdi olarak girilir; oluşan çıktılara göre yukarıdaki grafik çizilmektedir. Şekil-5'teki grafikte;

O:kilitlenme oranı, b:kalipere uygulanan basınç (brake-by-wire sistemlerde kaliper sıkıştırma miktarı),

indis'i':1-ön, 2-arka, indis'j': 1-sağ, 2-sol, indis'k':sıra şeklindedir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi ABS'nin çalıştığı optimum noktası gerisinde; yani serbest dönme bölgesindeki optimum noktasında fren sistemini çalıştırarak daha iyi frenleme sağlanabilir. Çünkü karlı zeminde vites küçülterek yavaşlamak ABS ile yavaşlamaya oranla daha kısa fren mesafesi sağlamaktadır ve vites küçülterek yavaşlama sırasında tekerleklerde bir kilitlenme meydana gelmemektedir. Grafikte kilitlenme oranı (O) ve fren kaliperine uygulanan basınç değeri (kaliper sıkıştırma miktarı) aynı eksende gösterilmiştir çünkü bu ikisi birbiri ile kısmen orantılıdır.

Şekil 7'de ABS çalışma aralığının %8 ila %30 olduğu görülüyor. %0,1 noktası kısmi kilitlenmenin başladığı noktadır. Z noktası ise SKFS'nin çalışması gereken optimum noktadır. Fren esnasında tekerlekte kilitlenme meydana geldiğinde %20 kilitlenme ve %0,1 kilitlenme anlarında kaliperdeki basınç (kaliper sıkıştırma miktarı)ölçülür. İki nokta arasındaki basınç (kaliper sıkıştırma miktarı) farkı x'tir. Tasarım aşamasında yapılan testlerde %0,1 noktası ile Z noktası arasındaki fren basıncı*(1) farkı yani y ile x arasında istatistiksel olarak ortalama bir orantı belirlenir. Bu orantı sayesinde fren esnasında birinci adım olarak; x'ten y hesaplanır, Z noktasının yerini belirlemek için %0,1 noktasına tekabül eden basınç değerinden (kaliper sıkıştırma miktarı)y çıkarılır ve Z basınç değeri (kaliper sıkıştırma miktarı) bu şekilde hesaplanarak uygulanmak üzere kontrol sistemine iletilir. Şekil 8'de basit bir kontrol sistemi görülmektedir, şekilde yer alan Reference değeri olarak z basınç değeri (kaliper sıkıştırma miktarı) kontrol sistemine sürekli güncellenerek verilir. "z" basınç değeri (kaliper sıkıştırma miktarı) fren esnasında sürekli değişecektir. Şekil 9'da görüldüğü gibi değişen şartlara göre (yüzey sürtünme değeri gibi) eğri sağa-sola yukarı-aşağı kayar ve z değeri artıp azalır. Fren esnasında ikinci adım olarak z değerindeki artıp azalma miktarı, oluşturulacak bir bulanık çıkarım sistemi ile hesaplanır (Şekil 12). Fren esnasında çok kısa zaman aralıkları ile bu işlem tekrarlanır ve hesaplanan z değerleri uygulanmak üzere kontrol

sistemine iletilir. Birinci adım bir kere uygulandıktan sonra ikinci adım sürekli tekrarlanır ancak her tekrarla birlikte hesaplamada doğruluk azalacağından her bir saniyede bir birinci adımı uygulamak gerekebilir.

Bunun için frenleme basıncı artırılır taki tekerlek kısmi kilitlenme bölgesine girene kadar. Tekerlekte %0,1 kilitlenme meydana geldiği anda basınç azaltılır ve tekerlek tekrar serbest dönme bölgesine sokulur. Bu arada %0,1 kilitlenmeye tekabül eden frenleme basıncı not edilir ve birinci adım uygulanır. Ardından tekrar ikinci adım tekrarlanmaya başlanır.

Fiziksel bağıntılar:

Örnek olarak M ağırlığında bir aracın Teta "θ" eğiminde bir yolda yokuş aşağı ilerlerken ani fren yaptığını göz önüne alalım.

Aşağıda şekil 10'da frenleme esnasında araç üzerine etkiyen kuvvetler görülmektedir. Şekil 11'de ise tekerlekte oluşan kuvvet ve momentler görülmektedir.

Tb1 : 1.Tekerlekte oluşan frenleme torku $Tb1 = f(z, d)$

Tb1 , kalipere uygulanan z hidrolik basıncı ile motor devrinin bir fonksiyonudur. Frenleme esnasında sadece kaliper tarafından frenleme uygulanmamaktadır ayrıca motor ve aktarma organlarında da meydana gelen sürtünmelerden dolayı da bir frenleme kuvveti oluşmaktadır.

$z = g(Tb1, d)$ şeklinde de ifade edilebilir. Ancak bu formül araçtan araca değişir ve tesbit etmek zordur.

$T\sum$: Tekerlekte oluşan net tork [Nm] $T\sum = I \cdot \alpha$

Fnet : Araçta oluşan net kuvvet [N] $Fnet = M \cdot a$

α : Tekerin açısal ivmesi, a : Aracın ivmesi $a = \alpha \cdot R$

$\alpha 1 = \alpha 2 = \alpha 3 = \alpha 4 = \alpha$ Tüm tekerleklerin aynı durumda olduğu yani aynı açısal ivmeye sahip olduğu varsayılsın.

Fv , aerodinamik sürtünme kuvveti.

I : Tekerin (lastik+jant) açısal momentumu.

Şekil 11'den $T\sum = I \cdot \alpha$

$T\sum = F1 \cdot R - Tb1 = I \cdot \alpha$

Şekil 10'dan $Fnet = M \cdot a = M \cdot g \cdot \sin(\theta) - Fv - (F1 + F2 + F3 + F4)$

$$a = \frac{M \cdot g \cdot \sin(\theta) - Fv - (F1 + F2 + F3 + F4)}{M}$$

$T_{b1} = F1 \cdot R - I \cdot \alpha$ $\qquad a = \alpha \cdot R$

$$T_{b1} = F1 \cdot R - I \cdot \left[\left(\frac{M \cdot g \cdot \sin(\theta) - Fv - (F1 + F2 + F3 + F4)}{M} \right) / R \right]$$

Yukarıdaki eşitlikten Tb1'in M,I, g, θ, V, R, F1, F2, F3, F4 büyüklüklerine bağlı olduğu görülür. Bunlardan R ve I büyüklükleri fren esnasında değişmez. Ağırlık M değişkeninin ise fren esnasında değişen ivme ile tekerlekler arasında dağılımı değişecektir. Dolayısı ile M'i fonksiyonumuzda ivme a temsil edebilir çünkü fren esnasında tekerleğe binen ağırlık ivmeye bağlı olarak değişir. Aerodinamik kuvvet-Fv'yi ise araç hızı V temsil edebilir. S adında bir fonksiyon tanımlarsak;

$\Delta Tb1 = S(\Delta\theta, \Delta V, \Delta a, \Delta F1, \Delta F2, \Delta F3, \Delta F4)$

$\Delta z = g(\Delta Tb1, \Delta d)$

$\Delta z = h(\Delta d, \Delta\theta, \Delta V, \Delta a, \Delta F1, \Delta F2, \Delta F3, \Delta F4)$

"h" fonksiyonunu temsilen bulanık çıkarım sistemi ile bir kara kutu (10) oluşturulur ve test aracı ile farklı zemin koşullarında testler yapılarak bu kara kutu (10) eğitilir. Kara kutunun (10) çıktısı Δz ; girdileri ise Δd, $\Delta\theta$, Δa, ΔV, $\Delta F1$, $\Delta F2$, $\Delta F3$, $\Delta F4$ 'tür.

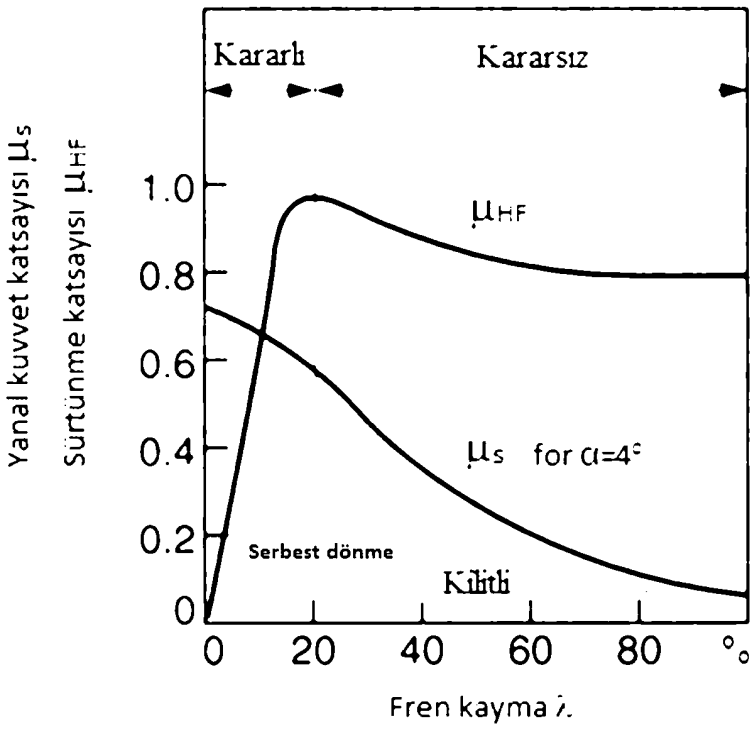
Tasarım aşamasında yapılacak testler ile kara kutuya (10) fren esnasında ölçülen girdilerin deltaları girilir ve Δz değerleri ölçülerek kara kutu (10) eğitilir. Nihai bir SKFS fren sisteminde ise kara kutuya (10) girdiler girilerek elde edilen Δz değeri

hesaplanarak algoritmanın 2.adımı uygulanır ve yeni z değeri fren sisteminin kontrol sistemine verilir.

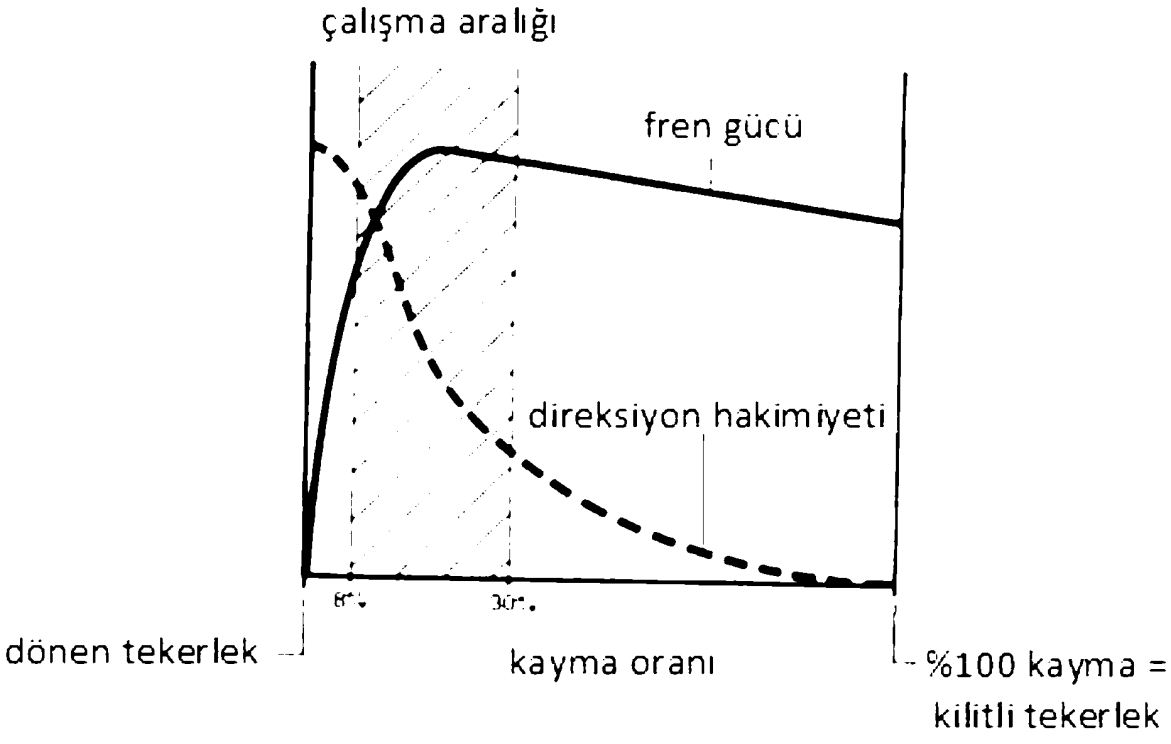
Eğitilen kara kutu o tekere özeldir, sadece o teker için kullanılabilir. Fren sisteminde ΔF1, ΔF2, ΔF3, ΔF4 değerlerini ölçebilmek için dört tekerleğe tork sensörü monte etmek gerekmektedir. Tork sensörlerinin frenleme torkunu ve "Rolling resistance" yani yuvarlanma direncini ölçen çeşitleri vardır. Burada kullanılması gereken yuvarlanma direncini ölçen tork sensörüdür. Sistemde ayrıca z değerini ölçmek için kaliper fren hidroliği basınç sensörü*(2), yol eğimini ölçmek için ivme kompenzasyonlu eğim sensörü, ivme sensörü, motor devir sensörü ve doğal olarak hız bilgisi için tekerlek devir sensörü kullanmak gerekir.

Çekiş görevi olmayan tekerleklerin fren basıncı*(1) hesabında kara kutuda (10) girdi olarak devir bilgisi yer almaz.Farklı motorlu taşıtlarda yöntem aynı olmakla birlikte kullanılan kara kutu (10) girdileri tekerin çekiş görevi olup olmamasına ve taşıttaki teker sayısına göre değişir. Örneğin motosikletin ön tekeri için kara kutu (10) girdileri Δa, Δv, Δθ, ΔF1, ΔF2 şeklindedir ve kullanılan sensörler eğer sistem brake-by-wire ise; eğim sensörü, tekerlek hız sensörü, ivme sensörü ve her iki teker için birer adet tork sensörüdür. Sistem hidrolikse bu sensörlere fren hidroliği basınç sensörü de eklenir.

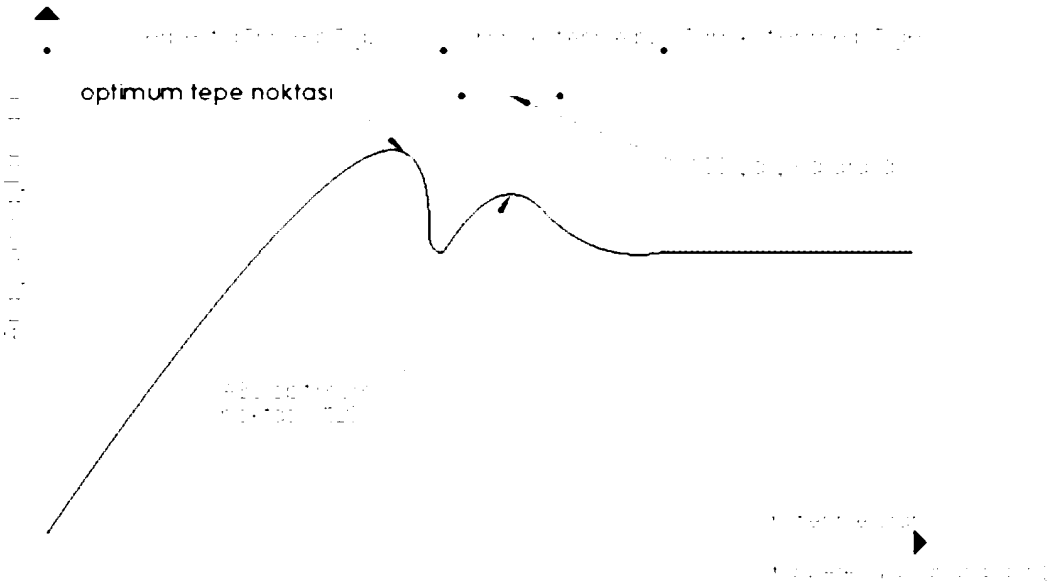
Yine örneğin bir uçakta ise eğer 2 ön, 2 sağ ve 2 sol iniş takımı bulunuyorsa tekerlerden biri için kara kutunun (10) girdileri Δa, Δv, ΔF1, ΔF2, ΔF3, ΔF4, ΔF5, ΔF6 şeklindedir ve devir sensörüne ve pist eğimsiz olduğu için eğim sensörüne gerek yoktur.


Kararlı
Kararsız
Yanal kuvvet katsayısı μs
Sürtünme katsayısı μHF
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
μHF
μs for α=4°
Serbest dönme
Kilitli
0
20
40
60
80
%
Fren kayma λ.

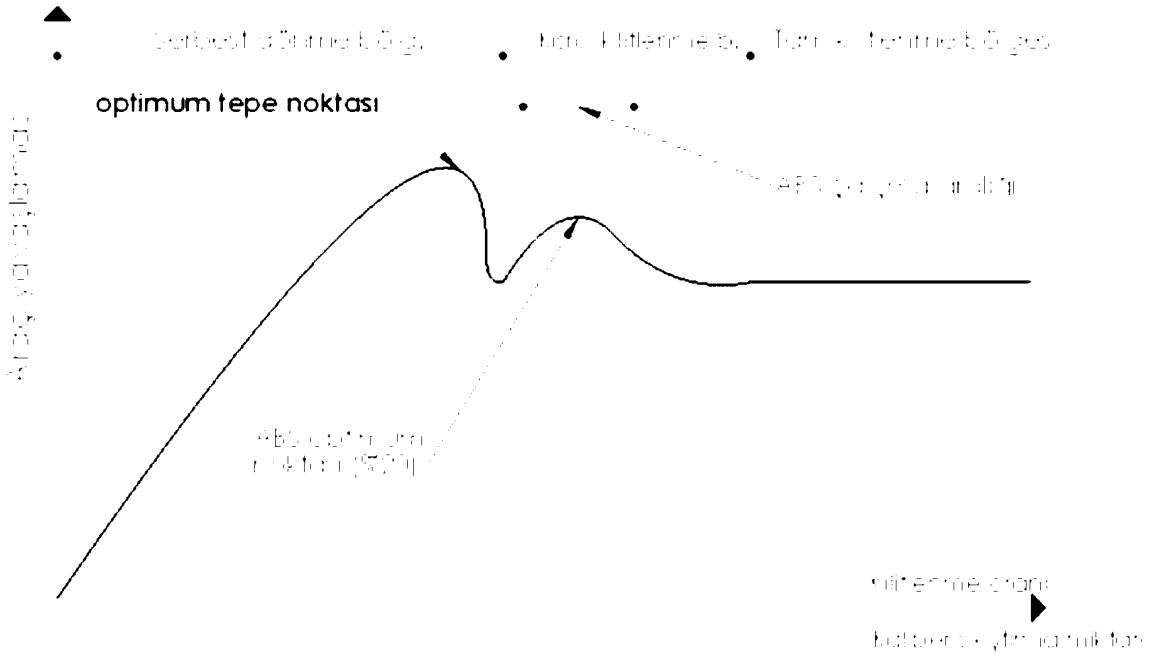
Şekil-1


çalışma aralığı
fren gücü
direksiyon hakimiyeti
dönen tekerlek
kayma oranı
%100 kayma =
kilitli tekerlek

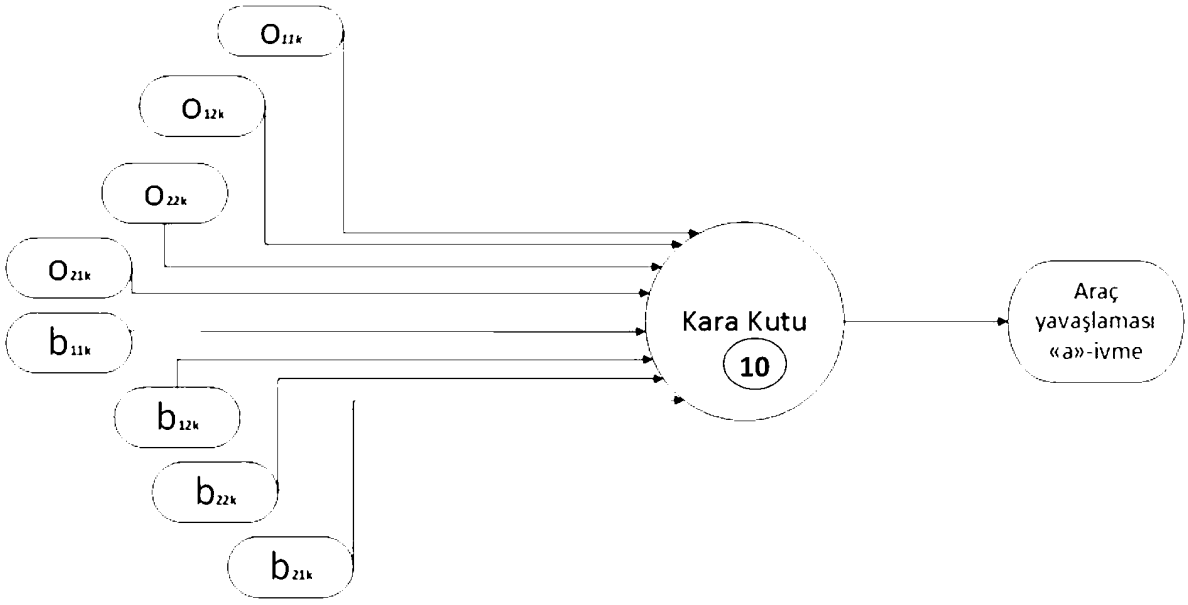
Şekil-2



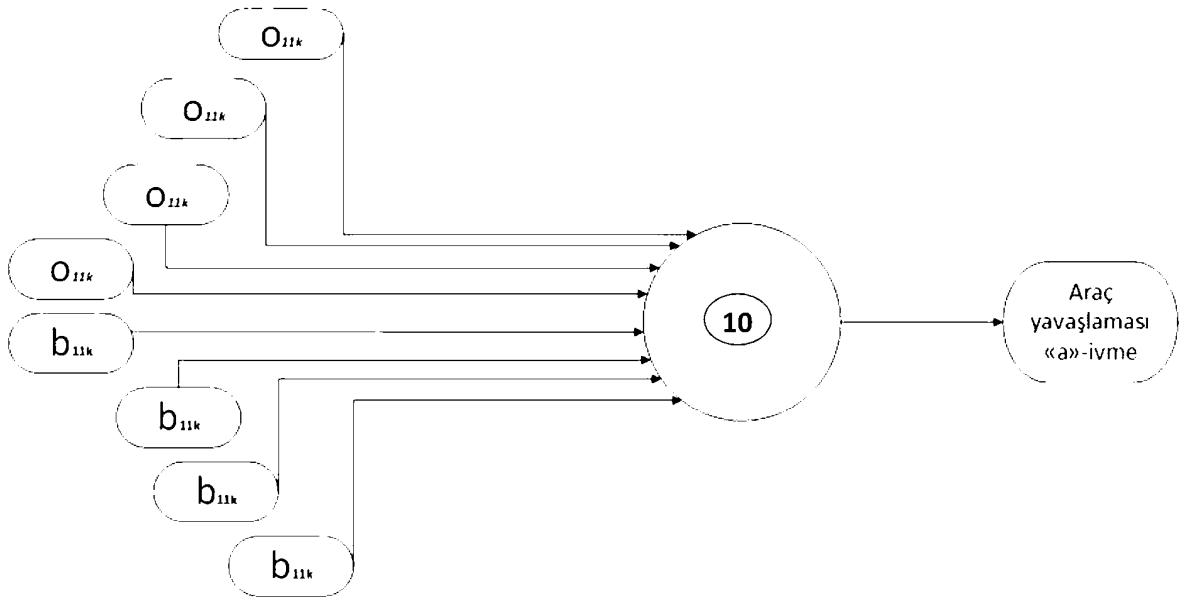
Şekil-3



Şekil-4


O11k
O12k
O22k
O21k
b11k
b12k
b22k
b21k
Kara Kutu
10
Araç
yavaşlaması
«a»-ivme

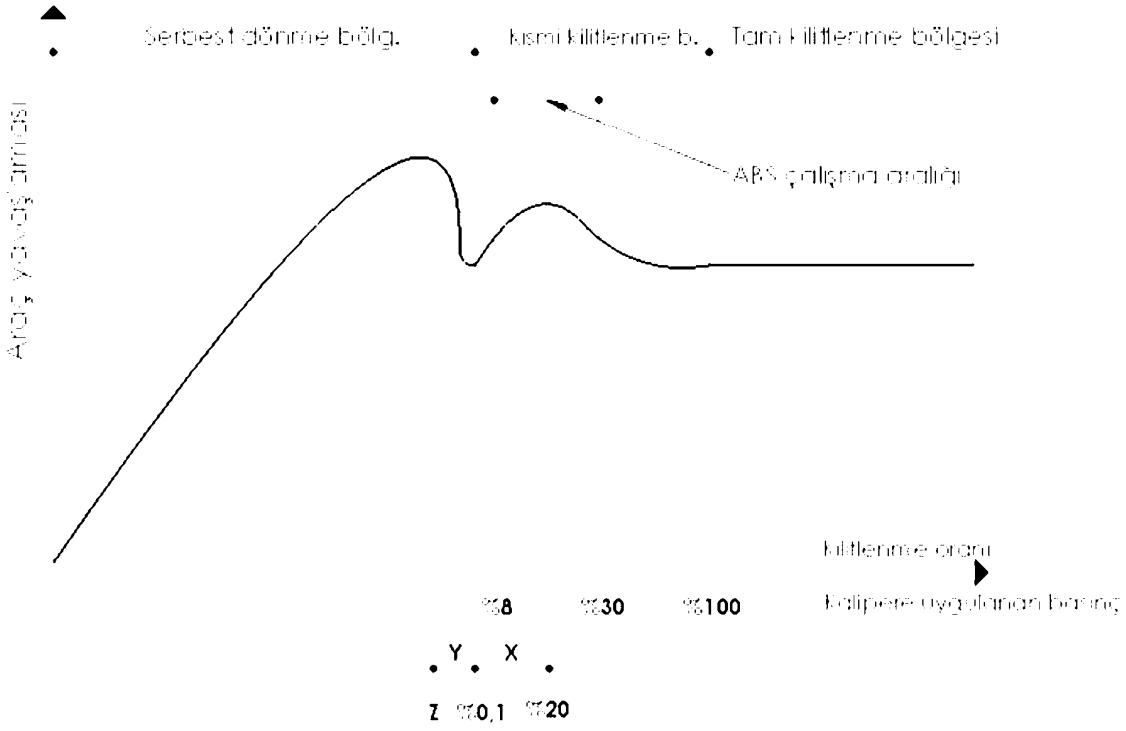
Şekil-5



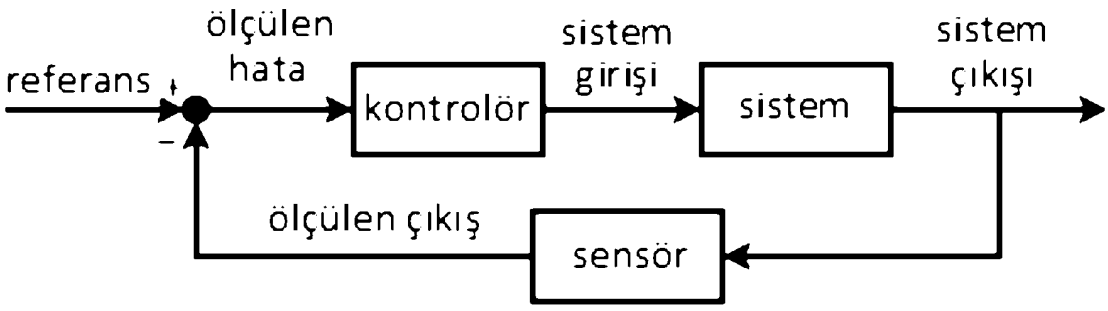
$$O_{11k}=O_{12k}=O_{21k}=O_{22k}$$

$$b_{11k}=b_{12k}=b_{21k}=b_{22k}$$

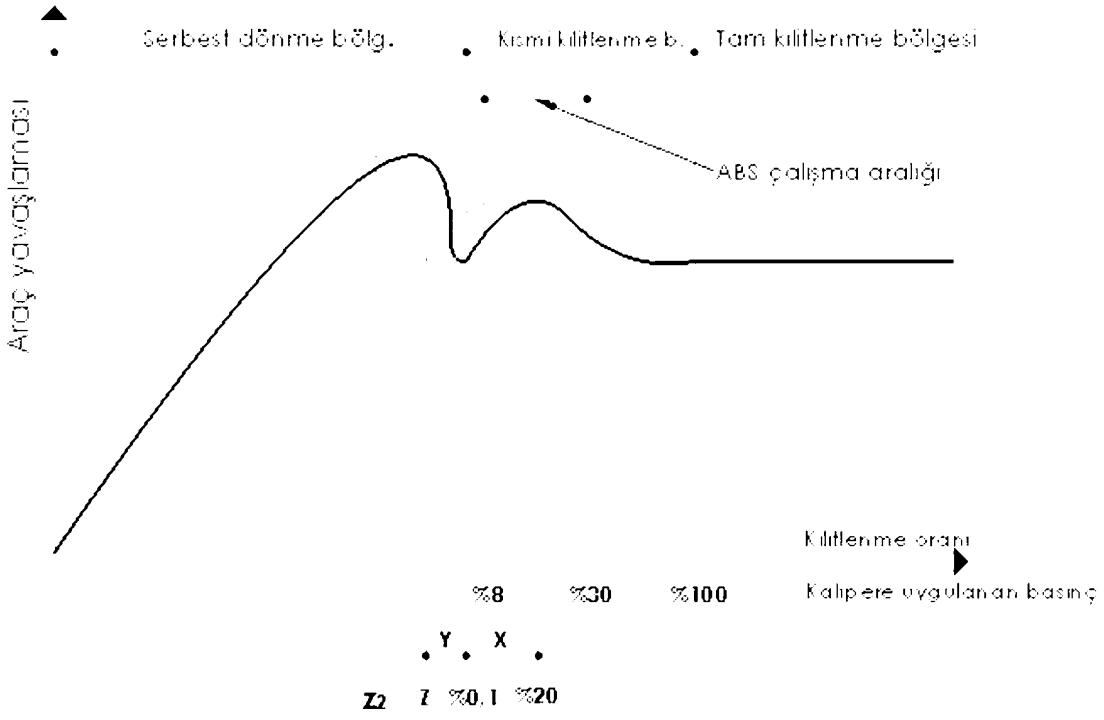
Şekil-6


Serbest dönme bölg.
Kısmi kilitlenme b.
Tam kilitlenme bölgesi
ABS çalışma aralığı
Kilitlenme oranı
%8
%30
%100
Kalıpsere uygulanan basınç
Y
X
Z
%0,1
%20

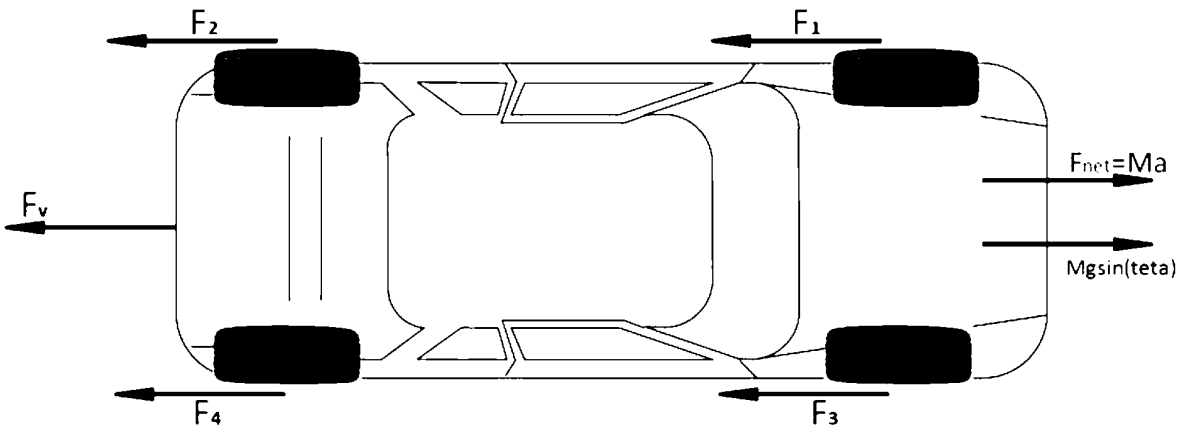
Şekil-7


referans
ölçülen
hata
kontrolör
sistem
girişi
sistem
sistem
çıkışı
ölçülen çıkış
sensör

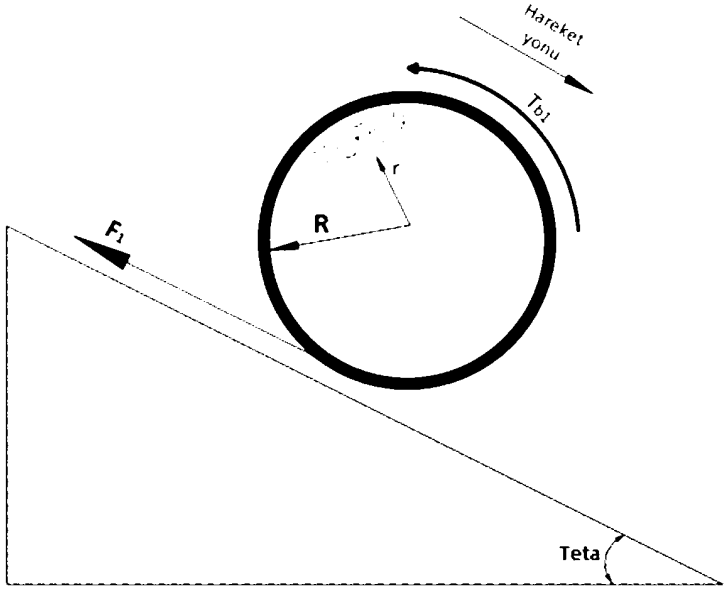
Şekil-8


Serbest dönme bölg.
Kısmi kilitlenme b.
Tam kilitlenme bölgesi
ABS çalışma aralığı
Araç yavaşlaması
Kilitlenme oranı
%8
%30
%100
Kalıpere uygulanan basınç
Y
X
Z2
Z
%0,1
%20

Şekil-9

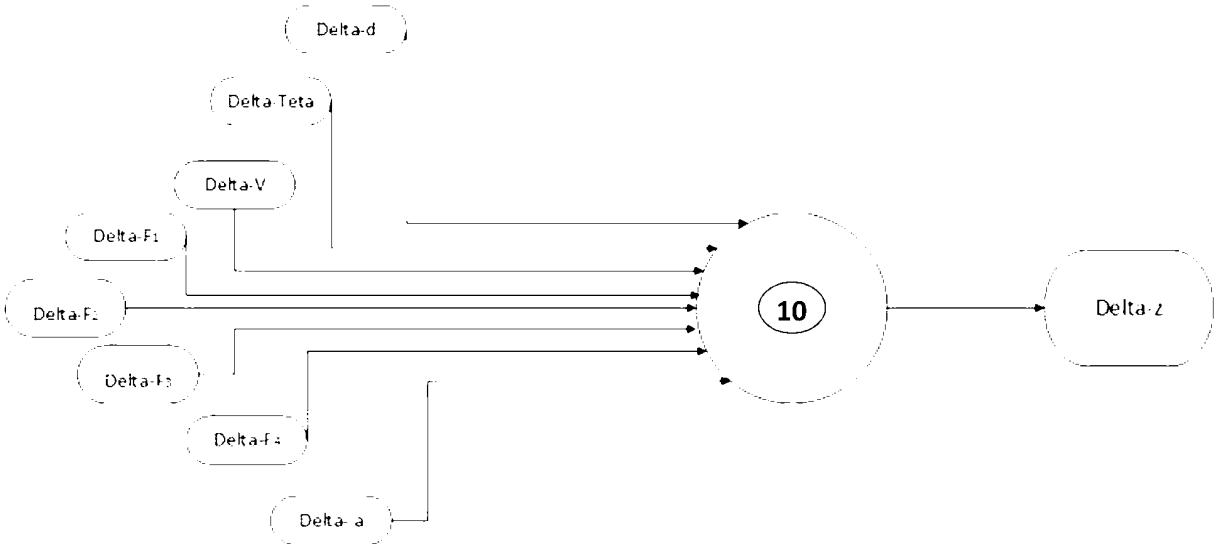


Şekil-10



F1: Zeminın tekere uyguladığı yuvarlanma direnci.
Tb1: Tekerlekte oluşan frenleme torku.
r: kaliper efektif yarıçapı.
R: Tekerlek yarıçapı.
Teta: Yokuş eğim açısı.

Şekil-11


Delta-d
Delta-Teta
Delta-V
Delta-F1
Delta-F2
Delta-F3
Delta-F4
Delta- a
10
Delta-z

Şekil-12