

TA İYICI-YÜKLEYİCİ BİR MAKİNESİN FRANS YEL DİLLİ KUTUSU TASARIMI

Tuncay KAZAR¹, Cihan ASAL², Hakan Serhad SOYHAN^{3,4}, Vedat DEMİRTAS⁵

¹HEMA Research and Development Center, İstanbul, Turkey; email: tuncaykazan@hattat.com.tr

²HEMA Research and Development Center, İstanbul, Turkey; email: cihanasal@hattat.com.tr

³Department of Mechanical Engineering, Sakarya University, Sakarya, Turkey; email: hsoyhan@sakarya.edu.tr

⁴TEAM-SAN Co., Sakarya, Turkey

⁵Institute of Natural Sciences, Sakarya University, Sakarya, Turkey; email: vedaddemirtas@gmail.com

Özet

Tekerlekler ne kadar tork uygulanabileceğini belirleyen iki faktör vardır. Bunlar, donanım ve çeki gücüdür. Kuru yolda çeki gücü yüksektir. Tekerlekler üzerine uygulanan tork miktarı, motor ve vites tarafından sınırlanır. Buzda sürüş gibi düşük çeki gücü durumlarında, tork miktarı, tekerleklerin bu koşullarda kayması nedeniyle olmayacak en büyük miktarla sınırlanır. Daha fazla tork üretebilmesine rağmen, bu torku yere aktarmak için yeterli çeki gücüne ihtiyaç vardır. Maksimum tork miktarı, tekerleklerin bulunduğu koşullarda kayması nedeniyle olmayacak en büyük miktarla sınırlanır. Bu problemlerin çözümü için sınırlı kaymalı, diferansiyel (LSD) ve kilitleli diferansiyel sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Taş, yükleyici (Backhoe Loader) bir makinesi için LSD sistemi ve multidisk diferansiyel kilitleme sistemi tasarlanıp incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Diferansiyel, Dişli kutusu, LSD, Çok diskli diferansiyel kilitleme sistemi

DESIGN OF A DIFFERENTIAL GEAR BOX FOR THE BACKHOE LOADERS

Abstract

There are two factors that determine how much torque can be applied to the wheels. These are hardware and traction. Traction is high on dry road. The amount of torque applied to the wheels is limited by the motor and the transmission. In the low-traction situations such as driving on ice, the amount of torque is limited by the largest amount which will not cause slipping of the wheel under these conditions. Although the vehicle can generate more torque, adequate traction is needed to transfer this torque to the ground. The maximum amount of torque is limited by the largest amount which will not cause the wheels to slip. Limited slip differential (LSD) and locked differential systems have been developed to solve these problems. In this study, LSD and multidisc differential locking system were designed and investigated for Backhoe Loader.

Keywords: Differential, Gear box, LSD and Multidisc differential locking system.

1. GİRİŞ

Yanal sapma kontrol sistemleri günümüzde otomotiv endüstrisinde sık kullanılmaya başlanmıştır. Üretim amaçlı olan bu sistemlerin büyük kısmı, her bir tekerlekteki farklı fren müdahaleleriyle araç dengesini koruyacak yanal sapma momentlerini geliştiren elektronik denge kontrol sistemleridir. Güvenlik açısından bu yöntemler oldukça etkindir ve özel araçlarda standart olarak kullanılmaktadır. Ancak, yanal sapma kontrol sistemlerinin gelecek nesli için özel araç üreticilerinin odak noktası, sadece güvenli hale getirmek değil, sürüş keyfini de sağlamaktır. Frene dayalı sistemler ani ivme kaybı ve araç hızında azalmaya neden olurken sürüş keyfi açısından elverişli değildir [1-4].

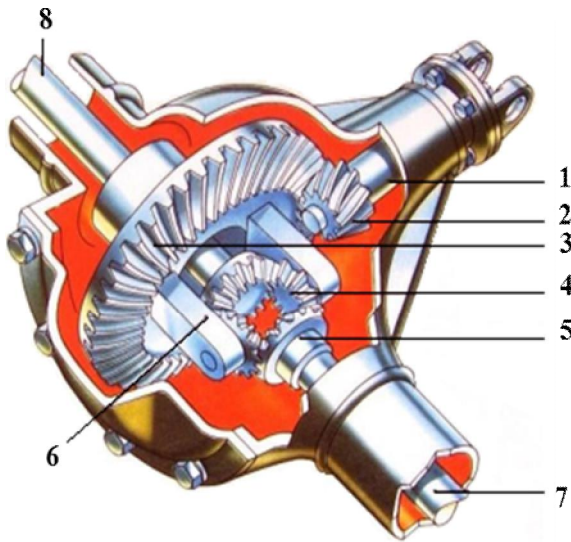
Fren bazlı sistemlerin olumsuzlukları, barındıran dengede artı ve araç kontrolünü sağlayan alternatif sistemler üzerinde düşünülmektedir. Sürüş esnasındaki tork dağılımı, bir aks vasıtasıyla sağlayan aktif diferansiyeller buna

bir örnek olmaktadır. Bu aygıtlar, geleneksel anlamda arazi araçları veya yüksek performanslı araçlar için çeki gücünü artırarak, aygıtlar olarak düşünülmü ve bu alandaki özellikleri araştırılmı, tır. Fren bazlı sistemlere oranla, araç kontrolü ve dengesinde çok daha önemli gelişmeler olmaktadır [4-7].

Literatürde birçok sınırlı kayma yapabilen diferansiyel sistemi (LSD) örneği bulunmaktadır [7-9]. LSD için ayarlanabilir özellikli, torku her zaman daha yavaş olan tekerleğe aktarmasındır. Bu yüzden genel amaçlı LSD için negatif özelliklerini elimine ederek, pozitif özelliklerini geliştiren bir sistem üretmektir. Aktif diferansiyellerdeki gelişim ise tork aktarımının hem büyüklüğünün hem de yönünün kontrol edilmesini sağlar. Bu gelişim, sonuçta ortaya çıkan yanal sapma momentinin yönünün kontrol edilmesini sağlar ve kontrollü tork transferi sağlayan aktif yanal sapma kontrol momentinin gelişimine yol

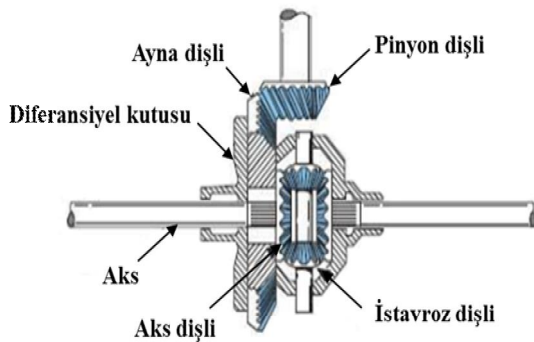
açar. Bu tarz sistemlerin yetenekleri ile ilgili detaylar henüz yeterli değildir [4,5,10].

Motorlardan aktarma organları, vasıtasıyla iletilen güç, tahrik tekerleklerinin her ikisini de döndürebilir. Tekerleklerin dönebilmeleri için bu gücün dağıtılması, gereklidir. Gücü tekerlekten tekerleğe aktaran ve dönüşlerdeki hareket farklılaştırarak sağlayan düzene diferansiyel diğeri kutusu adı verilir [5,10-11]. Diferansiyel araçların performansına, yol tutuşuna ve bazı özel durumlara göre tasarlanırlar. İhtiyaçlar için farklı diferansiyel çeşitleri kullanılmaktadır. Prensipinde tümünün işlevi aynıdır. Bu çalışmada, sürtünmeli, kayma yapabilen diferansiyeller (LSD) üzerine araştırmalar yapılmıştır [4,12].



ekil 1. Diferansiyel diğeri kutusunun parçaları, [12]

Kardan milinin tarafından aktarılan krank milinin dönme devri, gücün pinion dişinden ayna dişine aktarılması, esnasında azaltılır. Buna karşın aktarılan tork deşeri yükselir ve anlık olarak hareket yönü 90 derece deşeritilir [12-15]. ekil 2'de gösterildiği gibi iki istavroz dişli ve iki aks dişli, ayna dişli ile beraber diferansiyel gövdesi içinde bulunurlar.



ekil 2. Diferansiyel dişlilerin adlandırılması, [12]
Diferansiyel gövdesi döndüğünde zaman zaman, istavroz dişli milinin yardımıyla diferansiyel gövdesine tutturulmu

2. DİFERANSİYEL DİĞERİ KUTUSU

2.1 Diferansiyel Diğeri Kutusunun Yapısı ve Çalışması

Hızla gelişen Otomotiv Endüstrisinin temel ihtiyaçlarından biri olan diferansiyel diğeri kutusu sistemleri, tekerlekli araçlarda kullanılan aktarma sistemlerinden birini oluşturmaktadır. Motor tarafından üretilen gücün; araç tahrik edilebilmesi için, tahrik türüne göre önden, arkadan ya da dört tekerden tahrik sistemlerine bağlı olarak tahrik tekerlerine kadar iletilmesi gerekmektedir. Bunun için aktarma organları kullanılmaktadır [12-15]. Diferansiyelin amacı, kardan milinin torkunu akslara ve tahrik tekerlerine iletmektir. ekil 1'de diferansiyel diğeri parçaları görülmektedir.

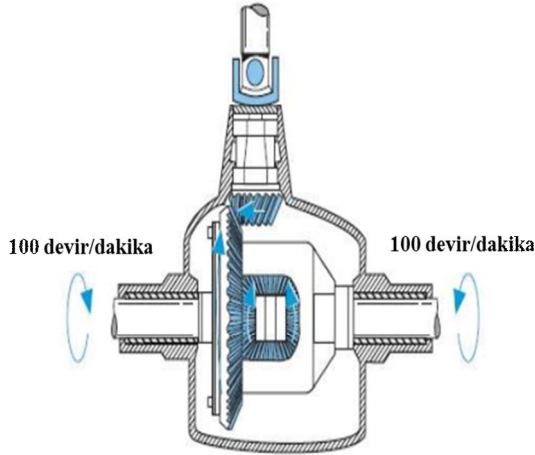
1. Pinyon milini
2. Pinyon dişli
3. Ayna dişli
4. istavroz dişli
5. Aks dişli
6. Diğeri gurubu yataklanması,
7. Sağ teker aks,
8. Sol teker aks,

istavroz dişlileri aks dişlilerini tahrik etmek suretiyle dönme hareketi yapar. Aks dişlileri arka aks millerine freze ile bağlı olduğundan tekerleklere gücü aktarırlar [12-15].

2.1.1 Diferansiyelin deşerik hareketleri altında çalışması

Düzgün ileri hareket durumu

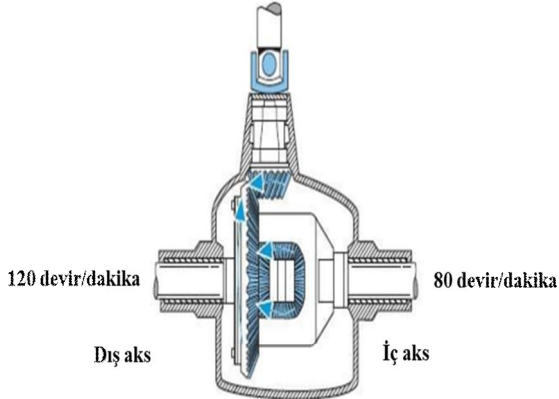
Düzgün bir yolda araç öne doğru hareket ederken iki tekerleğin dönme direnci hemen hemen aynıdır. Bu yüzden, aks dişlilerinin ikisi de istavroz dişlileri ile eşit miktarda hareket eder ve bütün parçalar tek bir grup halinde hareket ederler. Her iki arka aks milinin de dirençleri aynı olduğundan istavroz dişlileri dönmezler ancak ayna dişli, diferansiyel gövdesi ve istavroz dişli ile birlikte tek bir grup halinde dönerler. Bu durumda, istavroz dişlileri sadece sağ ve sol aks dişlileri birleştirme fonksiyonunu gerçekleştirir [12-15]. Sonuçta, ekil 3'te görüldüğü gibi istavroz dişlilerinin dönüşü ile birlikte tek bir grup halinde dönen iki aks dişli, tekerleklerinin aynı devirde dönmelerine neden olurlar.



ekil 3. Düz ileri hareket durumu [12]

Viraj alma durumu

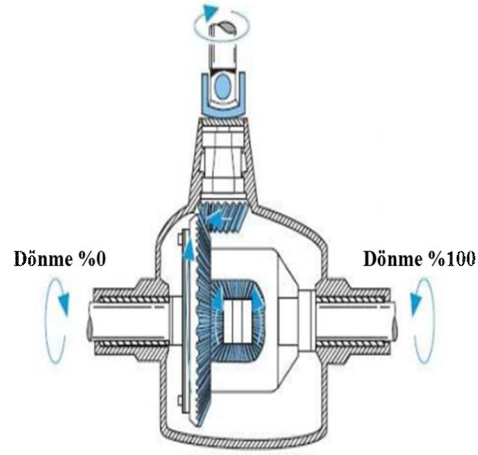
Araç viraja girdi i zaman, iç tarafta kalan tekerlek d, takine nazaran daha az yol kat eder. Sol taraftaki aks di lisine bir direnç tatbik edildi i için, istavroz di lilerin her biri arka aks,n etraf,nda dönerken ayn, zamanda kendi milleri etraf,nda da dönerler [12-15]. Sonuçta sa taraftaki aks di lisinin ekil 4te görüldü ü gibi devri artar. Bir ba ka de i le, istavroz di lileri, istavroz di li mili etraf,nda döndü ünden, istavroz di lileri bir taraftan aks di lisinin h,z,n, azalt,rken di er taraftaki aks di lisinin h,z,n, ise o kadar art,r,rlar. stavroz di lilerinin devir ortalaması, ayna di linin devrine e ittir.



ekil 4. Viraj alma esnas,nda diferansiyelden akslara iletilen h,zlar [12]

Tekerle in kaygan yüzeyde olmas, durumu

E er tekerleklerden biri çamura girerse, gaz pedal,na bas,ld, ,nda patinaj yapmaya ba lar. Bunun nedeni çamurlu yüzeyin dü ük sürtünme direncidir. Böyle bir durumda tekerle in çamurdan ç,karmak çok zordur çünkü ayna di linin iki kat, h,z,nda dönen çamurdaki tekerlek hareket etme yerine tek ba ,na patinaja devam eder [12-15]. ekil 5te devir adetleri görülmektedir.



ekil 5. Tekerle in tek tarafta dönme durumu [12]

3. D FERANS YEL KULLANIMDAYKEN SA VE SOL TEKERLEKLER ARASINDA TORK TRANSFER

Klasik bir diferansiyel, sa ve sol tekerleklerin bir sürü ekseninde farklı h,zlarda dönmelerine izin verir. Bu arac,n dönü ü için gereklidir. Klasik bir diferansiyel aç,k diferansiyel olarak da adlandır,lr. Aç,k diferansiyelin geli mi i kilitli diferansiyeldir. Kilitli bir diferansiyelle, sürücü sa ve sol tekerlekleri bir anahtar ile kitleyerek birlikte çal, t,rabilir. ki tekerlekten biri kayan bir yüzey üzerindeyse, di er tekerlek hala yeterli tork alabilir ve do rusal çekme kuvvetini sa layabilir. Böylece kilitli bir diferansiyel, kayan yüzeylerde daha iyi çeki gücü sa lar ve sürücü taraf,ndan gerekti i zaman kullan,labilir [4-5,10-11].

Diferansiyelin ba ka bir çe idi s,n,rl, kaymal, diferansiyeldir (LSD). S,n,rl, kaymal, diferansiyelde, bir kavrama sa ve sol tekerlekleri kilitler. Anca ba lang,çta, baz, kaymalara izin verir. Ta ,t,n dönü ü s,ras,nda iç ve d, tekerleklerin farklı h,zlarda kaymalar,na izin verir. Sa ve sol tekerle e tork nakletme oran,na kesin olarak diferansiyelin tipi taraf,ndan karar verilir. Bir aç,k diferansiyel, torqu tekerleklere daima e it da ,t,r. Kilitli bir diferansiyelde her iki tekerle in h,z, e ittir ve sistemin bir araya gelmesi ile her iki tekerlekten toplam tork al,n,r. S,n,rl, kaymal, diferansiyelde daha yava tekerle e daha fazla tork transfer olabilir. Daha yava tekerlek için bu tork art, ,n,n e it olmas, için LSD içinde kavrama kullan,m, gereklidir [4-5,10-11].

3.1 Diferansiyel ve Çeki Gücü

Tekerleklere ne kadar tork uygulanabilece ini belirleyen iki faktör vard,r. Bunlar, donan,m ve çeki gücüdür. Kuru yolda çeki gücü yüksektir. Tekerleklere uygulanan tork miktar,, motor ve vites taraf,ndan s,n,rlan,r. Buzda sürü gibi dü ük çeki gücü durumlar,nda, tork miktar, tekerle in bu ko ullarda kaymas,na sebep olmayacak en büyük

miktarla s,n,rlan,r. Ta ,t daha fazla tork üretebilmesine ra men, bu torku yere aktarmak için yeterli çeki gücüne ihtiyaç vard,r [4-5,10-11].

Tekerlekler kaymaya ba lad,ktan sonra ta ,t,n h,zland,r,lmaya çal ,lmas, sadece tekerleklerin daha h,zl, kaymas,na yani patinaj yapmas,na neden olur. Maksimum tork miktar,, tekerleklerin bulundu u ko ullarda kaymas,na sebep olmayacak en büyük miktarla s,n,rlan,r. E er iyi çeki gücü durumundaki tekerlekler, buzlu ve kaygan zemin gibi dü ük çeki gücü durumunda seyreden tekerle e uygulanabilecek ekilde çok küçük miktar tork al,rsa, ta ,t hareket etmekte zorlan,r. E er ön tekerleklerden ve arka tekerleklerden birinin yerle temas, kesilirse, tekerlekler havada dönecek ve hareket iletimi kesilecektir. Bu problemlerin çözümü için LSD (s,n,rl, kaymal, diferansiyel) ve kilitli diferansiyel sistemleri geli tirilmi tir. Bu çal ,mada, s,n,rl, kayma yapabilen diferansiyeller üzerine ara t,rmalar yap,lm, t,r [4-5,10-11].

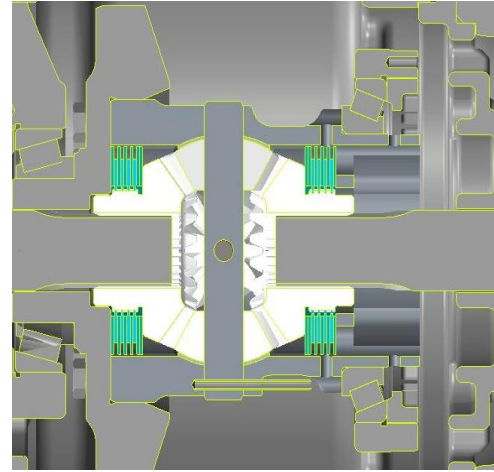
4. LSD (SINIRLI KAYMALI D FERANS YELLER)

Bu sistem, herhangi bir sürü durumu için en iyi çeki i sa layacak motor torkunu transfer etmeye çal ,r. Modern s,n,rl, kaymal, diferansiyeller, gücü kayma ba lamadan hemen önce iyi durumdaki tekerle e transfer yetene ine sahiptir. Ancak, her iki tekerlek kaygan zeminde ise, sistem etkisiz hale gelmektedir. Elektronik olmayan bu sistem, genellikle yeni çeki kontrol sistemleri kadar iyi görev yapamamaktad,r. Bu tür diferansiyeller birkaç çe it olmakla beraber prensipleri bak,m,ndan birbirinin benzeridirler [4-5,7].

Temel olarak, torca duyarlı, ve h,za duyarlı, olmak üzere iki tip LSD sistemi vard,r. H,za duyarlı, LSD önin -Viskoz Kavramaø isminde yaln,zca bir türü vard,r. Fakat, torca duyarlı, LSD öderin pek çok çe idi mevcuttur. Bunlardan, en yayg,n, -Kavramalı, tip LSD ödir. Bu tip LSD, bir aç,k diferansiyeldeki bütün elemanlara sahiptir. Bu tip LSD ile, bir tekerlek buzda, di eri kuru yolda seyrederken buzdaki tekerlek zemine fazla tork aktaramamas,na ra men, di er tekerlek hareketi için ihtiyaç, olan torku almaya devam edecektir. Buzdaki tekerle e aktar,lan tork, kavramay, yenmek için harcanan tork miktar,na e ittir. Araç, gücünü verimli ekilde kullanabilmektedir [4, 8-9].

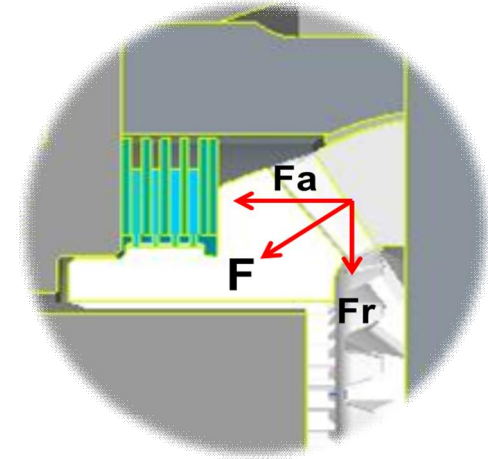
Tekerleklerden biri çamur, buz gibi zorlay,c, bir arta maruz kal,p, patinaj yapt, ,nda, di er tekerle e gelen moment azal,r. Bu olumsuzluk, S,n,rl, kayd,rmalı, Diferansiyel ile giderilir (ekil 6). Bu gibi durumlarda olu an iki tekerlek aras,ndaki devir fark, istavroz di lilerinin bir biri üzerinde yuvarlanmas,na neden olur ve yük alt,nda kalan bu di lilerin olu turdu u yandaki resimden de görülece i üzere istavroz aks di lisine gelen F kuvvetinin eksenel

kuvveti (F_a), yine aynı di li üzerine s,ralanm, sürtünme diskleri gösterilmektedir (ekil 7). Arac,n tekerle i patinaja ba lad, ,nda bu di li üzerindeki artan moment neticesinde artan F_a kuvveti, sürtünme disklerini s,k, t,r,r ve diskler müsaade etti i süreçte tekerle in patinaj hareketine engel olur.



ekil 6. Ta ,y,c,-yükleyici (Backhoe Loader) için tasarlanan S,n,rl, Kayd,rmalı, Diferansiyel (LSD)

Sürtünme diskleri genelde %20 ile %45 aras,nda bir momente kadar kilitleme yapt,klar,nda verimli olmaktadır. Daha büyük orandaki kilitlemeler için di li kuvveti yetmedi inden disk sürtünen yüzey say,s, artt,r,lmalı, ancak bu durumda da sürtünme lineerlikten uzakla aca , için verimli olmamaktadır. Daha yüksek bir moment de erinde diskler izafi kayma hareketi yapar.

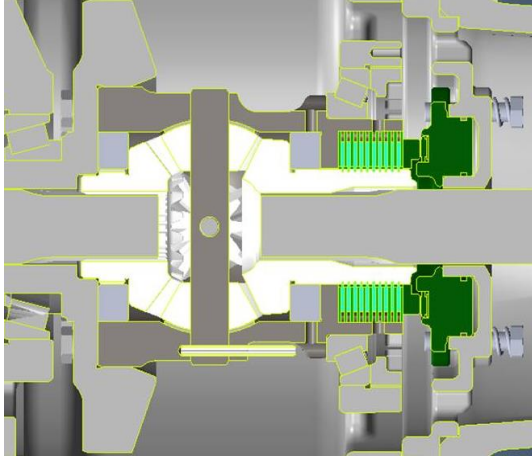


ekil 7. stavroz di liden aks di lisine nüfuz eden kuvvetler

5. MULT D SK D FERANS YEL K L TLEME S STEM

ekil 8øde Diferansiyel kilitlemeyi stavroz di lilerden gelen F_a kuvveti yerine, sisteme akuple edilmi bas,nçl, ak, kan ile hareketi sa lanan bir piston yapacaktır. Tekerlek patinaj e ilimi

gösterdi inde, kullan,c, sistemi devreye sokabilecek bu sayede piston devreye girip, Multidiskleri s,k, t,rd, nda sistem %100 e kadar kilitleme sa layacaktır.



ekil 8. Ta ,y,c,-yükleyici (Backhoe Loader) için tasarlanan Multidisk diferansiyel kilitleme sistemi

Multidiskler ile iletilen moment; Sürtünen yüzey say,s,, kavrama malzemesinin sürtünme katsay,s, pistonu uygulanan bas,nç vb. etkilerin düzenlenerek, zor ko ullarda arac,n tekerlek ba ,na gelen maksimum tork miktar,n, geçmeyecektir. E er sürtünme kuvveti ve buna ba l, olarak tork, belirlenen maksimum tork miktar, de erinin üzerine ç,kt, ,nda, Multidiskler kaymaya ba layacaktır. Bu kayma sayesinde izin verilen maksimum torka göre hesaplanm, olan aktarma organlar, korunmu olur.

6. SONUÇ

yi bir sürü kabiliyeti ve yak,t tüketimi aç,s,ndan diferansiyeller, araçlar,n performans,na, yol tutu una ve baz, özel durumlara göre tasarlanmal,d,rlar. Çok çe itli ihtiyaçlar için farklı, diferansiyel türleri mevcuttur. Bu çal,mada, Ta ,y,c,-yükleyici (Backhoe Loader) bir i makinesi için LSD (S,n,r,l, Kaymal, Diferansiyel) ve Multidiskli diferansiyel kilitleme sisteminin tasar,m, yap,lm, t,r. Elde edilen sonuçlara göre LSD ve Multidisk diferansiyel kilitleme sisteminin oldukça ba ar,l, oldu u tespit edilmi tir.

KAYNAKLAR

1. Hancock M.J., Williams R.A., Fina E. and Best M.C. 2007. öYaw Motion Control Via Active Differentialsö, Transactions of the Institute of Measurement and Control UK, 29 (2), 137 ö 157.
2. Rajamani, R. 2006. Vehicle Dynamics and Control, Springer, USA.
3. Kencke, U., Nelsen L. 2005. Automotive Control Systems, 2nd ed., Springer, XVIII, 512 p. 345 illus.

4. Bahçekap,I., O. 2008. öKilitli Diferansiyeller ve Yanal Sapma Kontrolüne Etkileriö, Yüksek Lisans Tezi, Y,ld,z Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
5. Hancock M.J., Williams R.A., Gordon T J. and Best M.C. 2005. öA Comparison of Braking Yaw-Differential Control of Road Vehicle Yaw-Sideslip Dynamicsö, Proc. IMechE. Vol. 219 Part D: I. Automobile Engineering, UK.
6. Gillespie, T. D. 1992. Fundamentals of Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA, ISBN 1-56091-199-9.
7. Ishikaqa, Y., Teraoka, M., Ishikawa, O., Kamibayashi, H., Izawa, T., Rohregger, W., and Yuhashi, Y. 1994. öDevelopment of Hybrid l.s.d.ö Development of Speed and Torque Sensingö, l.s.d. JSAE Autumn Convention, Japan, Proceedings 944 1994-10 (2576260), pp. 5611.
8. Boos, M. and Koepf, P. 1992. öElectronically Controlled Limited Slip Differentials and 4-Wheel Drive Transfer Gear Boxes for Carsö, 3rd International Conference on Innovation and Reliability, Firenze, Italy, SAE paper 92A071, p. 8196821.
9. Huchtkoetter, H. and Klein, H. 1996. öThe Effect of Various Limited Slip Differentials in Front Wheel Drive Vehicles on Handling and Tractionö, SAE International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, SAE paper 960717, p. 1336134.
10. Çavdar, A. ve Demir, A. 2006. öTa ,tlardaki Dört Tekerden Tahrik (Awd - Fwd) ve Kontrol Sistemlerinin ncelenmesiö, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (MTED), 3 (1), 45-50.
11. Leske, A. and Schaffler, R. 1994. ZF Getriebe, Druckerei, Friedrichshafen.
12. Arslan, M. 2011. öBilgisayar Destekli Diferansiyel Di li Kutusu Tasar,m,, Modelleme ve Animasyonuö, Yüksek Lisans Tezi, F,rat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elaz, .
13. Andreev, A.F., Kabanau, V. and Vantsevich, V. 2010. Driveline Systems of Ground Vehicles: Theory and Design, CRSC Press, Taylor and Francis group, LLC.
14. Heinz., H. 1999. öVehicle and Engine Technologyö, Second Edition, The Bath Press, Bath.
15. Heinz, H. 2002. Advanced Vehicle Technology, Second Edition, Elsevier, Great Britain.