



TRAKTÖR VE TARIM MAKİNALARI HIDROLİĞİ

Galip KEÇECİOĞLU
Ercan GÜLSOYLU

ÖZET

Mekatronik, mekanik, elektronik ve bilisim teknigi komponentlerinin yakin isbirligi ile teknik bir sistemin islevselligini amaçlayan bir mühendislik bilim dalidir. Bu bildiride mekatronigin traktörlerde ve tarim makinalarindaki uygulamalari üzerinde durulmustur. Mekatronik sistemin traktörlerde hidrolik kaldırma mekanizmasi uygulanmasina üç nokta kaldırma mekanizmasi örnek olarak alınmistir. Önce üç nokta kaldırma mekanizmasinin yapisi ve fonksiyonu hakkında bilgi verilmiş ve daha sonra kaldırma mekanizmasi için mevcut standartlar dikkate alınarak mekatronik anlamda sistem açıklanmıştır.

GİRİS

Günümüz tarim makinalarinda yasanan en büyük gelisme potansiyeli *kontrol, komuta ve bilisim* sistemlerinde gözlenmektedir. Sanayilesmiş ülkelerde makina yatirimlari *mekanik, elektronik ve yazilim* olarak ayrilacak olsa, elektronik ve yazilim bölümlerinin payi son 30 yilda %11 den %60 a çıktigi görülür. Gelismiş ülkelerde tarim makinalarinin %30 u, elektro-mekanik ve elektro-hidrolik komuta elemanlari ile donatılmış durumdadir.

Bu gün mekanik komponentli elektronik kontrol devrelerinin tanimlanmasinda **mekatronik** artik kendini kabul ettirmiş bir kavram oldugundan bu bildirimizde mekatronigin traktörlerde ve tarim makinalarindaki uygulamalari üzerinde durulacaktır.

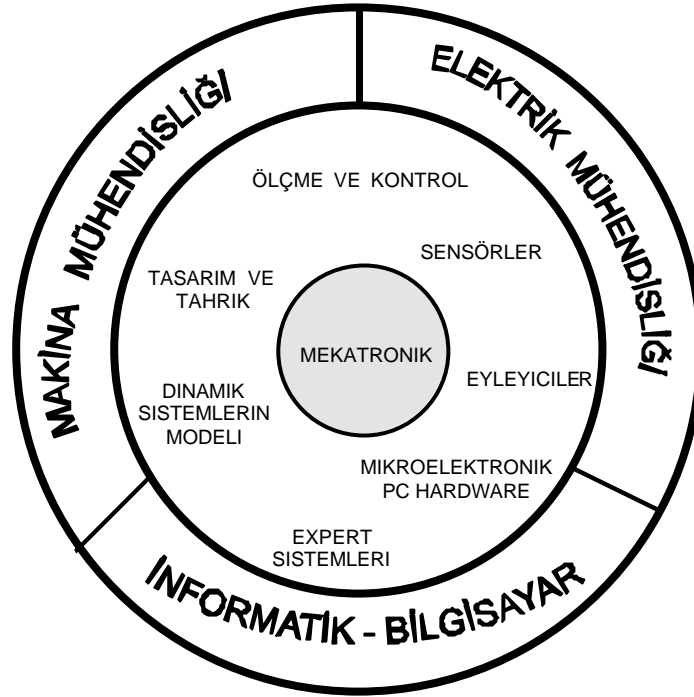
MOBİL HIDROLİKTE MEKATRONİK ve ÜÇ NOKTA KALDIRMA MEKANİZMASI ÖRNEĞİ

Mekatronik, yaygin olan bir tanimlama ile söyle özetlenebilir: mekanik, elektronik ve bilisim teknigi komponentlerinin yakin isbirligi ile teknik bir sistemin islevselligini amaçlayan bir mühendislik bilim dalidir (Sekil 1).

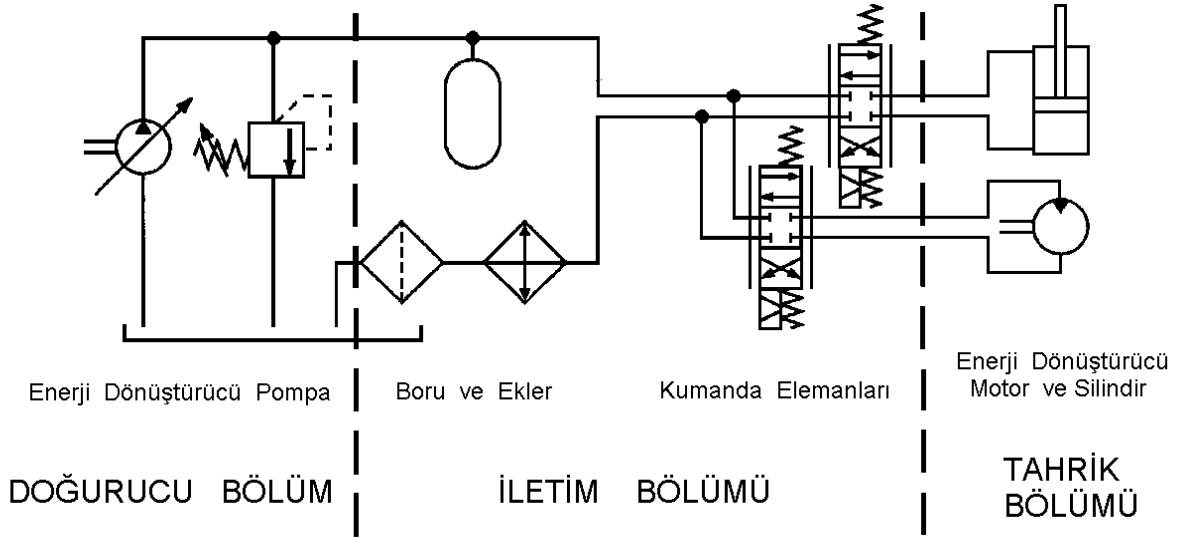
Hidrolik sistemlere mekatronik uygulamalarinin tartisilmasindan önce sistem sinirlarini belirlemek yerinde olacaktır. BACKE'ye göre bir hidrolik sistem üç temel bölüme ayrilabilir [2]. Bunlara özgü komponent ve fonksiyonlar bu bölümler içerisinde yer almaktadır (Sekil 2).

Sistemin dogurucu bölümünde mekanik enerji hidrolik enerjiye dönüştürülmektedir. Genel olarak bu amaçla hidrolik pompa kullanılmaktadır. Ister büyük güçlerin, isterse yardımcı veya komuta gücünün dönüşümü için olsun pompanin görevinde bir degisiklik söz konusu degildir.

Aktarma bölümünde hidrolik enerji basınç ve debi seklinde biriktirilir, hazirlanir ve sinyal islemiyle büyüklüklerinde degisiklikler yapılabilir. Hidrolik akü, filtre, isi esanjörü vs. gibi eklentiler komuta elemanlarindan olup mekatronik sistemlerin incelenmesinde büyük öneme sahiptir.



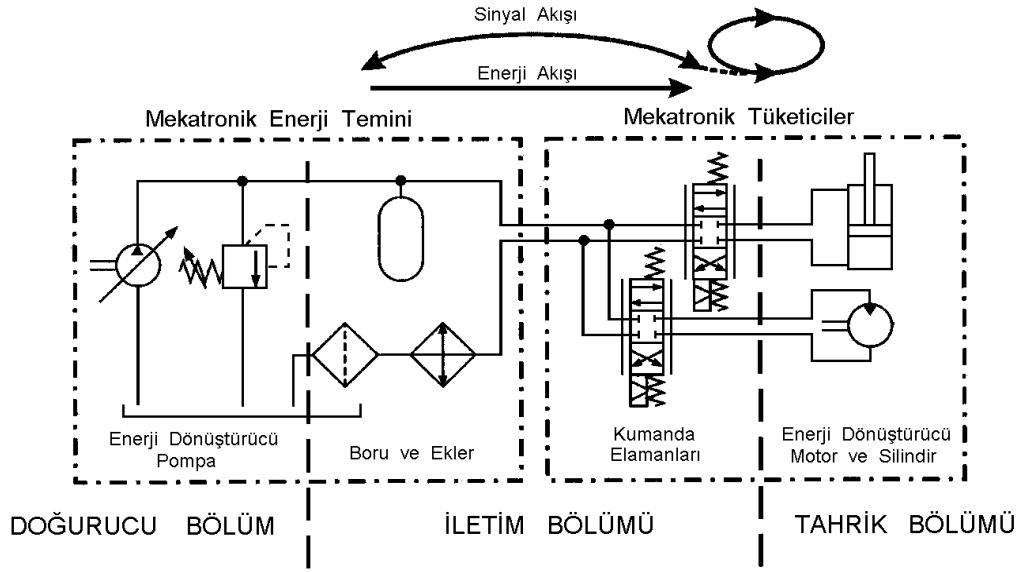
Sekil 1. Bilim dallarının Mekatronige etkisine örnek [2]



Sekil 2. BACKE'ye göre bir hidrolik sistemin genel yapısı [2]

Tahrik bölümünde hidrolik enerji tekrar mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Hidroliğin özel bir bölümü olan servohidrolik tanımlamaya göre kontrol devreleri ile işlenen küçük giriş sinyallerinin hidrolikçe kuvvetlendirildiği tüm alanları özetler. Kontrol devreleri giriş sinyalleri mekanik, hidrolik ve elektriksel olabilir. Son halde elektronik hidrolik söz konusu olmaktadır. Mekatronik sistemlerin yapısında sadece elektronik servo sistemler yer almaktadır.

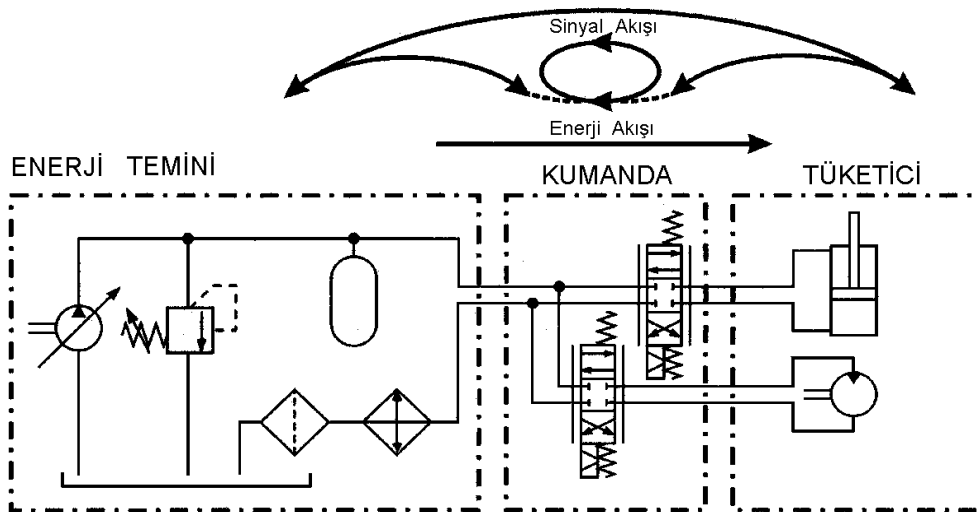
Mekatroniğin tanımlanmasından türetilen yaklaşımda "komponentlerin entegrasyonu" na göre bağımsız, prizden alınabilir enerji temini ile gene bundan bağımsız tüketicilerin kullanımına çalışılmaktadır. Hidrolik sistemler için bunun anlamı, uygun ilavelerle doğurucu bölümün kompakt bir enerji temin ünitesinde, tahrik elemanlarını gene kompakt bir tüketiciler ünitesinde toplamaktır (Sekil 3)



Sekil 3. Hidrolik sistemlerin ideal mekatronik sınırları [2]

Sekilde bu sistem sınırları gösterilmiştir. Modüler bir yapıda veya düzenlemede tüketiciler için enerji temininin nasıl olduğu ve ne sayıda tüketicilerin bağlandığı o kadar önemli değildir. Ancak önemli olan iki yönlü sinyal akışının olması, yani tüketicinin hangi debi ve basınçla akış istediğidir. Enerji temini bu isteğe hemen cevap verebilmelidir. Tüketiciler de bu durumda kendi aralarında haberleşmeli ve gerekli reaksiyonları gösterebilmelidir.

Sinyal akışının üç alt sistem arasında her iki yönde olması sistemin esasını oluşturmaktadır. Sabit basınç sisteminin kullanıldığı pek çok mobil iş makinasında sadece enerji temini değil yön valflerinin de taşıta montajı mümkün olmaktadır. Valfler önemli bir masraf faktörü teşkil ettiklerinden modüler bir konstrüksiyonda valfler besleme ile birlikte müstakil bir alt sistem de oluşturabilmektedir. Bu varyantın önemli bir yönü universal valflerin kullanılmasıdır. Bu valflerin diğer önemli bir özelliği de dinamik karakteristige sahip olmasıdır. Sinyal akışının Sekil 4'de gösterildiği gibi her üç alt sistemde de iki yönlü olması gerekir.



Sekil 4. Mobil iş makinalarında düşünülebilir sistem sınırları [2]

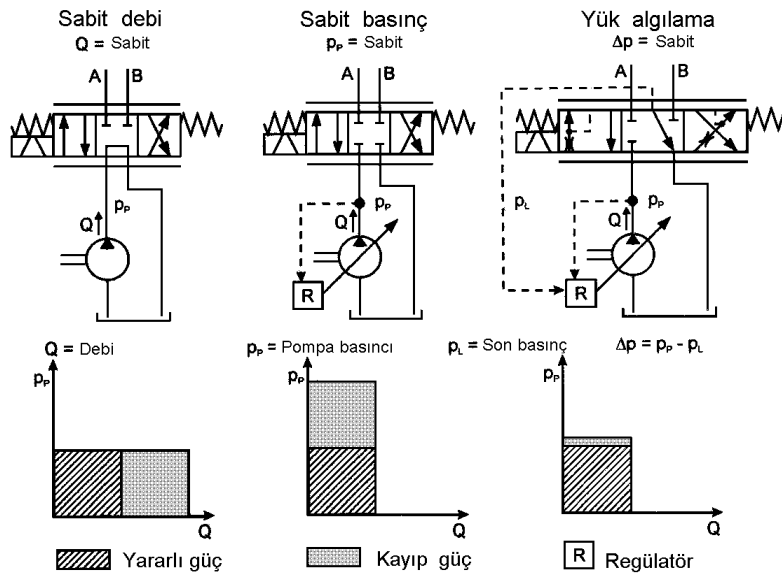
ENERJİ TEMİNİ

Mobil uygulamalar için hidrolik enerji temini sabit uygulamalardan farklıdır. Şekil 5'de görüldüğü gibi bu gün ulaşılabilen sistemler;

- Sabit basınç sistemi
- Sabit debi sistemi
- Yük algılama sistemidir.

Şekilde verilen üç sistemin kısmi yükte enerji bilançoları görülmektedir. Bu üç sistemin yanında farklı fonksiyon görevli pompanın kumandası için özel devreler vardır. Örneğin sınırlı yük kontrolü, sabit güç kontrolü vs.

- **Sabit Debi Sisteminde:** sabit bir pompa sürekli ancak devir sayısına bağlı bir Q debisi vermektedir. Bu sebepten bu sistemle fiyat yönünden uygun çözümlere ulaşılmaktadır. Tüketicinin ihtiyaç duymadığı yağ, depoya geri dönmektedir. Bu durumda yol valfinin nötr konumunda yağın depoya dönüşü için açık olması gerekir (açık merkezi sistem); ancak yüksek yük basınçlarında ve düşük debide bu sistemin tesir derecesi çok düşüktür. Valfler üzerindeki basınç farkı ve buna uygun olarak yararlanılan debi özellikle birden fazla tüketici durumunda önemli oranda yük basıncına bağlıdır. Fiyat uygunluğu nedeniyle son zamanlara kadar mobil uygulamalarda egemendi. Bu gün artık küçük makinelerde direkt kumandalı mekanik valflerle birlikte kullanılmaktadır.
- **Sabit Basınç Sisteminde:** pompa basıncı sistemde sabit değerde tutulmaktadır. Ayarlanabilir pompa kullanılması halinde bu sistemin önemli avantajı fiyatının pahalı olması, düşük yük basınçları durumunda yüksek debide kayıp gücünün fazla olması ve valf üstündeki basınç farkının yüke bağlı olmasıdır. Yağ akışı regülatörle kombine olarak ayarlanabilir bir pompa tarafından sağlanmakta ve gerçek gerekli debi sevk edilmektedir. Sabit basınç devresinde kumandalı yön valflerinin nötr konumda kapalı olması gerekmektedir (kapalı merkezi sistem). Yukarıda açıklanan sakıncalar nedeniyle mobil iş makinelerinde az kullanılmaktadır.
- **Yük Algılamalı Sistemde:** ayarlanabilir pompa vasıtasıyla pompa basıncı öyle düzenlenmektedir ki, basınç farkı sabit kalmaktadır. Valflerden geçen debi sadece valf açıklığına bağlıdır ve kısmi yük bölgesinde iyi bir tesir derecesi vermektedir. LS sisteminde birden fazla tüketicinin çalışması durumunda en yüksek yük basıncı pompa regülatörüne bildirilmektedir ve pompa yağ basıncını buna uygun ayarlamaktadır.



Şekil 5. Bilinen enerji sistemlerinin kısmi yükte enerji bilançoları [1-2]

Mekatronik sistemin traktörlerde hidrolik kaldırma mekanizması uygulanmasına örnek olarak üç nokta kaldırma mekanizması alınmıştır. Önce üç nokta kaldırma mekanizmasının yapısı ve fonksiyonu açıklanacak ve daha sonra kaldırma mekanizması için mevcut standartlar dikkate alınarak mekatronik anlamda kaldırma mekanizmasının fonksiyonu açıklanacaktır.

Üç nokta kaldırma mekanizması asma aletlerin traktöre bağlanmasını mümkün kılmaktadır. Traktör arkasında yer alan üç nokta kaldırma mekanizması için geçerli olan DIN 9674, daha sonra 1997 yılında yayınlanan DIN ISO 730-1 ile değiştirilmiştir. Türkiye'de TS 660 geçerlidir.

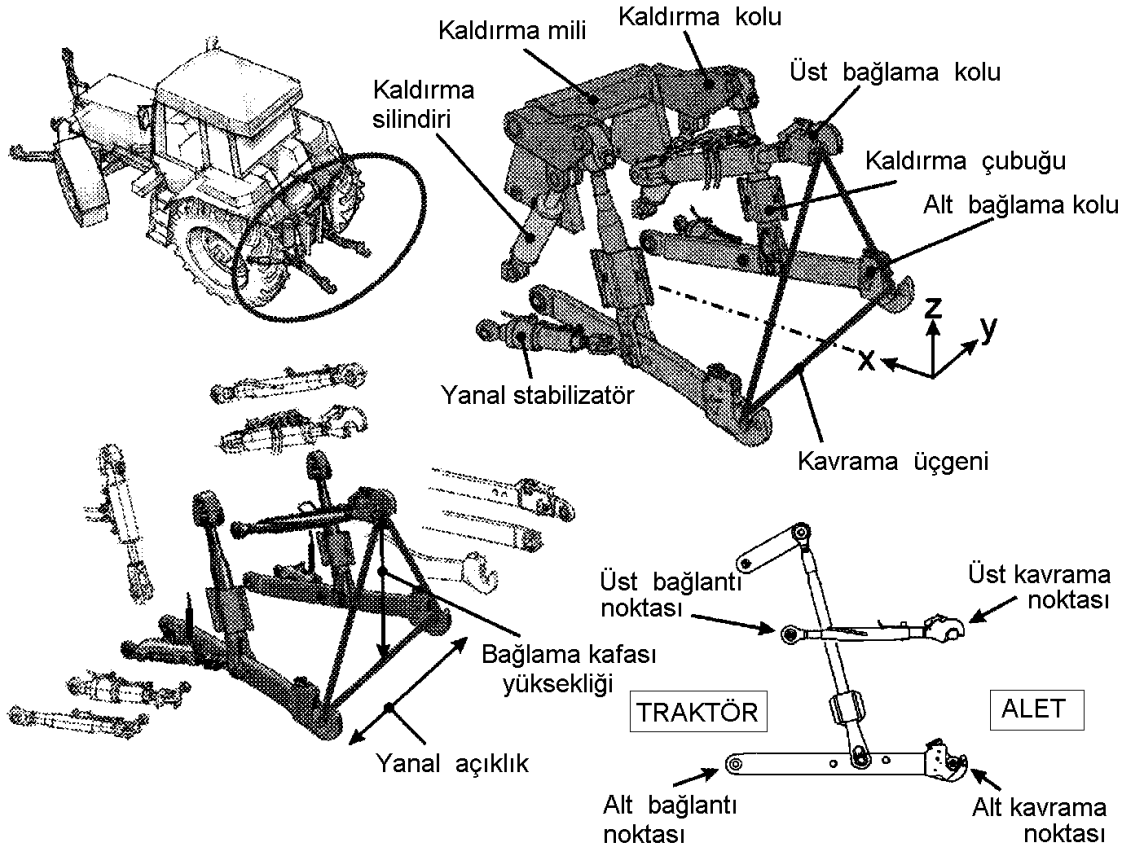
Traktörlerde kullanılan üç nokta asma sistemi 1920'li yıllarda geliştirilmiştir. Daha sonraki gelişmeler sırasıyla aşağıdaki gibi olmuştur:

1925	⇒	H. Ferguson'un buluşu
1935	⇒	İlk seri imalat
1952	⇒	DIN 9674'un ortaya çıkışı
1974	⇒	Hızlı kavramanın uygulamaya konulması
1984	⇒	Elektronik kontrollü kaldırma mekanizması (EHR) uygulaması

Kaldırma mekanizmasının geleneksel ödevleri şöyle sıralanabilir;

- Aletlerin traktöre bağlanması ve çözülmesi
- Aletlerin kaldırılıp indirilmesi
- Çeki gücünün aktarılması
- Aletlerin dikey ve yatay yönlendirilmesi

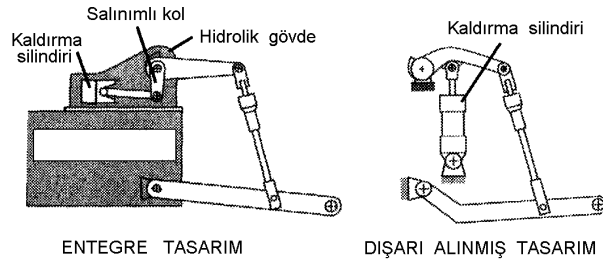
Şekil 6'da üç nokta kaldırma mekanizmasının alınmış yapısı ve tanımlamaları görülmektedir.



Şekil 6. Geleneksel üç nokta asma sistemi yapısı [2]

- I. **Kaldırma indirme:** Kavrama üçgeni, kaldırma silindirin uzunluk değişimiyle Zekseni doğrultusunda hareket etmektedir. Bağlantı noktasının, kaldırma çubuklarının ve üst bağlantı kolu ile kafa yüksekliğinin konum ve uzunluğuna göre hareket pozisyonu değişmektedir. Xekseni doğrultusundaki hareket yanında, Y-ekseni etrafında dönme de oluşmaktadır. Bu birbirine girişimli hareketler kaldırma yüksekliğine lineer bağlı değildir ve yönünü değiştirmektedir. Uygun kinematik ayarlama ile bu hareket girişimleri minimize edilebilir.
- II. **Üst bağlama kolunun uzunluk değişimi:** Üst bağlama kolu genellikle elle, mekanik veya hidrolik ayarlanır. Asma alet bu arada Y-eksenine paralel bir eksende döner ve böylece kaldırma ve indirme kinematigi değişikliğe uğrar.
- III. **Kaldırma çubuklarının uzunluk değişimi:** Genel olarak sadece bir kaldırma çubuğu (genellikle sağdaki) mekanik veya hidrolik ayarlanır. Bu durumda alet Xeksenine paralel döner.
- IV. **Yanal stabilizatörlerin serbest hale getirilmesi:** Bu sayede kavrama üçgeni Y-ekseni doğrultusunda hareket edebilir.

Sekil 7’de alışılagelen dizayn dışında bir varyant görülmektedir. Burada kaldırma silindiri mekanizmanın dışına alınmıştır.



Sekil 7. Entegre ve ayrılmış yapıya sahip kaldırma mekanizmalarının yapısı [2]

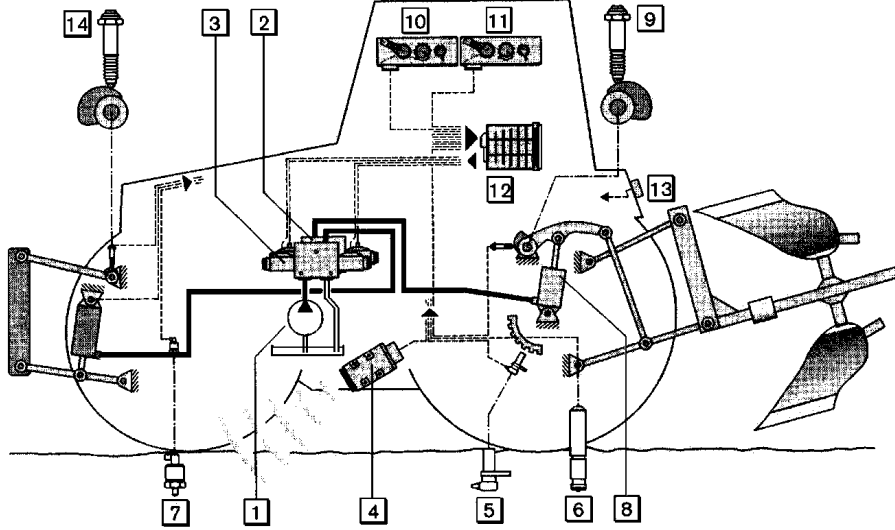
Bugün traktörlerde kaldırma mekanizmasının kontrolü ve harekete konulması “elektronik kaldırma mekanizması kontrolü” olarak isimlendirilen sistem sayesinde olmaktadır. Bu sistemin yararları;

- Aletin ayarlanan iş derinliği korunmaktadır.
- Traktör arka aks yükü artmakta, dolayısıyla patinaj azalmaktadır.
- Traktör gücünden optimal yararlanılmaktadır.
- Ağır asma aletle gerek tarlada, gerekse yolda ilerlemede traktör titreşimleri söndürülmektedir.

Bir elektrohidrolik kaldırma mekanizmasının (EHR) fonksiyon yapısı Sekil 8 de gösterilmiştir. Traktörlerde bir çok kontrol devrelerine rastlanmaktadır.

- I. **Konum kontrolü:** Konum sensörü (9) üzerinden traktöre nazaran kaldırma kolunun konumu ölçülmekte ve kontrol devrelerine iletilmektedir. Ölçümede yol algılayıcısı ve eksantrik disk veya alternatif olarak açışansörleri kullanılmaktadır.
- II. **Çeki kuvveti kontrolü:** Bir kuvvet sensörü yardımıyla alt bağlantı kolları ile traktör arkasındaki kuvvet ölçülmekte ve kontrol edilmektedir. Ancak bu ölçü yöntemi yanal kuvvete ve geometriye bağlı değildir.
- III. **Patinaj kontrolü:** Bir radar sensörü (4) gerçek ilerleme hızını ölçmekte ve devir sayısı sensörü (5) ile ölçülen teorik ilerleme hızı ile gerçek ölçülen hız karşılaştırılmakta ve kontrol edilmektedir.

Kontrol devresi için gerekli olan sensör sinyalleri gösterge tablosundan (10 ve 11) önceden belirlenmekte ve komuta aletinde (12) işlenerek kontrol valfine aktarılmaktadır. Bu anlatılan fonksiyonlar sadece aktif harekette yani kaldırmada geçerlidir. İndirme sadece aletin kendi ağırlığı ile olmaktadır.

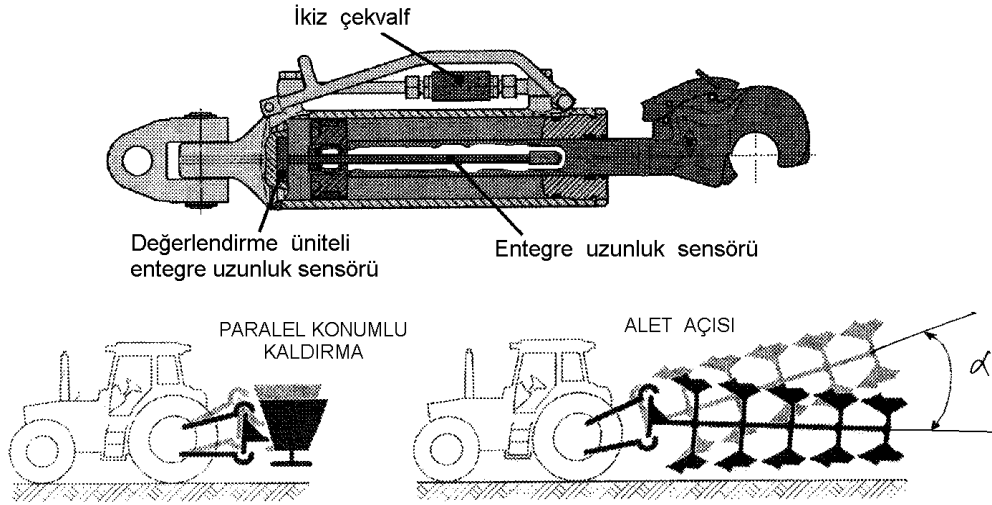


Sekil 8. Elektrohidrolik kaldırma mekanizmasının yapısı (Bosch) [2]

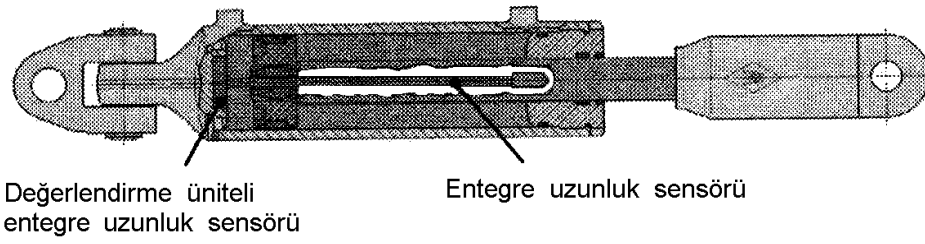
KALDIRMA MEKANİZMASININ MODİFİKASYONU

Traktörün güç yeteneğini daha da arttırmak için bazı sistem değişikliklerine gidilmiştir. Ancak burada traktör ile aletin uyusması gerekir. Eğer uyuma sağlanmazsa aletlerin gittikçe artan karmaşık yapısı sonucunda sürücü optimal ayarlamaları yapabilecek durumda olmaz. Bu gün artık traktör aleti değil, alet traktörü kumanda etmektedir. Bu strateji için yeni bir alet nesline ihtiyaç vardır. Bu durumda traktör de verilen komutları işleyebilmeli ve hemen uygulayabilmelidir. Traktör böylece mobil, mekatronik tahrik ünitesi haline gelmektedir. Traktör-alet ikilisinin otomasyonu için her ikisi arasındaki mekanik arayüzler daha da geliştirilmelidir. Arayüzler öyle olmalıdır ki mümkün olduğunca esnek ve üç boyutlu hareketleri kontrollü olarak yapabilmelidir. Bu koşulları yerine getirebilmek için bir dizi sistem kademeleri vardır.

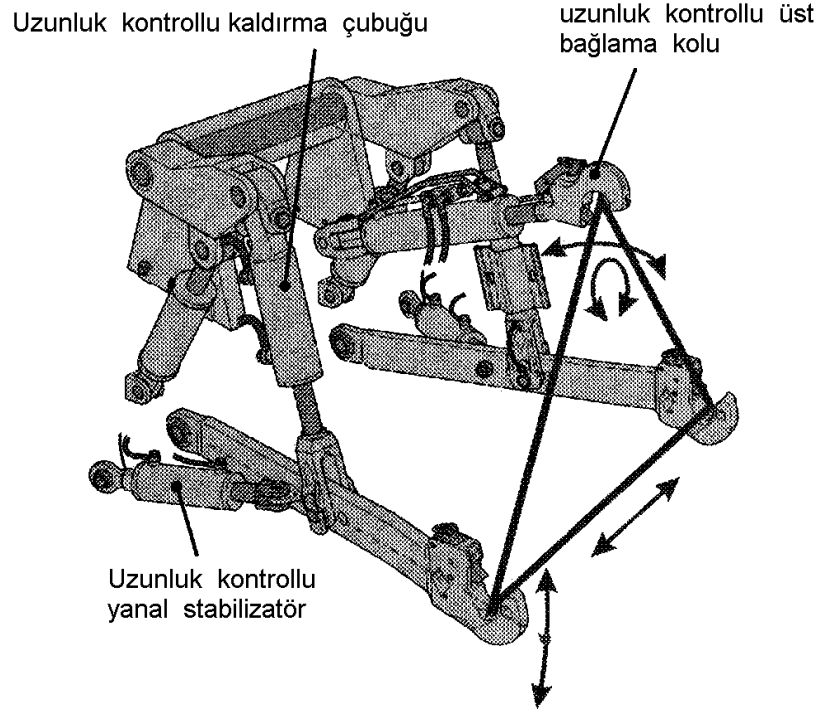
- I. Uzunluğu kontrol edilebilir ve çok fonksiyonlu bir üst bağlantı kolu bir taraftan üst koldan beklenen görevi yerine getirirken diğer taraftan tanımlanan pozisyonları otomatik olarak alabilmektedir. Elektronik kumandali valfler mevcutsa büyük emek ve masrafa girmeden sonradan gerekli donanımları ilave etmek mümkün olabilmektedir. Sekil 9 da böyle bir üst bağlantı kolunun kesiti görülmektedir.
- II. Uzunluk kontrollü kaldırma çubukları üç nokta asma sistemine bir serbestlik derecesi daha vermektedir (Sekil 10).
- III. Yanal yataklanmayı esnek yapabilmek için yanıl stabilizatörler devreye alınabilir ve gene bunlarda uzunluk kontrollü yapılabilir (Sekil 11).
- IV. Uzunluk kontrollü iki kaldırma çubuğu kullanılması halinde alışılmış olan EHR artık uygulanamaz, çünkü bu sistem tek yön etkili valf tekniğine dayanmaktadır. Bilinen fonksiyonu sağlamada üç kontrollü silindire gitmek gerekirken bu da traktör arkasında büyük konstrüktif değişiklikleri gerektirir (Sekil 12).



Sekil 9. Uzunluk kontrollü üst bağlama kolunun kesiti ve bunun sağladığı özel fonksiyonlara örnekler [2]

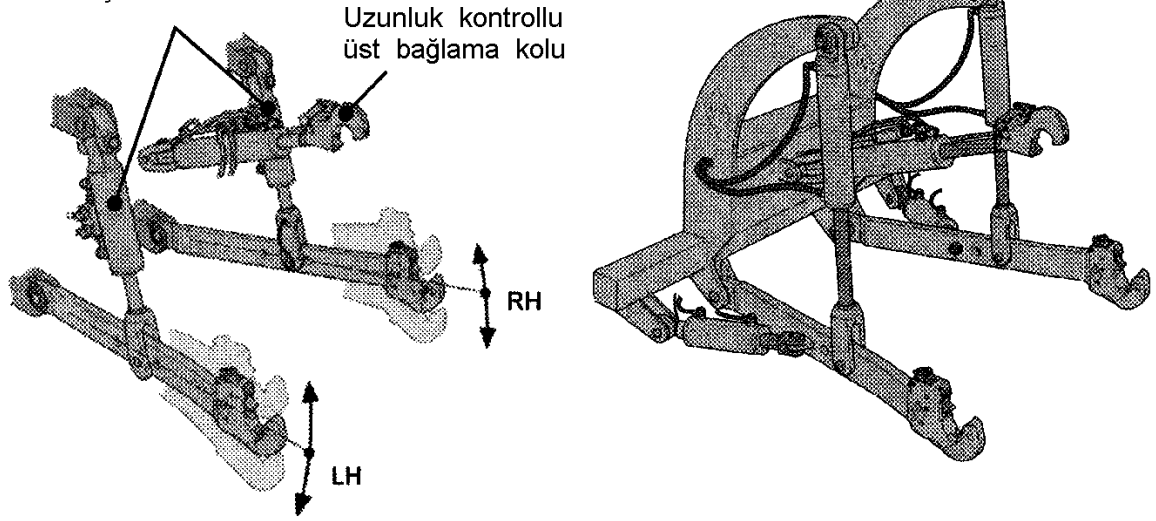


Sekil 10. Uzunluk kontrollü multifonksiyonel kaldırma çubuğu kesiti [2]



Sekil 11. Modifike edilmiş bir üç nokta asma sistemi [2]

Uzunluk kontrollü
kaldırma çubukları



Sekil 12. Modifike edilmiş bir kaldırma mekanizmasına örnek [2]

SONUÇ

Mekanik komponentlerle kombine elektronik kontrol devrelerinin tanımlanmasına mekatronik adı verilmektedir. “Kumanda ve kontrol” kavramı çok geniş bir kavramdır, çünkü elektronik olmayan kontrol devreleri de bu kavram içerisinde yer almaktadır. Örneğin traktörlerde bu gün piyasada bulunan yük algılamalı hidrolik sistemlerin pompa kontrolü tamamen hidro-mekanik olmaktadır. Sinyal ve enerji akısını bizzat kendisinin aktardığı mekanik çözümlerin (üst kol veya alt kol duyargalı sistemler) aksine mekatronik sistemlerde elektronik, dis yardımcı enerjinin kumandasını bizzat kendisi üstlenmektedir. Daha önceleri mekanik sistemler tarafından gerçekleştirilemeyen bazı düzenlemeler elektronik ve bilgisayar yazılımlarının yardımıyla artık gerçekleştirilebilir olmaktadır.

Uzunluk sensörlerinin hidrolik silindirlere entegrasyonu 80’li yıllarda sabit uygulamalarda görülmekteydi. Ancak pahalı ve çok emek gerektiren bu uygulamalarda silindir eksenindeki değerlendirici elektronik devresi silindir disina tasmaktadır. Traktörlerdeki hidrolik silindirlerin her iki ucunda bağlama mafsalları bulunduğundan tarım makinalarında bu çözüm uygulanamadı. Fakat son yıllarda sensör alanında kaydedilen gelişmeler alışılmış teknik istekleri sınırlamadan elektronik yapı elemanlarına sensör tekniğinin entegrasyonu mümkün olabilmistir. Özellikle modifike edilmiş hidrolik kaldırma mekanizması aletin traktöre kavratılmasında önemli gelişmeler sağlamıştır. Örneğin tarla denemelerinde de ispatlandığı gibi alet kumandasında sağlanan yeni olanaklar (aletin dik kaldırımı, üç yönde hareketlerinin otomasyon potansiyeli) büyük bir verimlilik artışı meydana getirmiştir.

Sistemin pratik değerlendirilmesinde özel çalışma koşullarındaki yararlarına değinmek gerekir. Örneğin mekanik olarak birbirine bağlanmamış ve farklı yüklere maruz iki silindirde eş zamanlılığa ulaşmak mümkün olamamaktadır (örneğin şekil Sekil 12’de gösterilen mekanizmada). Bunun çözümü için iki olanak vardır. Birincisi, dengeleme regülatörüdür. Bu regülatör her iki silindirin uzamasını algılamakta ve gerekli önlemleri almaktadır. Bu şekilde hareket eş zamanlılığı sağlanabilmektedir. İkinci olarak bir hız ve ivme kontrolünde silindirlerin tüm hareket davranış biçimine müdahale edilmektedir. Burada ana sorun hız ve ivme sinyallerini ek bir sensöre ihtiyaç duymadan algılayabilmektedir. Uygun elektronik devre kullanmakla bu silindirlerdeki hareket farklılığı giderilebilir.

**KAYNAKLAR**

- [1] KEÇECIOĞLU, G., GÜLSOYLU, E., "Tarım Traktörleri", Ege Üniversitesi Basım Evi Bornova-Izmir, 323 sayfa, ISBN 975-288-193-9, 2003.
- [2] LANG, T., "Mechatronik für Mobile Arbeitsmaschinen am Beispiel Eines Dreipunktkrafthebers", Forschungsberichte des Instituts für Landmaschinen und Fluittechnik, Shaker Verlag GmbH, 2002.

ÖZGEÇMİSLER**Galip KEÇECIOĞLU**

1936 yılında Senirkent'te doğdu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden 1958 yılında mezun oldu. 1959 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinde asistan olarak göreve başladı. 1962-1966 yılları arasında Almanya Braunschweig Zirai Araştırma Merkezi'nde traktör konusunda araştırmalar yaptı. 1970 yılında "Doçent", 1975 yılında "Profesör" unvanlarını kazandı. 1981-1983 yılları arasında Ziraat Fakültesi Dekan Yardımcılığı görevinde bulundu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden 2003 yılında emekli oldu.

Ercan GÜLSOYLU

1960 yılında İzmir'de doğdu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Alet ve Makinaları Bölümü'nden 1981 yılında mezun oldu. 1983-1985 yılları arasında Jantas A.S. de Üretim Planlaması Bölümünde mühendis olarak çalıştı. 1985 yılında E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde "Araştırma Görevlisi" olarak göreve başladı. 1988 yılında "Yüksek Lisans", 1995 yılında "Doktora" derecelerini aldı. 1999 yılında Yardımcı Doçent olan GÜLSOYLU, halen Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.