

TASARIMA YARDIMCI BİLGİLER



**TARIM MAKİNALARININ
HİDROLİK KONTROLUNDA KULLANILAN
YÖNLENDİRME VANALARININ ORANSAL
KONTROL OLANAKLARI ÜZERİNDE
BİR ARAŞTIRMA**



Doç. Dr. BİLGE ERDİLLER
A.Ü. Ziraat Fakültesi
Ziraat Makinaları Bölümü

1942 yılında Eskişehir'de doğdu. Orta öğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra 1964 yılında A Ü Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Ziraat Makinaları Bölümüne Asistan olarak girdi. 1969 yılında doktor, 1975 yılında doçent oldu. 1975-1977 yılları arasında Braunschweig'da FAL'e bağlı Temel Araştırmalar Enstitüsünde Elektrohidrolik kontrol ve otomasyon konularında çalıştı. Halen Ziraat Makinaları Bölümünde öğretim üyesidir.

ÖZET

Hidrolik ekipmanların kontrolunda on-off yönlendirme vanalarından büyük ölçüde yararlanılmaktadır. Öteki vanalardan daha ucuz olan bu vanaların tarım makinalarında yaygın kullanılma alanları vardır. Bu çalışmada, oransal kontrol olanağı vermeyen selenoidli on-off vanaların, impuls uzunluğu değişen sabit frekanslı doğru akımla oransal çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ulaşılan duyarlık tarım makinalarının denetimi için yeterli bulunmuştur.

ABSTRACT

Directional on-off control valves are being used extensively for hydraulic equipments. Since, they are cheaper than others, these valves are preferred on farm machinery applications. In this study, some experiments are carried out on solenoid type on-off valves that has not proportional control possibility. By using impulse length DC modulator, proportional control has been obtained. These sensitive degrees obtained by using proportional control system, are considered sufficient for farm machinery.

1. GİRİŞ

Hidrolik kontrol, modern tarım araçlarının denetim ve yönetimlerinde her geçen gün etkinliğini artırmaktadır. Geliştirilen hidrolik devreler ve elemanları hızla mekanik sistemlerin yerine geçmekte ve daha verimli çalışma koşulları yaratmaktadır. Yakın bir gelecekte tarım traktörlerindeki güç akışı tümüyle hidrolik elemanlar tarafından gerçekleştirilecektir.

Traktörle çalıştırılan tarım makinaları da aynı gelişme süreci içindedir. Hidrolik güç iletiminin sağlandığı makinalarda yapı basitleşmekte, büyük ölçüde malzeme tutumu sağlanmakta, denetim de kolaylaşmakta, ayrıca otomasyon olanakları artmaktadır.

Hidrolik devrelerin en büyük yararlarından biri sürekli ve oransal denetim olanağı vermesidir. Mekanik düzenlerle ancak kademeli olarak ve pahalı mekanizmalar yardımıyla elde edilebilen bu olanak, hidrolik düzenlerde kolayca sağlanabilmektedir.

Gelişmekte olan bu uygulama şeklinin yüksek bir teknoloji ürünü olduğu açıktır. Ülkemizde son yıllarda bu konuya yönelik çalışmalar ürünlerini vermeye başlamış olup, giriş aşamasında gereksinime duyulan elemanlar yerli teknolojiyle üretilebilmektedir.

Hidrolik kontrolde yağ akışının denetimi büyük önem taşır. Bu amaçla geliştirilmiş çeşitli devre elemanları vardır. Özellikle oransal kontrolün ağırlık kazandığı konularda servo vanaların kullanılma oranları çok yüksektir. Servo vanalar pahalı ve karmaşık bir yapıya sahiptirler. Yapımları da öteki yönlendirme vanalarına oranla zordur.

Bu araştırmayla yapımları basit ve ucuz olan ayrıca yerli teknolojiyle üretimine başlanan yönlendirme vanalarının oransal kontrol olanakları üzerinde durulmuştur. Konuya ilişkin ilk çalışmalar 1977 yılında F. Almany'a'da FAL'e bağlı Institut für Landtechnische Grundlagen Forschung'da yapılmıştır.

Bu çalışmayla oransal kontrol olanağı sağlanan bir yönlendirme vanası Ziraat Makinaları Bölümü atölyesinde yapımı gerçekleştirilen Elektro hidrolik simülatörün hidrolik donanımında kullanılmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

Yönlendirme vanaları, uzun süredir kullanılan basit akış kontrol musluklarıdır. Vananın işletilmesi için mekanik enerjiye gereksinme vardır. Bu enerji, ya doğrudan mekanik güç geliştiren kaynaklarla ya da elektrik enerjisinin manyetik etkisiyle sağlanmaktadır.

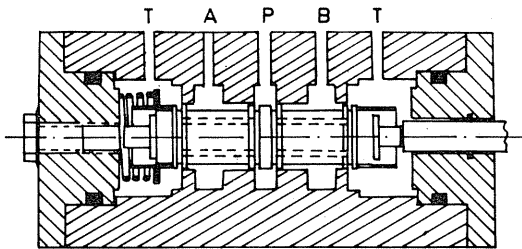
Yapıları ve yapılış amaçları gereği yönlendirme vanaları oransal kontrol yapamazlar. Vana hidrolik devreyi ya tam açacak ya da tam kapayacak bir niteliğe sahiptir. Vananın aralık kalması ve içinden geçen akışkan miktarını denetlemesi düşünülmemiştir.

Yerli ve yabancı teknoloji tarafından üretilip pazara sunulan yönlendirme vanaları bu karakteristiğe sahiptir. Hidrolik endüstrisine paralel olarak geliştirilen elektronik endüstrisi de bugün güçlü akımların kolayca denetimine olanak vermektedir. Bu nedenle oransal denetim olanağı vermeyen hidrolik vanalar elektronik kontrol yöntemleriyle donatıldıklarında yeni bir karakteristik kazanmaktadırlar.

Oransal kontrol olanağının araştırılmasında vana ve onu hareket ettiren elektromagnet ayrı ayrı ele alınıp incelenmiş ve işletme karakteristikleri çıkarılmıştır. Daha sonra elektromagnet üzerinde istenen etkinliği yaratacak değişiklikler yapılmıştır.

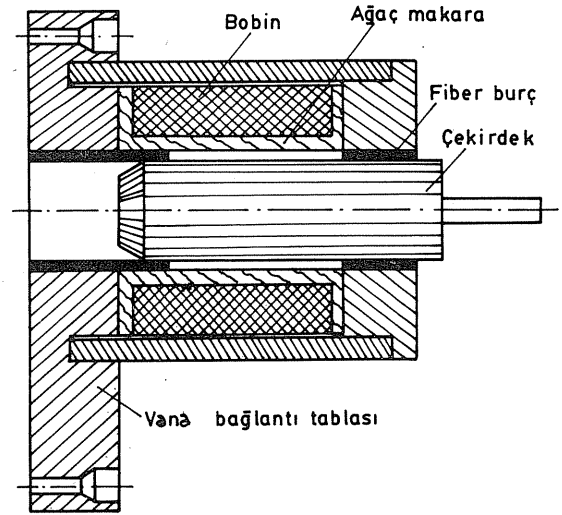
3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak 20... 40 l/d arasında yağ geçişi sağlayan vanalar seçilmiştir. Özellikle diferansiyel silindirlerinin denetimine son derece uygun olmaları, hidrolik elemana giden ve dönen yağı aynı anda kontrol etmeleri ayrıca kilitli durumda pompa sistemini yüklememeleri nedeniyle 3/4 yollu vanalar üzerinde durulmuştur. Böyle bir vana ya ait prensip şeması Şekil-1 de verilmiştir.

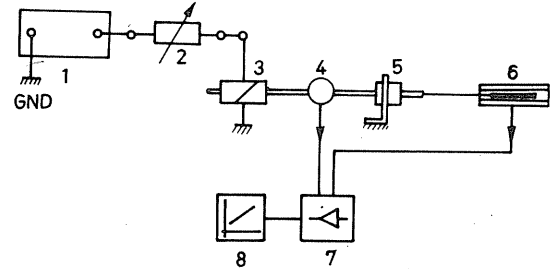


Şekil 1. 3/4 yollu hidrolik vana planceri ve yuvası (T-tank, A-1. Çıkış, P-Pompa, B-2.Çıkış)

Vanayı hareket ettiren elektromagnet açma kapama süresini en aza indirecek bir yapıya sahiptir. Ancak bu haliyle oransal kontrol amacına uygun olmadığından Şekil 2 de montaj resmi verilmiş olan şekle dönüştürülmüştür. Dönüşüm sırasında burada verilmeyen çeşitli olanaklar denenmiş, bunlardan ancak bu yapı istenen etkinliği sağlamıştır. Şekil 3 te deneme düzenine ilişkin ölçme sisteminin şeması verilmiştir.



Şekil 2. Geliştirilen elektromagnetik kesit şeması.



Şekil 3. Magnet deney düzeni prensip şeması.

1. DC kaynak, 2. Gerilim kontrol potansiyometresi, 3. Elektromagnet, 4. Dört DMS'li tam köprü ölçü halkası, 5. Magnet çekirdeğe hareket veren somun, 6. İndüktif yol verici, 7. Amplifikatör, 8. İki koordinatlı yazıcı.

Karakteristiklerin çıkarılmasında 40 l/d ya kadar akış ölçen türbin tipi indüktif debi verici, indüktif basınç ve yol verici, iki kanallı bir amplifikatör, dört elemanlı halka biçiminde bir dinamometre ve iki koordinatlı bir yazıcı kullanılmıştır.

analog hesaplayıcı geliştirilmiştir. Şekil 1-10 analog
layıcının elektronığı verilmiştir.

ISI-35

Vana plancerinin istenen yerde durmasını sağlamak için elektromagnet bobinine frekansı sabit ancak impuls uzunluğu ayarlanabilen dörtköşe dalga akımı uygulanmıştır.

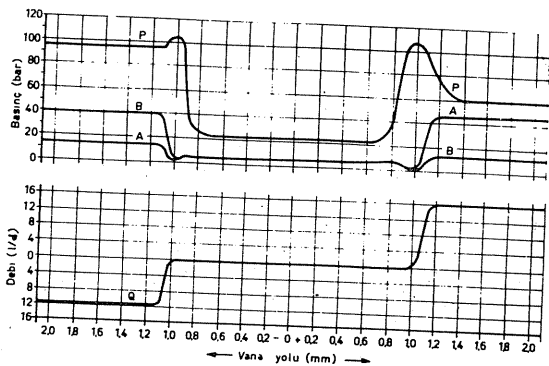
Çok yavaş değişen sinyallerin izlenmesinde bu yöntem biraz değiştirilmiş ve elektromagnet bobinine uygulanan sinyallerin frekansı küçültülerek plancerin sürekli titreşim yapması sağlanmıştır. Böylece bobinlere uygulanan darbeli akımın impuls uzunluğuna göre vana plancerinin istenen tarafta daha fazla açma kapama yapma olanağı sağlanmıştır. Bu yöntem özellikle otomatik dümenleme ve pulluk kontrolu konularında kullanılacak nitelikte bulunmuştur.

Elektronik devreyle yapılan tüm ölçmelerde ve denemelerde yol vericiden alınan sinyal, operasyon amplifikatörü yardımıyla geri besleme değeri olarak elektronik girişine uygulanmıştır.

3. DENEME SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Yol-debi ve yol-basınç ilişkileri incelenen yönlendirme vanalarının karakteristikleri, yapıları ve işlevleri gereği birbirlerine benzer bulunmuştur. Vanaların tümünde açılma ve kapanma anlarındaki olaylar, kesitlerin değişimleri aynı esaslara göre olduğundan aralarında önemli bir fark saptanmamıştır.

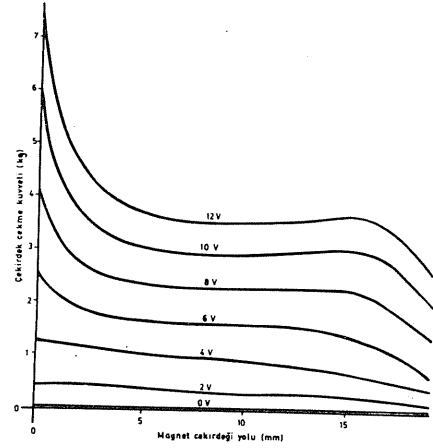
Vanaların tümünde sıfır debiden en büyük debiye geçiş sağlayan plancer yolu 1 mm den fazla değildir. Bu yol özellikle küçük debilerde kullanılan vanalarda daha da azalmakta ve 0,1... 0,2 mm ye kadar inmektedir. Oransal kontroldaki güçlükler plancer yolunun küçüklüğünden kaynaklanmaktadır. Sürekli doğru akım ya da alternatif akımla planceri istenen yerde durdurma olanağı yoktur. Plancerin vana kovanına sürmesi sonucu ortaya çıkan histerezis de gözönüne alınırsa istenen koşulun yaratılacağı açıklık kazanmaktadır. Şekil 6 da verilen karakteristik 20 l/d lik bir vanaya aittir.



Şekil 6. 20 l/d lik bir vanaya ilişkin karakteristik.

Şekildeki debi-yol karakteristiğinde ortada uzunca bir bölgenin bir işleve sahip olmadığı görülmektedir. Yönlendirme vanalarında açma anına kadar plancerin yeter bir hıza ulaşmasını sağlamak için ayrılan bu bölgenin oransal kontrolde hızla geçilmesi zorunlu olmaktadır.

Yönlendirme vanalarının çalıştırılmasında kullanılan elektromagnetler de açma-kapama sürelerini en aza indirecek biçimde yapılmıştır. Şekil 7 de 12 V doğru akımla kullanılan bir elektromagnete ilişkin işletme karakteristiği verilmiştir. Normal işletme koşulunda bu karakteristiğin ancak 5 mm lik kısmı



Şekil 7. Denenen bir magnete ilişkin karakteristik.

kullanılmaktadır. Çekirdek kuvvetinin en büyük olduğu anda plancer tam açık duruma ulaşmakta ve çekirdek manyetik devresini tümüyle kapatmış olmaktadır. Açma işlemi sonunda çekirdeğin manyetik olarak kilitlenmesi dönüş için bobin akımının azaltılmasını etkisiz hale getirmekte ve sonuçta ikinci bir histerezis oluşmaktadır. Akımın tümüyle kesilmesi sonucu plancerin iki ucundaki yayların etkisini açığa çıkardığından vana hızla kapalı duruma dönmektedir. Magnet çekirdeğinin de kendi yuvası içindeki sürünmesi üçüncü bir histerezis kaynağı olmaktadır.

Oransal kontrol için buraya kadar özetlenen bu sakıncaların giderilmesi gerekmektedir. Bu konuda vana planceri üzerinde yapılacak bir işlem yoktur. Yuvasından çıkarılan plancere açma-kapatma yolunu artırmak için yapılacak en küçük işlem bozulmasını sonuçlamaktadır. O halde vana karakteristiği olduğu gibi alınmalıdır.

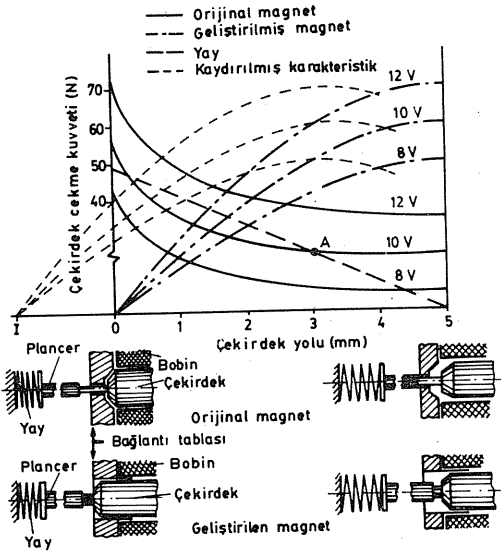
Planceri hareket ettiren magnet ve çekirdek üzerinde her zaman değişiklik yapma olanağı vardır. Özellikle manyetik kilitlenmeyi yok edecek ve karakteristiği daha doğrusal duruma getirecek önlemler oransal kontrol konusunda yardımcı olmaktadır.

Çekirdeğin yuvasına sürmesi sonucu doğan histerezis yabancı teknolojilerde çekirdek üzerinin çok ince teflon ya da benzeri sentetik kaygan malzemelerle kaplanmasıyla giderilmiştir. Çalışmada bu olanağın bulunamadığından çekirdek yuvasına iki baştan

geçirilen fiber burçlar raybalanmış ve önceden parlatılmış çekirdeğe alıştırılarak yeter düzeyde bir kayganlık sağlanmıştır.

Manyetik yapışma olayı ise çekirdek yuvasının plancer tarafından da genişletilerek yapışma yüzünün ortadan kaldırılmasıyla tümüyle önlenmiştir. Ayrıca oluşturulan bu yapının karakteristiği de oransal kontrolün kararlılığı yönünden çok uygun bulunmuştur. Elektromagnetin yapımında kaynak konstrüksiyon önceki girişimlerde sürekli sorunlar yarattığından kullanılmamış, bağlantılar sıkı geçme ve civatalarla sağlanmıştır.

Elektromagnete kazandırılan yeni karakteristik, eski karakteristik ve çekirdeğe karşı çalışan yayın karakteristiği toplu olarak Şekil 8 de gösterilmiştir. Magnetin orijinal durumuna ilişkin karakteristikte bobine akım uygulanmasıyla bir çekme kuvveti doğmakta, çekirdek ilerledikçe bu kuvvet çekirdeğin alını ile bağlantı tablaları arasındaki açıklığın kare-



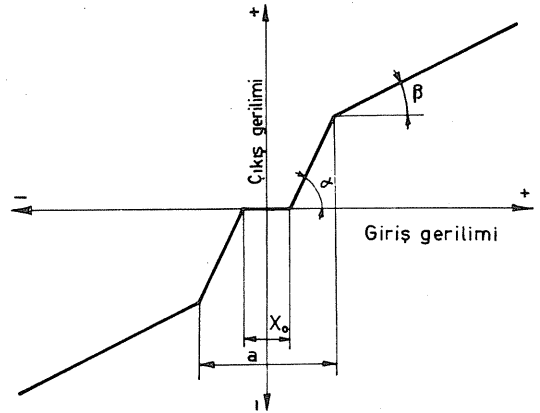
Şekil 8. Geliştirilen magnete ilişkin karakteristikğin karşılaştırması.

siyle ters orantılı olarak artmakta ve çekirdek alınının tablaya değmesiyle en büyük değerine ulaşmaktadır. Şekilden de görüleceği gibi bu karakteristikte bobin geriliminin oransal kontrol amacıyla azaltılması halinde çekirdeğe ait karakteristik (A) noktasında yay karakteristiğinin altına inmekte ve çekirdek hareketi son bulmaktadır. Yay ve çekirdek karakteristiklerinin aynı yönde artması kararsız bir işletme koşulu yaratmaktadır.

Yapılan değişiklikle çekirdeğe ait karakteristik ters çevrilmiş ve değişik işletme gerilimleri için kararlı işletme noktaları yaratılmıştır. Bu uygulama sırasında çekirdeğin yolu 0 mm ye yaklaşırken manyetik devrenin giderek kapanması sonucu kuvvet azalmakta ve çekirdeğin tam yolunu alması halinde çekirdek kuvveti sıfır olmaktadır. Kuşkusuz bu durum, plancerin bir önceki duruma göre aynı yolu al-

masına olanak vermemektedir. Bu sakınca çekirdek alını ile plancer ucu arasında 1,5 mm kalınlığında fiber bir pulun yapıştırılmasıyla hemen hemen tümüyle önlenmiştir. Uygulama sonunda geliştirilmiş manyete ilişkin eğrilerin 0 noktasından I noktasına kayması sağlanmış ve nominal işletme geriliminde vana'nın tam açılması gerçekleştirilmiştir. Kaydırılmış karakteristikğin yay karakteristiğini kestiği noktada plancer toplam yolunun %90'ını almış olmaktadır. Vana karakteristiği incelenirse eksik kalan %10 yolun yağ akışı üzerinde etkili olmadığı görülecektir. Dilenirse I noktası daha da sola alınabilir. Ancak uygulamada buna gerek görülmemiştir.

Vana plancerindeki sürtünme histerezi açma ve kapama noktalarının çıkışmasına olanak vermemektedir. Ayrıca sadece bobin geriliminin kontrol edilmesiyle plancerin tam kesim noktasında durdurulması çoğu kez sağlanamamaktadır. Plancerin ölü bölgeyi hızla aşıp işletme noktasını oluşturan kesim noktasında durmasını sağlayabilmek için Şekil 4 de şeması verilen analog hesaplayıcı kullanılmıştır. Elektronik karakteristiği ile vana karakteristiği arasında kurulan benzerlik yardımıyla plancerin ölü bölgeyi hızla geçip oransal kontrol bölgesine yaklaşıncaya yavaşlaması sağlanmıştır. Elektronik girişine uygulanan sinyal için de duyarsız olan bir ölü bölge ayrılmıştır. Şekil 9 da bu bölge X_0 ile gösterilmiştir.



Şekil 9. Analog hesaplayıcı karakteristiği.

- X_0 : Elektronikğin ayarlanabilir ölü bölgesi
- a : Vana plancerinin ölü bölgesi
- α : Ölü bölgeden hızlı geçiş için ayarlanabilir eğim açısı.
- β : Oransal kontrol bölgesinde çıkış gerilimi ayar açısı.

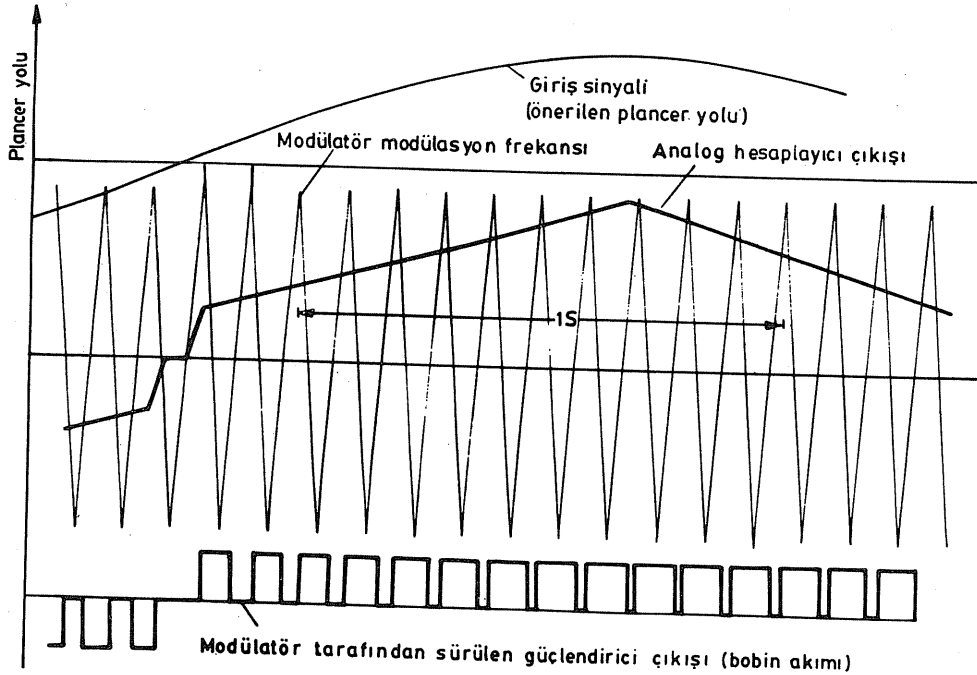
olup sistemin kararlı çalışması için sıfıra yakın bir değere ayarlanmıştır. Bu bölgenin tümüyle kaldırılması olası ise de bu kez vana plancerinin hiçbir zaman ortada duramayacağı açıkça görülmektedir. Giriş sinyalinin ölü bölge için ayrılan değeri aşması halinde (örneğin $\pm 0,1$ V) elektronik çıkışı birden gerçekleşmekte ve çıkış gerilimi ayarlanabilir α açısına bağlı olarak yükselmektedir. Bu hızlı gerilim artışı vana plancerinin de hızlı hareketini sağlamak ve çok kısa süre içinde ölü bölge geçilmektedir. Vana-

nın ölü bölgesi geçilince bu kez giriş gerilimindeki artış çıkış gerilimini daha az oranda etkilemekte dolayısıyla plancerin istenen yere kadar gitmesini sağlayacak daha yavaş değişen bir uyarı akımı elde edilmektedir.

KAYNAKLAR

- ERNST, F., 1963. Handbook of Operational Amplifier Applications. Burr-Brown Research Corporation. Tucson, Arizona, 85706.
- HESSE, H., 1972. Puls dauermodulierte Steuerung Magnetventilen. 0+P 16 Nr 11.
- PIPPINGER, J.J., KOFF, R.M., 1959. Fluid-Power Controls. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- SCHAUFELBERGER, W., Operationsverstärker und ihre Schaltungstechnik. 3. Auflage, Kontron GmbH und Co. KG. München.
- ANONYMOUS, 1978. Linear Application Handbook National Semiconductor Corporation, Santa Clara, California, 95051.
- ANONYMOUS, 1974. 1973-74 Bosch Hydraulik Informationen. Grundlagen, Grate, Funktions, beschreibung. 1. Robert Bosch GmbH, Hausdruckerei, Stuttgart.

Plancerde önlenemeyen sürtünme histerezisinin etkisini azaltmak ve istenen açıklığı sağlamak amacıyla analog hesaplayıcı çıkışı digital sinyal üreten ve impuls uzunluğu ayarlanabilir bir modülatöre verilmiştir. Modülatör giriş sinyaliyle orantılı uzunlukta, dörtköşe dalga impulsı yaratmakta ve bu impuls- lar güçlendirilerek bobinlere uygulanmaktadır. Böylece modülatörün modülasyon frekansı aynı frekansta üretilen dörtköşe dalgalar bobin çekirdeğinin bu frekansla titreşmesini sağlamaktadır. Sinyal aldığı sürece devamlı titreşim yapan çekirdek, planceri de titreşimli bir hareketle istenen bölgeye kadar sürmektedir. Açıklanan bu yöntem Şekil 10'da modülatörün modülasyon frekansı yaklaşık 100 kez yavaşlatılarak çizilmiştir. Gerçekte her bir üçgen modülasyon frekansı, 100 üçgen dalgadan oluşmakta-



Şekil 10. Oransal kontrolde sinyal dönüşümü.

dır. Vana bobinine uygulanan akımdaki impuls değişimi de şeklin altında dörtköşe dalgalar halinde gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi plancer yolu arttıkça, analog hesaplayıcının gerilimi yükselmekte ve bobinlerden geçen impuls akımının süresi artmaktadır.

Yapımı gerçekleştirilen sistem A.Ü. Ziraat Fakültesi Ziraat Makinaları bölüm atölyesinde imal edilen hidrolik simülasyon oransal kontrol devresinde kullanılmış ve tatminkâr sonuç alınmıştır. Aynı yöntemle bir traktörün ve biçerdöverin hidrolik dümenleme işi gerçekleştirilebilir. Ayrıca sistem gerekli geri besleme devreleriyle donatıldığında otomasyon için son derece uygun koşullar yaratmaktadır.

**Hava Tehdidini ANCAK
Hava Kuvveti yenebilir**

HAVA KUVVETLERİNİ GÜÇLENDİRME VAKFI