



TARIM TRAKTÖRLERİNDE KULLANILAN TRANSMİSYON KONTROL VALFİNİN TASARIMI

DESIGN OF TRANSMISSION CONTROL VALVE USED IN AGRICULTURAL TRACTORS

**Murtaza Atik
Özay Mürkit
Gökay Uymaz**

ÖZET

Transmisyon kontrol valfleri; traktör hidrolik sistemlerinde kuyruk miline hareket verme, iki çeker-dört çeker dönüşümü yapma, traktörün ileri geri hareket yönünü belirleme, diferansiyel kilitleme, park freni gibi çeşitli transmisyon fonksiyonlarını kontrol etmektedir. Solenoid valfler, basınç artırıcı valfler, basınç düşürücü valfler ve minimum basınç valfleri gibi komponentlerin birlikte kullanıldığı hidrolik, elektro-hidrolik valflerdir. Valf üzerinde sistem basıncını ve sıcaklığını sürekli ölçen ve ECU ile sürekli iletişim halinde olan sensörler mevcuttur. ECU motor devrini, araç hızını ölçen sensörler ile de sürekli haberleşerek transmisyonu kontrol etmek için yazılımda belirtilen güvenlik ve konfor şartlarını sağlayan doğru yöntemleri seçer. Bildiride 140 hp traktörlerde kullanılan transmisyonun fonksiyonlarının kontrolü için tasarlanan transmisyon kontrol valflerinin tasarım ve test süreçlerinden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarım traktörleri, Tasarım, Transmisyon kontrol valfi, Elektro-hidrolik kontrol

ABSTRACT

Transmission control valves control various transmission functions in tractor hydraulic systems such as moving the PTO shaft, two-wheel drive-four-wheel drive conversion, determining the direction of movement of the tractor backward and forward, differential locking, parking brake. Solenoid valves are hydraulic, electro-hydraulic valves in which components such as pressure increasing valves, pressure reducing valves and minimum pressure valves are used together. There are sensors on the valve that continuously measure the system pressure and temperature and are in constant communication with the ECU. The ECU constantly communicates with sensors that measure engine speed and vehicle speed, and selects the right methods that provide the safety and comfort conditions specified in the software to control the transmission. In the study, the design and testing processes of the transmission control valves designed for the control of the transmission functions used in 140 hp tractors were mentioned.

Key Words: Agricultural tractor, Design, Transmission control valves, Electro-hydraulic control

1. GİRİŞ

Hidrolik transmisyon kontrol valfleri, solenoid valfler ve elektronik kontrol ünitesi yardımıyla, kuyruk miline hareket verme, iki çeker-dört çeker dönüşümü yapma, traktörün ileri geri hareket yönünü belirleme, diferansiyel kilitleme, park freni gibi fonksiyonları yerine getirmek için kullanılan silindirlere gerekli basınç uygulanmasına olanak sağlayan sistemlerdir. Bu fonksiyonları kontrol etmek için gerekli olan basınç genellikle 18-20 bar civarındadır. Basıncı istenilen değerlerde tutabilmek için, basınç artırıcı valfler ve oransal valfler kullanılmaktadır.

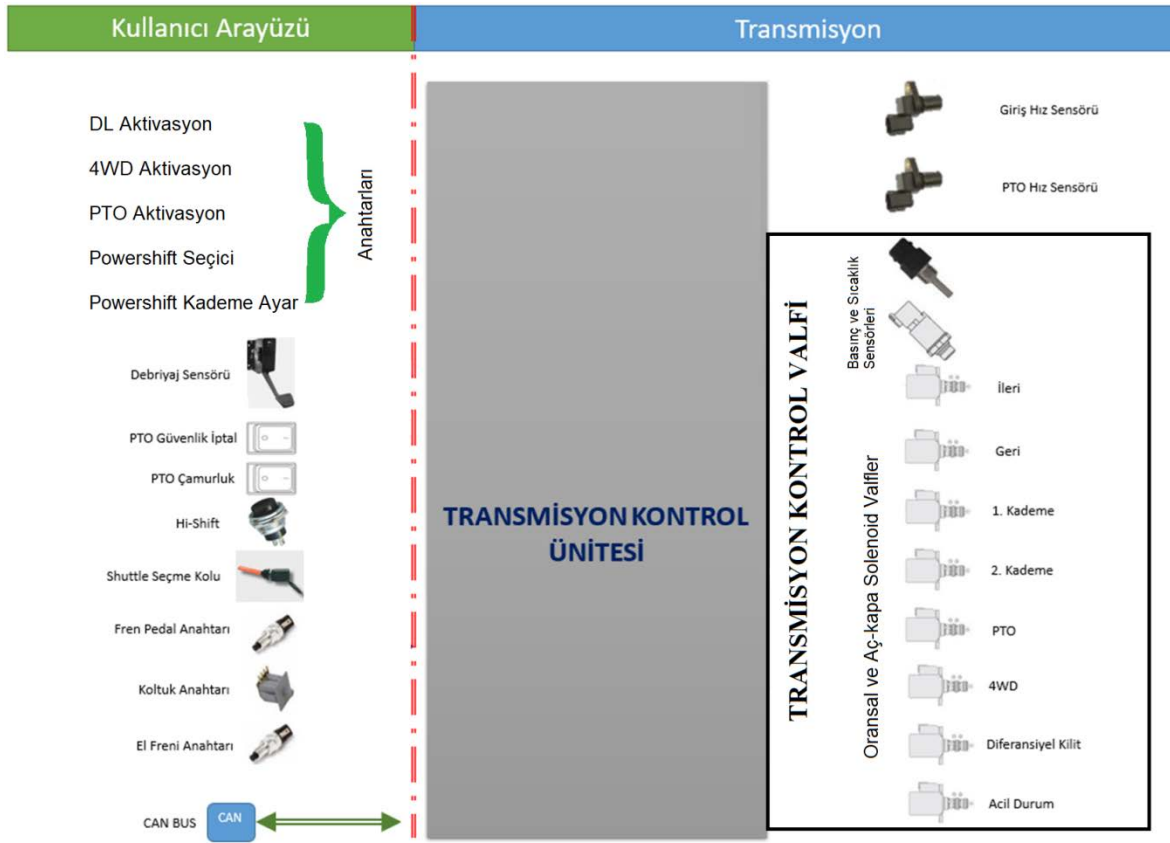
Elektronik kontrol ünitesi, traktörün mekanizmalarının kontrolü, kullanıcı girişlerinin tespiti, giriş hızı, PTO hızı, transmisyon yağ sıcaklığı ve hidrolik sistem basıncı gibi parametrelerin tespiti, tespit edilen bilgilerin değerlendirilmesi, arıza teşhisi ve gösterimini de içerecek şekilde uygulanmasını sağlayan sistemlerdir.

Çalışmada 140 hp traktörlerde kullanılan, transmisyon kontrol valflerinin ve elektronik kontrol sistemlerinin tasarım ve test süreçlerinden bahsedilmiştir.

2. TRANSMİSYON KONTROL ELEMANLARI

Power Shuttle transmisyon sistemi elektronik-hidrolik olarak kontrolün mümkün olduğu bir transmisyon sistemidir. Üzerinde bulunan kontrol ünitesi sayesinde, transmisyon fonksiyonlarını, tanımlanmış parametreler ve kullanıcı girişleri ile kontrolünü sağlar.

Transmisyon Kontrol Valfi'nin sistem üzerindeki yeri diyagramda gösterilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Sistem blok diyagramı

2.1. Transmisyon Kontrol Sistemi

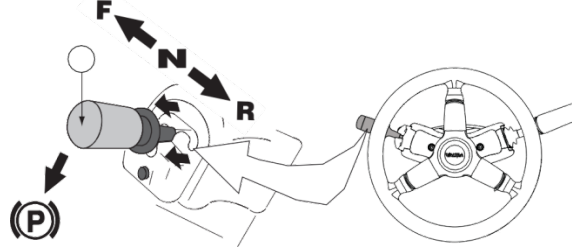
Sistemi oluşturan elemanlar;

Transmisyon sisteminin fonksiyonelliğinin kontrolünü Transmisyon Kontrol Ünitesi sağlar. 12-24Vdc çalışma gerilimlerinde çalışabilmektedir.

Giriş hız sensörü, transmisyon giriş mili hızını ölçer. Giriş ile çıkış arasındaki etkileşimin analizinin gerçekleştirilmesinde ve bu etkileşimin transmisyon fonksiyonlarına etkisini yönetmekte kullanılır.

PTO hız sensörü PTO hız değerlerini okur ve ECU (Elektronik Kontrol Ünitesi)'ne aktarmakla görevlidir.

Shuttle seçme kolu aracın hareket yönünü seçmek için kullanılan elemandır. Üç anahtar konumu içerir: ileri, boş ve geri. Kullanıcının temel kontrol birimidir.



Şekil 2. İleri-geri seçme kolu

Debriyaj, makineyi manuel moda geçirerek ve kademeli olarak kavrama hızını kontrol etme amacı ile debriyaj kayma miktarını orantılı olarak kontrol edecek analog sensördür. Bağlı olduğu pedalın mekanik hareketini açısal olarak algılar ve ECU'ya gönderilerek transmisyonun kontrolü sağlanır.



Şekil 3. Debriyaj pedalı

Diğer kullanıcı arayüz girişleri, kullanıcı tarafından istemler olarak algılanması amacı ile transmisyon kontrol ünitesi tarafından sürekli olarak kontrol edilerek girişlerin sinyal seviyelerindeki değişimlere göre kontrol valfi üzerindeki yönetimin fonksiyonelliğini belirlemekte kullanılır.

2.2. Kontrol Valfi Elemanları

2.2.1. Sıcaklık Sensörü

Kontrol valfi -40 ile +150°C arasında yağ sıcaklığının ölçümüne olanak sağlayan bir sıcaklık sensörü içerir. Sıcaklık sensörü kullanılarak yağ sıcaklığının fonksiyonlara etkisinin yönetilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 4. Sıcaklık sensörü

2.2.2. Basınç Sensörü

Valf yağ basıncını görüntülemek için basınç sensörü içerir.

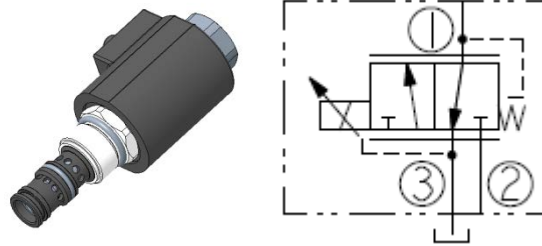
Basınç sensörü kullanılarak aktivasyon basınç kaynağı basınç değerlerinin fonksiyonlara etkisinin yönetilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 5. Basınç sensörü

2.2.3. Solenoid valfler

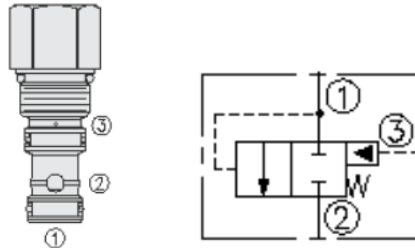
Kontrol valfinde 3 farklı tip solenoid valf kullanımına gereksinim duyulmuştur; bunlardan ilki transmisyonda bulunan kavramaları aktifleştirerek güç aktarımının sağlanması için gerekli basıncı silindirlere ileten ve bu basıncın ayarlanmasını sağlayan oransal solenoid valflerdir. Bu valfler traktörün ileri, geri, kademe 1, kademe 2, PTO hareketlerine kumanda etmektedir. 3 yollu 2 konumlu, direk etkili, sürgülü ve basınç düşürücü özellikli ve kartuş tiplidir. İkicisi 3 yollu 2 konumlu, direk etkili, sürgülü tipte valflerdir. Dörtçeker ve diferansiyel kilitleme özelliklerini aktif de-aktif eden valflerdir. Üçüncüsü ise ikinci ile aynı teknik özelliklere sahip fakat tasarım gereği boş konumdayken farklı yollara açık olan valflerdir. Sistemde güvenlik amaçlı kullanılmıştır.



Şekil 6. Solenoid valf ve örnek devre şeması

2.2.4. Basınçlandırma Valfleri

Basınç arttırıcı tip hidrolik kontrol valfleri, hidrolik sistemde tank hattına seri olarak bağlanırlar. Pompadan gelen tüm debi bu valf üzerinden geçer ve sistem çıkışındaki tank hattı basıncını arttırmırlar. Oluşan basınç, solenoid valfler aracılığıyla transmisyon fonksiyonunu sağlayan silindirlere yönlendirilir. Tasarım gereği 2 çeşit kartriç tip, pilot uyarılı basınçlandırma valfi kullanılmıştır.



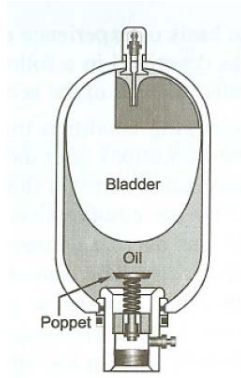
Şekil 7. Basınçlandırma valfi ve örnek devre şeması[1]

2.2.5. Basınç Düşürücü Valfler

Basınç düşürücü tip hidrolik kontrol valflerinde basınç düşürücü valfler, hidrolik sisteme paralel olarak bağlanır ve sistem basıncını kullanırlar. Bu tip hidrolik kontrol valflerinin kullanıldığı hidrolik sistemlerde sistem üzerindeki basınç değerinin minimum motor devrinde, sistemdeki dirençlerden kaynaklı basınç kaybı, istenen çıkış basıncından büyük olmalıdır. Basınç artırıcı tip hidrolik kontrol valflerinde olduğu gibi elde edilen çıkış basıncı, selenoidler yardımıyla silindirlere iletilir.

2.2.6. Akümülatör

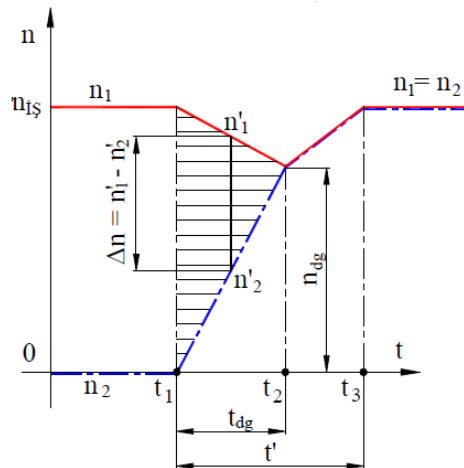
Hidrolik devrelerde basınç enerjisini depolayan ve ihtiyaç duyulduğunda bu enerjiyi çok hızlı bir şekilde sisteme veren devre elemanlarıdır. Tasarımda 0.75 litrelik 210 bar çalışma basıncına dayanıklı bir adet akümülatör kullanılmıştır.



Şekil 8. Akümülatör [2].

3. UYGULAMA YÖNTEMİ VE SONUÇLAR

Transmisyon kontrol valfinin tasarımı yapılırken, traktör hareketlerini doğru bir şekilde kontrol etmeyi sağlamak için uygulanan yöntemler şöyledir. Öncelikle transmisyon aynı eksen üzerindeki millerin birbirine sıkı, hareketli, esnek veya çözülebilir şekilde kuvvet ve hareket iletimine aracılık yapan, milleri birleştiren makine elemanları kavrama olarak adlandırılır. Hareketsiz duran makina parçasını hareketli bir mil ile harekete geçirmek bir an içinde olamaz. Bu bir takım işleme ve zamana bağlıdır. Bu işleme kavrama işlemi denir (Şekil 3) ve analizi şöyledir.



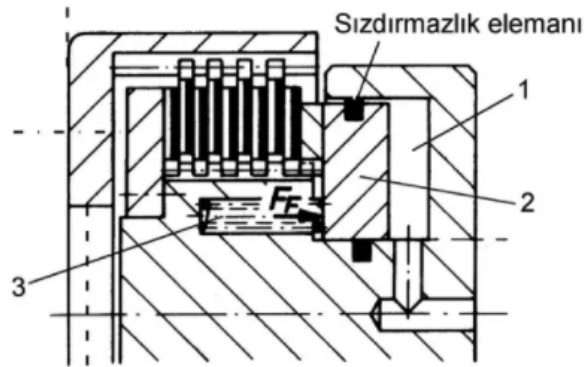
Şekil 9. Kavrama diyagramı [3]

a) t_1 anında kavrama (sürtünme) işlemi başlar. Hareketli parça işletme devir sayısı ile dönmektedir, $n_{i\dot{s}}=n_1$. Kavranacak parça hareketsiz, $n_2=0$ dir ve sıfırdan n_1 devir sayısına (ivmelendirilmelidir) getirilmelidir.

b) t_2 anına kadar parçalar göreceli olarak kayarlar. Bu araya devreye girme zamanı " t_{dg} " denir ($\Delta t_{dg} = t_2 - t_1$). Kayma bu zaman aralığında vardır ve t_2 anından itibaren parçaların göreceli kayması durur. Bu arada n_1 devir sayısında frenlendiğinden, bir miktar düşüş gösterir. Devir sayısı, tahrik momentinin ivmelendirilen kütleyle oranına göre düşer. t_2 anında kavrayan parça ile kavranan parça aynı devir sayısına n_{Ka} gelmiş ve kavrama işlemi bitmiştir.

c) n_{Ka} dan $n_1 = n_2 = n_{i\dot{s}}$ ye kadar geri kalan son işlem parçaların tam kavranmış halleriyle devam eder. Belli bir t' zamanından sonra parçalar aynı devir sayısı ile dönerler ve $n_1 = n_2 = n_{i\dot{s}}$ olur [3].

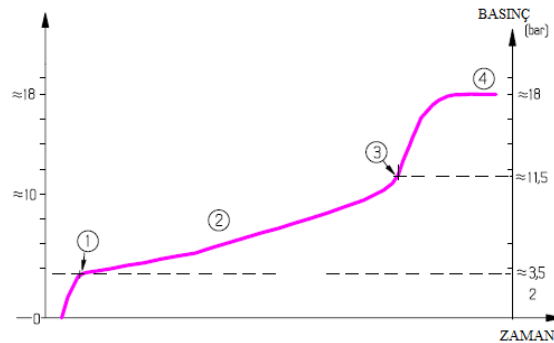
Transmisyon tasarımında hidrolik kontrollü kavramalar kullanılmıştır. Bu kavramaların çalışma prensibi aşağıdaki şekil 10 ile birlikte anlatılmıştır.



Şekil 10. Hidrolik kontrollü kavrama [4].

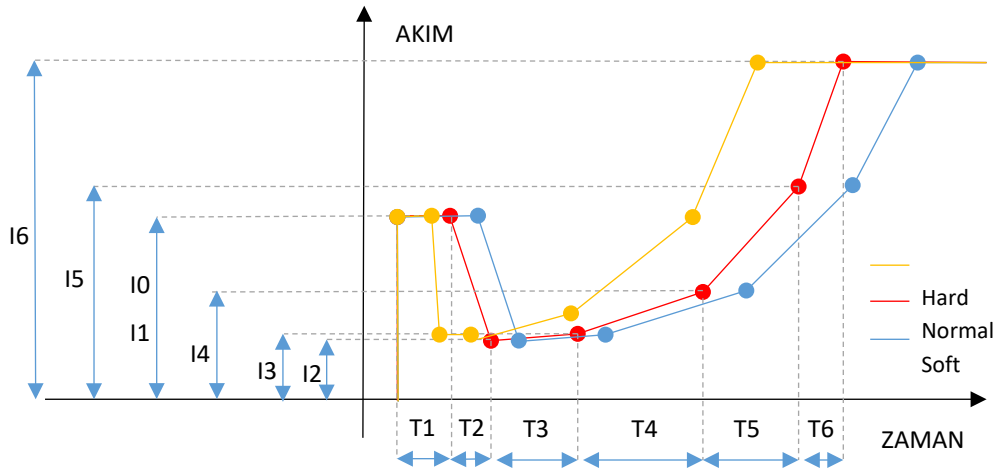
Kavrama sisteminde bulunan mekanizmada, basıncı kontrol edilebilen yağ 1 numaralı odaya girer. 2 numara ile gösterilen halka şeklindeki pistonu eksen yönünde iter ve balataları sıkıştırır. Bu şekilde kavrama sağlanmış olur. Bu gölgeye solenoid kapatılarak yağ geçişi engellenir. Yağ basıncı kalkınca 3 numara ile gösterilen yay/yay paketleri pistonu iter ve çözülme gerçekleşmiş olur[4].

Bu teorik hesaplamaya dayanarak yapılan transmisyon tasarımında, tam kavramanın gerçekleşmesi için Şekil 11'da gösterildiği gibi zaman-basınç eğrisi oluşturulmuştur.



Şekil 11. Tam kavramanın sağlanabilmesi için gerekli basınç-zaman değişim grafiği

Sistem içerisinde, aracın hareketi için gerekli basınca ulaştırılması amacıyla kontrol valfi üzerindeki ilgili solenoid şeklindeki bir uygulama akım/zaman profili belirlenmiştir.



Şekil 12. Tam kavramanın sağlanabilmesi için gerekli basınç-zaman değişim grafiği

Profil temel girdileri;

T1, T2, T3, T4, T5 zaman değerleri profil başlangıcı itibari ile tanımlanmış sıralı uygulama zaman aralıkları,

I0 başlangıç akımı ve T1 süresi ilk durum akımı,

I1 akımı T1 süresi son durum akımı,

I2 akımı T2 süresi son durum akımı,

I3 akımı T3 süresi son durum akımı,

I4 akımı T4 süresi son durum akımı,

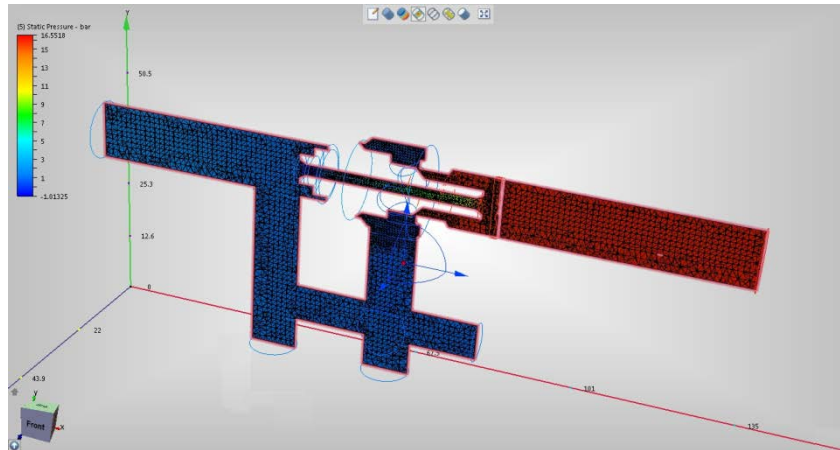
I5 akımı T5 süresi son durum akımı,

I6 akımı T6 süresi son durum akımı olarak tanımlanmıştır.

En düşük zaman aralığı 20 ms ve zaman aralık değerleri 20 ms'nin katı olacak şekilde tanımlama mümkün kılınmıştır.

3.1. Testler

Tasarım doğrulama adımlarında Autodesk CFD programında solenoidlerin akış analizleri yapılmıştır.



Şekil 13. CFD analizinden örnek

Prototip olarak üretilen kontrol valfinin tasarım doğrulama ve fonksiyon testleri valf test tezgahında yapılmıştır. Tezgahta kontrol ve veri toplama amacıyla LabView yazılımı ve ürünleri kullanılmaktadır. Ayrıca debi, sızıntı, tank sıcaklığı ve pompa açma/kapama gibi ölçümler için analog göstergeler ve tuşlar mevcuttur. Test aşamasında kontrol valfi Şekil 14 ve 15'te gösterilmiştir.

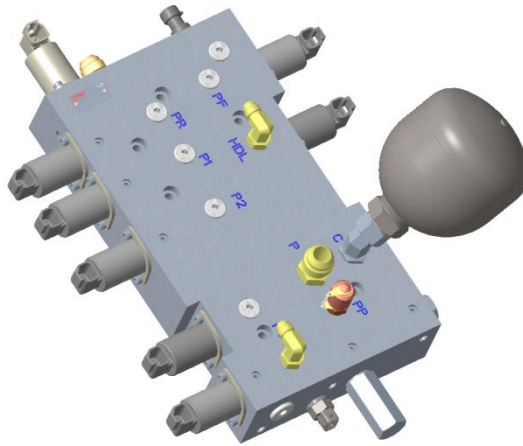


Şekil 14. Valfin test edilmesi



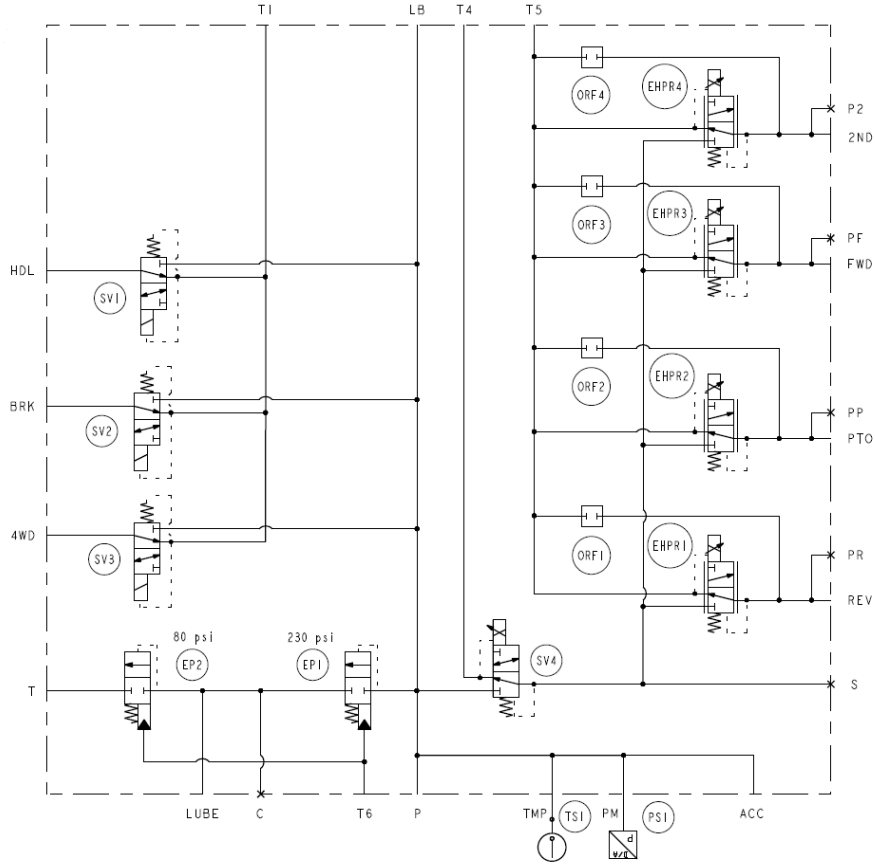
Şekil 15. Valf ve transmisyon kontrol sisteminin testleri

Tasarımı tamamlanan transmisyon kontrol valfinin görseli aşağıdaki gibidir.



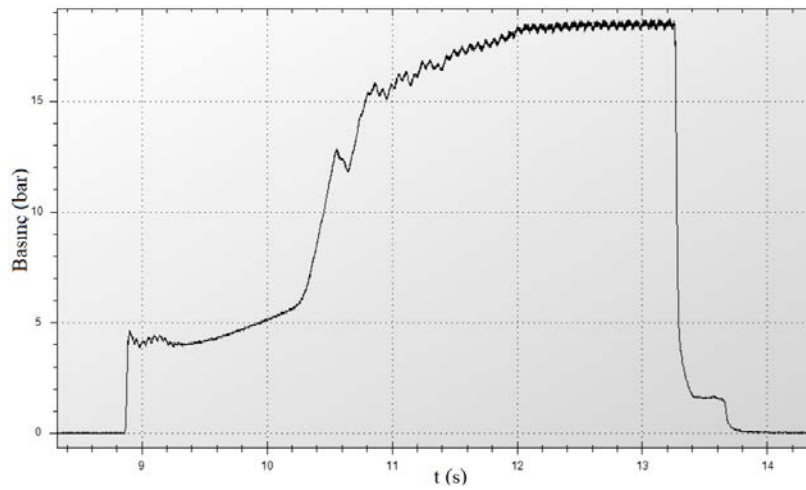
Şekil 16. Transmisyon kontrol valfi

Traktörün fonksiyonlarını eksiksiz karşılaması için tasarlanan transmisyon valfinin hidrolik devre şeması Şekil 17'de gösterildiği gibidir.



Şekil 17. Transmisyon kontrol valfi hidrolik devre şeması

Belirlenen akım/zaman profili ile çalışılarak sistem üzerinde teorik sonuçlara yakınsayacak şekilde bir sonuç elde edilmiştir. Şekil 18 de kavrama anında sistemdeki basınçlanmanın zamana göre değişimi verilmiştir. Traktör üzerine monte edilen transmisyon valfinin transmisyonda ve traktörde tüm fonksiyonları yerine getirdiği testlerle doğrulanmıştır.



Şekil 18. Kavrama anında sistemdeki basınçlanma



KAYNAKLAR

- [1] https://www.hydraforce.com/globalassets/product-pdf-files/ep10-s35_27feb2022_16-47.pdf, Erişim tarihi:2022
- [2] FITCH, E.C., HONG I.T., “Hydraulic Component Design and Selection”, BarDyne Inc., 1998.
- [3] KUTAY M.G., “Kavramalar”, www.guven-kutay.ch, Nisan 2011
- [4] <https://www.makinaegitimi.com/kumanda-tipine-gore-kavrama-cesitleri/>, Erişim tarihi:2022

ÖZGEÇMİŞ

Murtaza Atik

1989 yılı Aydın doğumludur. İlköğretim ve lise öğrenimini Aydın'da tamamladı. 2013 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Aynı üniversitede Biyosistem Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimini 2017 yılında tamamladı, yine aynı bölümde doktora eğitimine devam etmektedir. 2017 yılında başladığı Hema Endüstri A.Ş. Ar-Ge Merkezi'nde Uzman Tasarım Mühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir. Evli ve 1 çocuk babasıdır.

Özay Mürkit

1991 yılı Tekirdağ doğumludur. 2014 yılında Namık Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2020 yılında Hema Endüstri A.Ş.'de Elektronik Yazılım Mühendisi olarak çalışmaya başladı. Halen Hema Endüstri A.Ş. Ar-Ge Merkezinde Yazılım Geliştirme Şefi olarak görev yapmaktadır.

Gökay Uymaz

1975 yılında Coesfeld/Almanya'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Edirne'de tamamladı. 1997 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1999 yılında Hema Endüstri A.Ş.'de Tasarım Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2020 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında doktora programını tamamladı. Halen Hema Endüstri A.Ş. Ar-Ge Merkezi'nde Tasarım Müdürü olarak görev yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.