

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SERVO ELEKTRONİK VALFLER İLE HİDROLİK
ASANSÖRDE HIZ KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Müh. Çağrı Bahadır
(518051008)**

Anabilim Dalı: Mekatronik Mühendisliği

Programı: Mekatronik Mühendisliği

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fuat Gürleyen
Prof. Dr. C. Erdem İmrak**

HAZİRAN 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SERVO ELEKTRONİK VALFLER İLE HİDROLİK
ASANSÖRDE HIZ KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Müh. Çağrı Bahadır
(518051008)**

Anabilim Dalı: Mekatronik Mühendisliği

Programı: Mekatronik Mühendisliği

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fuat Gürleyen
Prof. Dr. C. Erdem İmrak**

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarım süresince hem görüş hem de önerileriyle beni yönlendirerek desteğini esirgemeyen, bana çok emek harcayan ve her zaman ilgilenip destek olan Değerli Danışman Hocalarım Doç. Dr. Fuat GÜRLEYEN ve Prof. Dr. C. Erdem İMRAK'a en içten saygılarımla teşekkür ederim.

Tez konumun her aşamasında bana verdiği destekle, hidrolik asansör ve servo elektronik valf kontrolü konusunda derin bilgiler kazanmamı borçlu olduğum Değerli Hocam Dr. F. Kutay ÇELİK'e en içten saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamızı donanımsal ve yazılımsal alt yapı olarak destekleyen BLAIN HYDRAULICS GMBH'ye teşekkürü borç bilirim.

Deney düzeneğimiz tasarımından montajına kadar her konuda yardımını esirgemeyen Değerli Y. Elektrik Mühendisi ERSAN BARLAS'a içten dileklerle teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca bana destek olan, değerli bilgilerini benden esirgemeyerek görüş ve önerileriyle çalışmama katkı sağlayan Değerli Sayın Hocam Doç. Dr. Şeniz ERTUĞRUL'a en içten saygılarımla teşekkür ederim.

Son olarak benden manevi desteklerini hiç esirgemeyen, her an yanımda olduğunu ve beni her konuda desteklediğini bildiğim sevgili aileme ve sevgili arkadaşım Araş. Gör. Senem KURŞUN'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Haziran 2008

Çağrı BAHADIR

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Hidrolik Asansörlerin Tarihsel Gelişimi	1
1.2 Hidrolik Asansörlerde Hız ve Konum Kontrolü ile İlgili Çalışmalar	1
2. HİDROLİK ASANSÖRLER	4
2.1 Hidrolik Asansörlerin Avantajları	4
2.2 Hidrolik Asansörlerin Dezavantajları	5
2.3 Hidrolik Asansörlerin Kullanım Alanları	6
2.4 Hidrolik Asansörlerin Sınıflandırılması	6
2.4.1 Doğrudan Tahrikli Sistemler	7
2.4.1.1 Merkezden Doğrudan Tahrikli Hidrolik Asansörler	7
2.4.1.2 Yandan Doğrudan Tahrikli Hidrolik Asansörler	8
2.4.2 Dolaylı Olarak Tahrik Edilen Sistemler	9
2.4.2.1 Yandan Dolaylı Tek Pistonlu Hidrolik Asansörler	10
2.4.2.2 Yandan Dolaylı İki Pistonlu Hidrolik Asansörler	11
2.4.2.3 Karşı Ağırlıktan Tahrikli Hidrolik Asansörler	11
2.5 Hidrolik Asansörlerin Elemanları	11
2.5.1 Güç Üniteleri	11
2.5.1.1 Pompalar	12
2.5.1.2 Tanklar	13
2.5.1.3 Valf Sistemleri	14
2.5.1.4 Isıl Değiştiriciler	14
2.5.2 Hidrolik Silindirler	15
2.5.3 Seviyeleme Cihazları	15
2.5.4 Kabin Konsolları	16
2.5.5 Görüntüleme Sistemleri	16
3. DENEY DÜZENEĞİ VE ÇALIŞILAN ELEMANLAR	17
3.1 Hidrolik Birim	19
3.1.1 Hidrolik Güç Ünitesi	19
3.1.2 Servo Elektronik Valf (SEV)	21
3.2 Kontrol Birimi	24
3.2.1 Servo Elektronik Valf Kart (SEV Kart)	24
3.2.2 Servo Elektronik Valf Kartı Yazılımları	25

3.2.2.1 SEV Kartı Kontrol Programı (PID-Tool)	25
3.2.2.2 Mekanik Valf için Kullanım Arayüz Programı (Win Tacho)	29
3.3 Mekanik Birim	30
3.4 Elektriksel Birim	31
4. SERVO ELEKTRONİK VALF MODELİ	33
4.1 Yukarı Yönlü Hareket	33
4.2 Aşağı Yönlü Hareket	36
4.3 Ölçeklendirme	37
4.4 Sistem Modelinin Simulink Blokları	39
5. KONTROL YÖNTEMİ, BENZETİMLER VE DENEY SONUÇLARI	45
5.1 Kontrol Yöntemi	45
5.2 SEV Benzetimleri	50
5.3 Deney Sonuçları	56
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	62
KAYNAKLAR	64
EKLER	65
ÖZGEÇMİŞ	70

KISALTMALAR

SEV	: Servo Elektronik Valf
YÖİS	: Yapışmayı Önleyici İşaret Seviyesi
CAD-CAM	: Bilgisayar Destekli Tasarım-Bilgisayar Destekli İmalat (Computer Aided Design-Computer-Aided Manufacturing)
Exp	: Exponansiyel
www	: World Wide Web

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: Merkezden Doğrudan Tahrikli Hidrolik Asansör.....	7
Şekil 2.2	: Yandan Doğrudan Tahrikli Tek Pistonlu Hidrolik Asansör.....	8
Şekil 2.3	: Yandan Doğrudan Tahrikli İki Pistonlu Hidrolik Asansör	9
Şekil 2.4	: Dolaylı Olarak Tahrik Edilen Hidrolik Asansör.....	10
Şekil 2.5	: Yandan Dolaylı Tek Pistonlu Asansör.....	10
Şekil 2.6	: Karşı Ağırlıktan Tahrikli Hidrolik Asansör	11
Şekil 2.7	: Dişli Pompa	12
Şekil 2.8	: Paletli Pompa	12
Şekil 2.9	: Vidalı Pompa	13
Şekil 3.1	: a ve b Hidrolik Sistem Düzeneginin Fotoğrafları.....	17
Şekil 3.2	: Hidrolik Asansörün Elemanları	18
Şekil 3.3	: Birimler Arası Bilgi Aktarımı	19
Şekil 3.4	: Test Kuleleri için Tasarlanmış Güç Ünitesi	20
Şekil 3.5	: Hidrolik Güç Ünitesinin Fotoğrafı.....	20
Şekil 3.6	: Servo Elektronik Valf	21
Şekil 3.7	: Servo Elektronik Valfin Kesit Görünüşü	22
Şekil 3.8	: Servo Elektronik Valf Hidrolik Şeması	23
Şekil 3.9	: Servo Elektronik Valf Kart ve Elektriksel Bağlantı Şeması	24
Şekil 3.10	: PID Tool'un Ana Menüsü	25
Şekil 3.11	: SEV'in 1m/s Hızda PID Tool ile Çalışması.....	26
Şekil 3.12	: Hidrolik Asansörde Sürüş Parametrelerinin Kontrolü	26
Şekil 3.13	: Program Tarla ve Tarlacıklarının Kısmi Görüntüsü	28
Şekil 3.14	: İşlemcinin Komutları Okuma Düzeni	28
Şekil 3.15	: Win-Tacho Yazılımın Ana Maskesi	29
Şekil 3.16	: Yük-Basınç ve Akış Debisi-Hız Seçimi.....	30
Şekil 3.17	: Makara Mekanizması.....	31
Şekil 3.18	: Elektrik Kumanda Panosu	32
Şekil 3.19	: Konum Algılayıcıları	32
Şekil 4.1	: SEV'in Yatay ve Düşey Kesit Görünüşü	34
Şekil 4.2	: Selenoid A' nın Pim Hareketinin Simulink Modeli	39
Şekil 4.3	: Selenoid A Orifizinden Akan Akışın Simulink Modeli.....	39
Şekil 4.4	: UC Pilot Çemberinin Simulink Modeli	39
Şekil 4.5	: U Pistonun Simulink Modeli	40
Şekil 4.6	: Orifiz 2' nin Simulink Modeli.....	40
Şekil 4.7	: Tanka Tahliyenin Simulink Modeli.....	40
Şekil 4.8	: U Pistonunun Simulink Modeli	41
Şekil 4.9	: Çek Valfin Simulink Modeli	41
Şekil 4.10	: Pompa Çemberinin Simulink Modeli	41
Şekil 4.11	: Yukarı Yönlü Hareketin Simulink Modeli.....	42
Şekil 4.12	: Selenoid C' nin Pim Hareketinin Simulink Modeli.....	42

Şekil 4.13 : Selenoid C Orifizinden Akan Akışın Simulink Modeli	43
Şekil 4.14 : Orifiz 8'in Simulink Modeli	43
Şekil 4.15 : X Pistonunun Simulink Modeli	43
Şekil 4.16 : XC Pilot Çemberinin Simulink Modeli	43
Şekil 4.17 : Tanka Kaçan Akışın Simulink Modeli.....	44
Şekil 4.18 : Aşağı Yönlü Hareketin Simulink Modeli	44
Şekil 5.1 : Hidrolik Asansör Hız Kontrolü Blok Diyagramı	49
Şekil 5.2 : Pompa Çemberindeki Basınç Değişimi	50
Şekil 5.3 : UC Çemberindeki Basınç Değişimi.....	51
Şekil 5.4 : Orifiz 2' den Akan Akışkanın Debisi	51
Şekil 5.5 : Selenoid A Piminin Hareketi.....	52
Şekil 5.6 : Selenoid A Üzerinden Akan Akışkanın Debisi	52
Şekil 5.7 : Çek Valfin Hareketi	53
Şekil 5.8 : Silindirlere Akan Akışkanın Debisi	53
Şekil 5.9 : Xc Çemberindeki Basınç Değişimi.....	54
Şekil 5.10 : Orifiz 8'den Akan Akışkanın Debisi	54
Şekil 5.11 : Selenoid C Piminin Hareketi	55
Şekil 5.12 : Selenoid C Üzerinden Akan Akışkanın Debisi	55
Şekil 5.13 : X Pistonunun Hareketi	56
Şekil 5.14 : Silindirlerden Tanka Kaçan Akışkan Debisi	56
Şekil 5.15 : Koşullandırılmış PID Kontrolörle Hız Takip Eğrisi (YÖİS=3)	58
Şekil 5.16 : Koşullandırılmış PID Kontrolörle Hız Takip Eğrisi (YÖİS=4)	59
Şekil 5.17 : Pe-Ie-De Kontrol İşaretleri	59
Şekil 5.18 : Geleneksel PID + Kayma Kipli Kontrolör ile Hız Takibi	60
Şekil 5.19 : Geleneksel PID + Kayma Kipli Kontrol İşareti	60
Şekil 5.20 : Koşullandırılmış PID + Kayma Kipli Kontrolör ile Hız Takibi.....	61
Şekil 5.21 : Koşullandırılmış PID + Kayma Kipli Kontrol İşareti.....	61

SEMBOL LİSTESİ

$A_{UC}, A_{PU}, A_V, A_2, A_Z$	: Aşağı hareket için sistem dinamiği matrisleri
A_{PZ}, A_{XC}, A_Z, A_8	
$A_{ah}, B_{ah}, C_{ah}, D_{ah}, E_{ah}, F_{ah}$	: Aşağı hareket için sistem dinamiği matrisleri
$A_{yh}, B_{yh}, C_{yh}, D_{yh}, E_{yh}, F_{yh}$	: Sistem dinamiği matrisleri
$a_U, a_A, a_E, a_{XT}, a_C$	: Piston ve pim orifiz uzunlukları
B_U, B_A, B_E, B_X, B_C	: Sönüm oranları
B_P	: Akım- kuvvet sabiti
$C_2, C_A, C_4, C_T, C_{XT}, C_C, C_8$	: Orifiz sabitleri
$D_{U1}, D_{U2}, D_{A1}, D_{UC1}, D_{P1}, D_{E2}$	: Durum matrisi doğrusallaştırma sabitleri
$D_{UC2}, D_{P2}, D_X, D_C, D_{XC}$	
e	: Hata işareti
$G_E, G_P, G_X, G_C, G_{XC}$	: Çıkış matrisi doğrusallaştırma sabitleri
K_U, K_A, K_E, K_C, K_9	: Yay esneklik katsayıları
K_P, K_D, K_I	: P,I,D kontrol katsayıları
$k1, k2$	: Kayma yüzey fonksiyonu ağırlık katsayıları
$M1, M2, M3$	: Kontrol işareti ağırlık katsayıları
m_U, m_A, m_E, m_X, m_C	: Piston ve pim kütleleri
n	: Yarık sayısı
s	: Kayma yüzey fonksiyonu
u	: Kontrol işareti
V_{UC0}, V_P, V_{XC0}	: Basınç odaları ilk hacimleri
x	: Durum değişkenleri matris
$\dot{x}$	: Durum değişkenlerinin türevleri matris
y	: Çıkış matrisi
w	: Bozucu girişler matrisi
β_E	: Eşdeğer bulk modülü
ρ	: Akışkan özkütlesi
T	: Örnekleme zamanı
e_k	: Hatanın işlem anındaki değeri
e_{k-1}	: Hatanın işlem anından bir örnekleme zamanı önceki değeri

SERVO ELEKTRONİK VALFLER İLE HİDROLİK ASANSÖRDE HIZ KONTROLÜ

ÖZET

Önceleri endüstride temel olarak ağır yükleri kaldırmakta faydalanılan hidrolik asansörlerin günümüzde insan taşımakta da kullanılmasıyla birlikte kullanım alanları hızla artmaktadır. İşin içine insan faktörünün girmesiyle birlikte bu tip asansörlerde konfor ve zamanlama önem kazanmıştır. Konfor ve zamanlama tam anlamıyla ancak kapalı çevrim kontrol edilen sistemlerde sağlanabilir. Bu nedenle servo elektronik valfler bu uygulama alanında yerini hızla almaktadır.

Bu çalışmada hidrolik asansörlerle ilgili temel bilgilere yer verilmiş, sistem kontrolünde kullanılan elemanlar sunulmuştur. Bununla birlikte kullanılan servo elektronik valfin modeli çıkarılmış ve durum benzetimleri gözlenmiştir. Daha sonra gerçek bir hidrolik asansör sisteminin hız kontrolü sağlanmıştır. Bununla beraber bir hidrolik asansörün servo elektronik valfler ile hız kontrolü anlatılmış, hız kontrolü esnasında karşılaşılan problemlere değinilmiş, ve bunların çözümü için öneriler getirilmiştir. Kontrol yöntemi olarak geleneksel PID, koşullandırılmış PID ve kayma kipli kontrolör tipleri birleşimleri kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan elemanlar; gerçek bir kat asansörü, bu asansörün konumunu belirleyen kat algılayıcıları, asansörün gerçek hızını ölçen bir enkoder, Blain Hydraulics Gmbh tarafından hazırlanan hidrolik bir güç ünitesi, bunun içinde SEV 1 ½” tipi servo elektronik valf, yine Blain Hydraulics ürünü olan servo elektronik valf kontrol kartı, bu kartı programlama yeteneğine sahip PID-Tool ve Win-Tacho yazılımları ve bir adet bilgisayardan oluşmaktadır.

VELOCITY CONTROL OF A HYDRAULIC ELEVATOR ACTUATED BY SERVO ELECTRONIC VALVES

SUMMARY

Hydraulic elevators, used to lift heavy weights previously, nowadays its application fields are rising rapidly with starting to lift human. Comfort and timing properties became important with human factor. Both actual comfort and timing can be obtained in only closed loop controlled systems. Thus, servo electronic valves placed rapidly to this application field.

In this research, firstly essential knowledge about hydraulic elevators have been given and employed element of the system have been presented. Furthermore the employed servo electronic valve has been modeled and states of the system observed. After that velocity control of an actual hydraulic elevator has been realized. Moreover, the velocity control of an actual hydraulic elevator has been explained, problems which appear during the velocity control have been mentioned and solution theories for these problems have been suggested. Combinations of conventional PID, conditioned PID, sliding mode control type controllers have been chosen to control the hydraulic elevator velocity.

Employed elements in this study are a real floor elevator, switch sensors that determine the position of the elevator; an encoder determining actual velocity, a hydraulic power unit built by Blain Hydraulics GmbH, in this unit SEV 1 ½" type servo electronic valve, a servo electronic valve cart made by Blain Hydraulics, PID-Tool and Win-Tacho software which have ability to program the card and a computer.

1. GİRİŞ

1.1 Hidrolik Asansörlerin Tarihsel Gelişimi

Hidrolik asansörler yeni bir icat olmayıp prensip olarak çok eskilere dayanır (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**). Keşfi 1800' lü yıllara dayanan hidrolik asansörlerde, önceleri akışkan olarak su kullanılırdı. Hidrolik asansör sistemlerinde su pompaları, buhar makinasından sağlanan enerji ile tahrik edilirdi. Daha sonra DA elektrik motorunun icadıyla, 1887'lerde yeni bir çağ su tahrik sistemine geçilmiş oldu. AA motorlarda 1889'larda sistemdeki yerini aldı. Zamanla yağ, hidrolik asansörlerde suyun yerini aldı. Önceleri 20-30 bar basınçta çalıştırılan sistemler teleskobik silindir ve ½ halatlı sistemlerin kullanılmasıyla daha yüksek basınçlarda çalıştırılmaya başlandı. Asansör endüstrisi 20 yılı aşkın zamandır, 70-100 barlara dayanan basınç artışıyla karşılaştı (**İnglis, 2005**).

Hidrolik asansörlerin Türkiye'de uygulanması ise son yıllarda hızla artış göstermektedir. 2007 yılında 2400 hidrolik asansör kurulumu gerçekleştirilmiştir. Bu sayı tüm asansör kurulumları içinde % 10 – 12'lik bir orana tekabül eder. Ayrıca hidrolik asansör kurulumları her sene yaklaşık %12 oranda artış göstermektedir. 2007 senesinde ise % 13.5'lik artış göstermiştir. Türkiye'de hidrolik asansörlerin kullanımı sanayileşmiş ülkelerin düzeyinde olmasa bile yakın bir gelecekte belli pazar payına ulaşacağı kaçınılmazdır.

1.2 Hidrolik Asansörlerde Hız ve Konum Kontrolü ile İlgili Çalışmalar

Hidrolik asansör sistemlerinde hız ve konum kontrolü üzerine yapılan çalışmalar, bu sistemlerin son yıllarda endüstride kullanım payının artması ile her geçen gün artmaktadır. Bununla birlikte hidrolik sistemlerin eğriselliği, hidrolik sistem parametrelerinin çalışma koşullarından çabucak etkilenmesi, araştırmacıların hidrolik sistemlerin kontrolünde aşılabilen ve tam anlamıyla aşılamayan değişik zorluklarla karşı karşıya kalmalarına neden olmuştur. Bu çalışmalardan önde gelen birkaçı

karşılaşılan zorluklar ve uygulanan yöntemler göz önüne alınarak aşağıdaki paragraflarda özetlenmiştir.

Kutlu (1988), yaptığı çalışmada bir hidrolik konum kontrol sisteminin, ikili bir yön valfi ile kontrolünü gerçekleştirdi. Sistemi doğrusallaştırarak dördüncü derede ölçeklendirilmiş durum uzay modelini elde etti. Yaptığı ölçeklendirme sayesinde durumların çıkışa olan etkilerini kolayca inceledi.

İstif ve diğ. (2002), yaptıkları çalışmada Bond Grafiği yöntemiyle bir elektro hidrolik asansör sisteminin beşinci dereceden durum uzay modelini çıkarmış ve çıkardığı modele farklı koşullarda PD kontrolör uygulamıştır. Bildiride de bahsedildiği gibi benzetim sonucunda asansörün hız eğrisine bakıldığında kontrolün hızlanma sürecinde ve tam hızda başarıya ulaştığı, fakat kalkış ve yavaşlama sürecinde dalgalanmalara neden olduğu görülmüştür.

Sha ve diğ. (2001), deneysel bulgulardan elde ettikleri verilerle geliştirilmiş dinamik sürtünme modeli oluşturarak yeni bir hidrolik asansör modeli geliştirdiler. Geliştirdikleri modele bozuculara karşı uyarlanmış kayma kipli kontrol yöntemini uyguladılar. Tasarladıkları kayma kipli kontrolör hızlanma ve yavaşlama sürecinde başarıya ulaşmasına rağmen, kayma kipli kontrol yapısından kaynaklanan nedenlerden dolayı tam hızda anlık bir sarsıntı etkisi yarattı.

Kim ve diğ. (2004), değişken debili bir pompa ile tahrik edilen bir hidrolik asansör sistemi için deneysel bulgulardan elde ettikleri veriler ile silindir, pompa sürtünmeleri ve pompa sızıntısını da içeren 14. derece durum uzay modeli geliştirdiler. Geliştirdikleri model üzerine, hız takibi için belirsizlik ve eğriliğin getirdiği bozuculara karşı dayanıklı eğrisel kontrolör tasarladılar. Tasarladıkları dayanıklı eğrisel kontrolör; asansörde yukarı yönlü hareket için tamamen başarılı olmasına rağmen, valf kontrollü aşağı yönlü hareket sarsıntılarla sonuçlandı. Kontrolör geniş bir yük aralığında dayanıklı olmasına rağmen, çekilen akım ve güç tüketimi bakımında korkunç değerlere ulaştı.

Guojun ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmada, hidrolik asansör için debi geri besleme kontrol sistemlerinin problemleri üzerine tartışmış ve hız geri beslemesinin debi geri beslemesinin yol açtığı sorunları çözdüğünden bahsetmişlerdir. Sert kalkışların önlenmesi için hedef eğrisine başlangıç koşulu eklenmiş ve bu başlangıç koşul belirli bir süre gerçek sisteme öğretilerek yumuşak kalkış sağlandığı gösterilmiştir.

Huayoung ve diğ. (2003), yılında yayımladıkları makalede, hidrolik asansörlerin hız kontrolünü değişken gerilim değişken frekans yöntemiyle analiz edip, ulaştıkları sonuçları tartıştılar. Kurdukları modelde yük değişimlerinin sistem karakteristiğine olan etkisini ve sistemde bulunan ölü alanın kontrol yöntemine etkisini incelediler. Asansörün tüm hareketi boyunca gerçek zamanlı MATLAB uygulamalarına uygunluğu bakımından PID tipli kontrolör kullandılar. Asansörün yukarı yönlü hareketi esnasında, tahrik elemanı olarak değişken frekanslı bir pompa kullandıkları ve sistem hareketi boyunca tek bir kontrolöre bağlı kaldıkları için, kalkış anında ani basınç artışı ve hız eğrisinin hedef sapması problemiyle karşılaştılar. Yukarı yönlü hareketin geri kalan kısmında ise, hedeflenen sonuca ulaştılar. Aşağı yönlü harekette ise yalnızca PID kontrol yapısıyla hedeflenen hareket grafiğine çok daha zor ulaşılacağını gördüler ve yapılan çalışmada bunun nedenlerini açıkladılar.

Li ve Guojun (2001), yayınladıkları bildiride, hidrolik asansör sisteminin hız kontrolü modelinin karmaşıklığını ve yapısındaki karar verilemezliği analiz ettiler. Geri-yayılmacı sinir ağları modeli kullanılarak sistemin tanımlanmasını ve modelinin belirlenmesini sağladılar. Kullandıkları yöntemin performansının sistem parametrelerinden, özellikle sıcaklıktan etkilendiğini gördüler.

Yukarıda özetlenen çalışmalarda belirtildiği ve yaptığım çalışma esnasında da benzer şekilde karşılaştığım gibi, bir hidrolik asansör sisteminin hız kontrolü esnasında hidrolik sistemlerin temel niteliklerinden kaynaklanan bir takım zorluklar mevcuttur. Bunlar hidrolik sistemin eğriselliği, parametrelerinin yüke sıcaklığa ve kullanılan akışkanın özelliğine bağlı olarak değişmesi, sistem derecesinin büyüklüğü, durumlarının sınırlı olması, sistemde bulunan ölü bölgeler, her bir durumun ölçülemeyip sadece çıkışın ölçülmesi,elektriksel sınırlamalar ve yolcu konforunu sürekli göz önünde bulundurma zorunluluğundan kaynaklanan zorluklardır.

Ayrıca, asansörün kalkışında kontrolörün asansörün hızını hedeflenen hıza çok kısa bir sürede çekme çabasıdan kaynaklı çift yönlü ani ivmelenmelere, dolayısıyla konfor bozukluklarına sebep olmaktadır. Kapalı çevrim kontrolörlerle kalkış anında ani ivmelenme isteği, yüksek akım çekilmesine de neden olmaktadır. Üstelik, kontrolörlerin sistemdeki ölü bölgeleri göz önüne almadan kalmaya çalışması hedef takip problemini zorlaştırmaktadır.

2. HİDROLİK ASANSÖRLER

Hidrolik asansörler elektrikle tahrik edilen bir pompa, hidrolik sıvı ve kabini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen bir kaldırıcı vasıtasıyla kaldırma işini gerçekleştiren asansörlerdir. Bu bölüm, kontrol edilmeye çalışılan ürünün yani genel anlamda hidrolik asansörün ne olduğunun, niçin kullanıldığının ve niçin kullanılması gerektiğinin anlaşılması açısından hidrolik asansörlerin avantajlarına, türlerine ve temel elemanlarına ayrılmıştır.

2.1 Hidrolik Asansörlerin Avantajları

Hidrolik asansörler sahip oldukları avantajlar nedeniyle bazı binalarda ve tesislerde kullanım alanı bulmuşlardır. Bu avantajlardan en önemlileri;

- Düşük malzeme maliyetleri ve bakım ücretleridir. Hem kurulum maliyeti hem de bakım ücreti bakımından geleneksel asansörlere göre yarı yarıya daha ucuzdur.
- Binalarda daha etkin kullanılabilir alan yaratır. Geleneksel asansörlere göre %12 daha az alan kaplar.
- Çatı tasarımında serbestlik ve teras katına ulaşma imkanı sağlar.
- Makine dairesi yerinin serbest seçimine imkan verir. Makine dairesi ve asansör arasındaki bağlantı sadece boru ve elektrik kablolarıdır.
- Binaya gelen yükün tabana iletilmesi ile statik hesaplarında kolaylık sağlar ve bina iskeletine ilave yük getirmemiş olur.
- Yüksek taşıma kapasitesi ihtiyaçları rahatlıkla karşılayabilme özelliğine sahiptir.
- Aşağı inişte masrafsız çalışır. Gerekli enerjiyi yer çekiminden sağlar.
- İniş hızı, çıkış hızına bağımlı olmadan yükseltilebilir. Bu avantaj, motor gücünü yükseltmeden, bina trafiğinin hızlandırılmasında kullanılabilir.
- Daha sessiz çalışır.

- Hassas kat ayarı ($\pm 3\text{mm}$) ve otomatik seviyeleme yapar.
- Olası arızalarda (enerji kesilmesi, bir faz gitmesi, sigorta atması) asansör otomatik olarak kata ulaşır. Herhangi bir enerji kaynağı olmadan kabin aşağı yönde hareket eder.
- Darbesiz kalkış ve duruş, kademersiz hız ayarı özelliklerine sahiptir.
- İlk harekette pompa tarafından basılan yağ, depoya geri döndüğünden tahrik motorunun kalkışı yaklaşık yüksüz gerçekleşir. Bu nedenle motorun yıldız / üçgen bağlantısı mümkündür (**Edwards, 1989**).

2.2 Hidrolik Asansörlerin Dezavantajları

Bütün bu sayılanların yanı sıra hidrolik prensiplerinin uygulandığı bu asansörlerin sahip olduğu bazı dezavantajlar da vardır:

- Gerekli motor gücü aynı hızda ve aynı kapasitedeki konvansiyonel tip asansörlere oranla 2,5 ila 3 kat fazladır. Motor sadece yukarı yönde çalışmasına rağmen kullanım sırasındaki enerji tüketimi en az iki kat fazladır.
- Kullanılan yağın özellikleri sıcaklık ile değiştiğinden performans değişikliklerine neden olur.
- İzole edilmeyen ve zemine gömülü silindirlerin oluşturacağı yağ kaçaqları çevredeki su kaynaklarının kirlenebilir.
- Sistemin iç basıncının düşmeyi engellediği düşüncesiyle hidrolik asansöre ekstra bir güvenlik koyulmaması, silindirde meydana gelebilecek bir yırtılma anında serbest düşmeye neden olur.
- Bazı özel uygulamalar için yüksek hızlara çıkmaya izin vermez, çıkış hızı 1 m/s ile sınırlıdır.
- Kullanılabildiği yükseklik sınırı vardır, en fazla 6-7 kata izin verir. (**Edwards, 1989**).

2.3 Hidrolik Asansörlerin Kullanım Alanları

Yaygın olarak kullanılmaya başlanan hidrolik asansörlerin uygulama alanları şunlardır:

- İki, üç ve dört duraklı işyeri binaları,
- İki, üç, dört ve beş duraklı apartmanlar,
- Küçük hastaneler, klinikler ve tıbbi binalar, 3 kata kadar,
- Düşük seyahat mesafeli, 500kg - 5600kg arasında malzeme taşıma kapasiteli endüstriyel binalar,
- Hükümet binaları 4 kata kadar,
- Büyük binaların garaj asansörleri,
- Çarşılardaki insan ve servis asansörleri,
- Yürüyücü merdivenlere ek olarak özürlü asansörleri,
- Sahne asansörleri,

Yapıları gereği veya mevcut bulunan bina içi trafik yoğunluğu nedeniyle hidrolik asansörlerin uygulamasının uygun olmadığı yerler şunlardır:

- Çok büyük mağazalar,
- Dört katın üzerindeki hastaneler,
- Elektrik gücünün aşırı pahalı olduğu ve asansör kullanımının sık olduğu yapılar veya elektrik gücünün sınırlı olduğu yerler (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

2.4 Hidrolik Asansörlerin Sınıflandırılması

Hidrolik asansörler kaldırma kapasitesine, tesis edilecekleri binaların yüksekliğine ve bina fonksiyonuna göre tasarlanırlar. En uygun hidrolik asansörün seçimi için kabinin tahrik edilme yöntemine göre iki temel sistem değerlendirilir (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

2.4.1 Doğrudan Tahrikli Sistemler

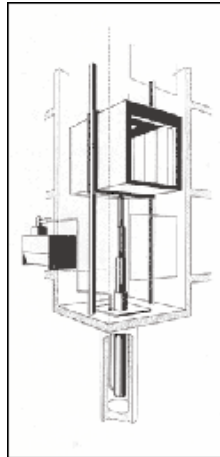
Kabin süspansiyonuna doğrudan bağlanan silindirin iniş-çıkış hızı kabinin hızı ile aynı değerdedir. Doğrudan tahrikli sistemlerde kullanılan silindirler tek kademeli olabileceği gibi iki veya üç kademeli de olabilirler. Kabin ağırlığı, asansörün taşıma kapasitesi ve piston ağırlığı silindire etkiyen yüklerdir. Çift silindir kullanıldığı durumlarda silindire piston ağırlığının yanında kabin ağırlığı ve taşıma kapasitesinin yarısı etkir.

Patlak boru emniyet valfi kullanıldığı için paraşüt tertibatına gerek duyulmaması ve sisteme etkiyen yükün doğrudan olarak kuyu tabanına iletilebilmesi doğrudan tahrikli sistemlerin sahip oldukları temel özelliklerdir.

Doğrudan tahrikli sistemler de kendi içinde merkezden tahrikli ve yandan tahrikli olmak üzere iki ana gruba ayrılır (**Hakim, 2005**).

2.4.1.1 Merkezden Doğrudan Tahrikli Hidrolik Asansörler

Çoğunlukla özel tasarımlar gerektiğinde bu sistem kullanılır. Hem yük hem de insan taşımada kullanılabilen merkezden doğrudan tahrikli hidrolik asansörler, büyük kabin alanları için uygundur. Bu tip hidrolik asansörlerde seyir mesafesi 30 metreyi aşmamaktadır. Bu sistemde raylar kuyu merkezine yerleştirilmemiştir ve ray kesiti mesnet mesafelerine göre büyüyebilir. Ayrıca bu sistemde piston ile süspansiyon arasında doğrudan bağlantı sağlanmıştır. Tek pistonlu yandan doğrudan sistemlerde kabine giriş 3 taraftan sağlanabilir. Teleskopik piston kullanılarak seyahat mesafesi uzatılabilmesine rağmen çoğu uygulamada teleskopik sistemin yüksek maliyeti sebebiyle seyahat mesafesi kısa tutulur (**Hakim, 2005**).



Şekil 2.1 : Merkezden Doğrudan Tahrikli Hidrolik Asansör

2.4.1.2 Yandan Doğrudan Tahrikli Hidrolik Asansörler

Doğrudan tahrikli sistemlerin sahip olduğu temel özelliklerin hepsine sahiptirler. Bundan farklı olarak yandan doğrudan tahrikli sistemlerde raylar yana veya arkaya yerleştirilmiştir. Kuyu dibi derinliği silindirin kademe sayısına bağlı olarak değişir ve kabin yüksekliğinden faydalandığı için merkezden doğrudan tahrikli sistemlere göre daha kısa kuyulara ihtiyaç duyarlar. Merkezden doğrudan tahrikli ile karşılaştırıldığında, silindirlerin kabinin yanına monte edilmesi nedeni ile kuyu alanı kullanımı daha düşüktür ve silindir yükünün etkidiği uygulama noktası kabin alanının dışındadır.

Kullanılan piston sayısı bu tip hidrolik asansörlerin sınıflandırılmasında en önemli faktördür. Buna göre, yandan doğrudan tahrikli sistemler de tek pistonlu ve çift pistonlu olmak üzere kendi içinde iki gruba ayrılır (**Hakim, 2005**).

Yandan doğrudan tek pistonlu hidrolik asansörler:

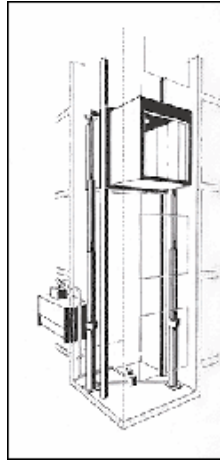
Taşıma kapasiteleri 2 tona kadardır. Seyahat mesafeleri ise tek kademeli silindir ile 3.7 m, iki kademeli silindir ile 7 m ve üç kademeli silindir ile 10 metreyi aşmamaktadır. Bu sistemde raylar kuyu merkezine yerleştirilmemiştir ve ray kesiti mesnet mesafelerine göre büyüyebilir. Ayrıca bu sistemde piston ile süspansiyon arasında doğrudan bağlantı sağlanmıştır. Tek pistonlu yandan doğrudan tahrikli sistemlerde kabine giriş 3 taraftan sağlanabilir. Teleskopik piston kullanılarak seyahat mesafesi uzatılabilmesine rağmen çoğu uygulamada teleskopik sistemin yüksek maliyeti sebebiyle seyahat mesafesi kısa tutulur (**Hakim, 2005**).



Şekil 2.2 : Yandan Doğrudan Tahrikli Tek Pistonlu Hidrolik Asansör

Yandan doğrudan tahrikli iki pistonlu hidrolik asansörler:

Diğer doğrudan tahrikli hidrolik asansörlerde olduğu gibi hem yük hem de insan asansörleri olarak kullanılabilir ve kapasitesi 10 tondur. Bu sistem kısa seyahat mesafesi gereken durumlarda hizmet verir. Geniş yük asansörlerinde kullanılan iki pistonlu yandan doğrudan tahrikli sistemde silindirler çapraz olabileceği gibi proje tasarımına bağlı olarak tersi şekilde de montajı yapılabilir. Bu halde daha küçük çapta silindir kullanımı mümkün olabilmektedir. Bu sistemde kabine giriş sadece iki taraftan gerçekleştirilir. Homojen yüklemelerde kuvvet uygulama noktası kabinin merkezi olduğu gibi merkezden kaçık yüklemelerde de kuvvet uygulama noktası kabin merkezinden kaçıklığa neden olur. Bu durumlarda yükün daha hafif olduğu taraf kabin arabasının izin verdiği ölçüde yatay pozisyonunu koruyamaz ve önceden kalkar, diğer silindir de hemen arkasından bu silindiri takip eder (**Hakim, 2005**).



Şekil 2.3 : Yandan Doğrudan Tahrikli İki Pistonlu Hidrolik Asansör

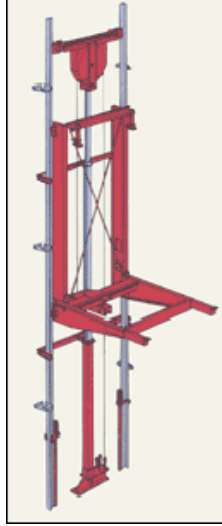
2.4.2 Dolaylı Olarak Tahrik Edilen Sistemler

Kabin süspansiyonuna yandan dolaylı olarak bağlanan silindirin iniş-çıkış hızı, kabin hızının yarısı kadardır. Dolayısıyla 2:1 ters palanga sistemi kullanılması sonucu silindir stroğu seyir mesafesinin yarısı kadardır. Kabini tahrik etmek amacıyla 1 veya 2 adet silindir kullanılabilir. Bu sistemde silindire etkiyen yük; piston, makara ve halat ağırlıkları ile kabin ağırlığı ve taşıma kapasitesinin iki katının toplamıdır.

Yüksek hız ve seyir mesafelerinde tercih edilen dolaylı olarak tahrik edilen sistemde kuvvet doğrudan olarak kuyu tabanına iletilir. Yüksek seyir mesafelerinde bile silindir için ilave kuyu çukuruna gerek olmaması ve silindirin yana monte edilmesi

sayesinde kuyu alanından istifade edilir. Doğrudan tahrikli sistemin aksine halat kopmalarına tedbir almak amacıyla paraşüt tertibatına ihtiyaç duyar.

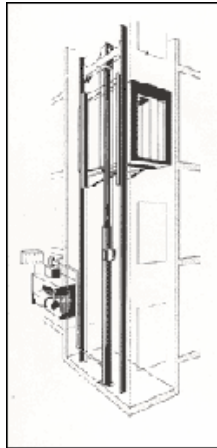
Dolaylı olarak tahrik edilen sistemler yandan dolaylı tek pistonlu, yandan dolaylı çift pistonlu ve karşı ağırlıktan tahrikli olmak üzere üçe ayrılır (**Hakim, 2005**).



Şekil 2.4 : Dolaylı Olarak Tahrik Edilen Hidrolik Asansör

2.4.2.1 Yandan Dolaylı Tek Pistonlu Hidrolik Asansörler

En çok tercih edilen hidrolik asansör çeşidi olan tek pistonlu sistemde kullanılan halatlar ile seyir mesafesi iki katına çıkarılabilir. Dolaylı olarak tahrik edilen sistemlerin temel özelliklerine sahiptir. Kabine giriş, yandan doğrudan tek pistonlu hidrolik asansörlerde olduğu gibi üç farklı taraftan sağlanabilir. 2 ton taşıma kapasitesine sahiptir ve seyir mesafesi 35 metreyi bulmaktadır (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).



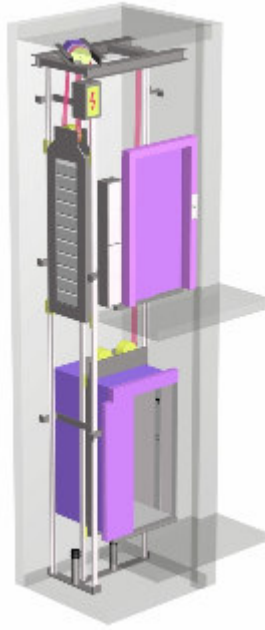
Şekil 2.5 : Yandan Dolaylı Tek Pistonlu Asansör

2.4.2.2 Yandan Dolaylı İki Pistonlu Hidrolik Asansörler

İki silindir kullanılan uzun seyir mesafeli asansörlerde silindirin senkron çalışmasını sağlamak için kabin çerçevesinin rijit bir yapıya sahip olması gerekir. Bu sistemde paraşüt tertibatı kullanımı zorunludur. En önemli sorunu hassas kat seviyelemesidir. Seyir mesafesi tek pistonlu sistemlerde olduğu gibi 35 metreye varırken, taşıma kapasitesi 8 tona kadar çıkabilir (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

2.4.2.3 Karşı Ağırlıktan Tahrikli Hidrolik Asansörler

Bu sistem, karşı ağırlıklı konvansiyonel tipteki asansörlere benzer şekilde tasarlanmıştır. Karşı ağırlığa bağlanan silindir her iki yönde de tahrik edilebilmektedir. Böylece güç sarfıyatı azaltılmış ve daha küçük çapta silindir kullanılabilmiştir (**Hakim, 2005**).



Şekil 2.6 : Karşı Ağırlıktan Tahrikli Hidrolik Asansör

2.5 Hidrolik Asansörlerin Elemanları

2.5.1 Güç Üniteleri

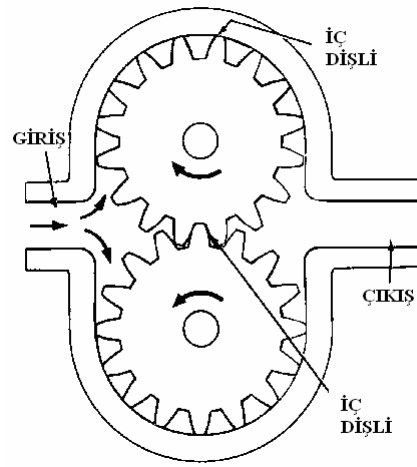
Güç üniteleri hidrolik asansörlerde kabinlerin istenen hızlarda ve kapasitelerde çalışmasında etkin olan elemandır. Güç üniteleri hidrolik yağın depolandığı tank, durgun yağa enerji veren pompa, pompayı tahrik eden motor, yağı silindire transfer eden borular, dağıtım ve kontrol valfleri ve bir kısım ölçme cihazından oluşur. Güç

ünitesinde ayrıca titreşim emiciler ve bir el pompası da bulunabilir. Tank genellikle zeminden belli bir yükseklikte bulunur (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

2.5.1.1 Pompalar

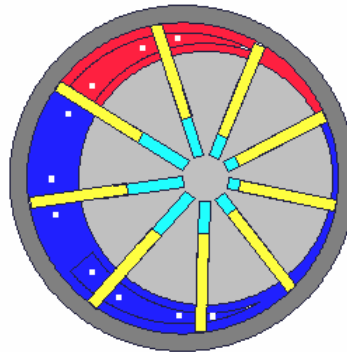
Seçimlerinde genelde fiyat ve gürültü etkilidir. Hidrolik asansörlerde kullanılan üç tip pompa vardır.

Dişli Pompalar: Dişli pompalar var olan en ucuz ve en gürültülü pompalardır. Genelde endüstriyel hidrolik, tarım makineleri ve gürültünün önemli olmadığı düşük hızlı yük asansörlerinde kullanılır.



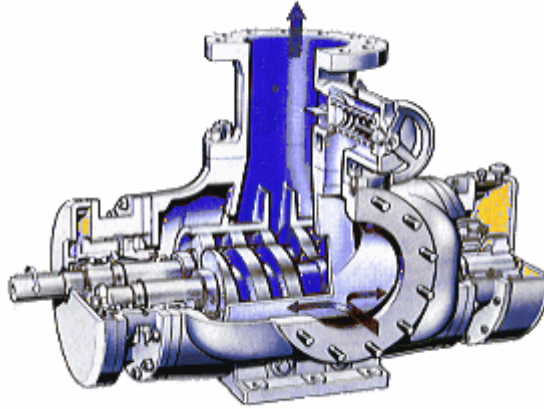
Şekil 2.7 : Dişli Pompa

Paletli pompalar: Dişli tiplere göre daha sessiz çalışır. Ancak sabit hızda çalışabilirler. Çalışmaya yüksüz olarak başlatılmaları zorunludur. Aksi taktirde çalışma anında patlamaya neden olabilirler. Pompanın yüklü çalışmasından kaçınmak için kontrol valfleri başlangıç koşullarında yüksüz çalışmayı sağlar. 3000 rpm de çalıştıklarında gürültü seviyeleri yeteri kadar alçak değildir.



Şekil 2.8 : Paletli Pompa

Vidalı pompalar: Günümüzde hidrolik asansörlerde en yaygın kullanılan pompalardır. Pompa üç vidanın birbirini döndürmesiyle çalışır. Motor tarafından tahrik edilen merkez vida, diğer vidaların dönmesini sağlayarak, yağın vida adımları üzerinden hareketini sağlar. Bu düzenleme gürültü seviyesinin düşmesine neden olur ve (80) bar seviyesinde basınçlara çıkılması sağlar. Vidalı pompalar dış dişli veya iç flanş ağızlı olmak üzere iki tip olarak imal edilir. Yağ içinde çalışabilen elektrik motorlarıyla tahrik edilen vidalı pompalar 3000 rpm de gürültü yapmadan çalışabilirler.



Şekil 2.9 : Vidalı Pompa

2.5.1.2 Tanklar

Tank, hidrolik asansörü hareket ettirmekte kullanılan yağı içinde depolar ve gerektiğinde sistemin kullanımına izin veren birimdir. Tankın pompa, valf ve motorla farklı düzenlerde kullanılış biçimleri vardır.

Tank pompa, motor ve valfin üstünde düzenlemesinin en büyük avantajı pompanın bir kayış kasnak sistemi ile sürülmesidir. Bu düzenleme pompanın özel sabit hızlarda çalışmasına izin verir. Dezavantajı ise pompa ve valf bağlantıları için tankın altında sınırlı borulama alanı bırakmasıdır. Bu aynı zamanda sızıntıya imkan verir ve borulama maliyetini yükseltir.

Tankın içinde pompa dışında motor düzenlemesinin avantajı motora erişim kolaylığı sağlamasıdır. Pompa düşey şekilde tankın içindeki sıvıya daldırılır, motor ise tankın üstünde kalacak şekilde monte edilir.

Tank içinde pompa ve motor yağa batık düzenlemesinin avantajı, birimlerin yağ altında kompakt yapıda olması, minimum borulamayı sağlaması ve en az sızıntıyı neden olmasıdır. Bu durumda sızıntı tankın içinde kalmış olacaktır (**Hakim, 2005**).

2.5.1.3 Valf Sistemleri

Valf sistemleri genel olarak yağın silindire veya silindirden tanka akışını kontrol eder. Asansör kabininin yukarı yönlü hareketinde, sabit debili pompa önüne bağlanan elektro-mekanik valfin, asansör hızı kontrolünde azda olsa etkisi vardır. Valf sadece yukarı yönlü seviyeleme hızında ivmelenme ve yavaşlamayı kontrol eder. Aşağı yönlü harekette ise, hız kontrolü tümüyle valfin elindedir. İvmelenme, yavaşlama, yüksek hız ve seviyeleme hızını kontrol eder. Bu hızların ayarlanmasında temelde karşılaşılan problem, ısı ve yük değişimlerinin hızı etkilemesidir.

Elektronik valflerde genelde diğer valflerde bulunmayan ilave özellikler vardır. Bu ilave özelliklerin başında, basınç ve debi değişimlerinin geri besleme işareti gelir. Bu sayede ısı değişimleri için kompanzasyon sağlanabilir. Geri besleme işareti ve elektronik devre birleşimi sayesinde ana valf kontrol edilir. Bu değişen koşullarda asansör hızının daha doğru değerlendirilerek kontrol edilmesini sağlar (**Inglis, 2005**).

Solenoid valf birimi, temel olarak ayarının basit olması ve ekonomik olmaları sebebiyle, günümüzde hidrolik asansörde en yaygın kullanılan valf tipidir. Valfler iki ile dört arası değişen farklı bobin düzenlemelerine imal edilir. Bunların en genelleri yukarı hızlı, yukarı yavaş, aşağı hızlı ve aşağı yavaş şeklindedir. Solenoidler ana valf pistonlarını kontrol ederek hız ayarını sağlamış olurlar. Günümüz solenoid valflerinden bazıları üzerinde basınç kompanzasyonu gerçekleştirilerek performansının arttığı görülmüştür.

Mekanik valflerde ise istenilen akış özelliklerine göre sistem kurulur ve ayarlanır ve kurulum parametrelerine göre akış kumanda edilir.

2.5.1.4 Isıl Değiştiriciler

Hidrolik asansör sistemlerinde kullanılan ısı değiştiricileri yoğun trafiğe sahip binalarda kullanılan yağın aşırı ısınmasını önlemek amacı ile kullanılmaktadır. Kompakt tasarımı ve az gürültüye sahip olması ısı değiştiricilerinin makine dairesine monte edilmelerine olanak sağlamaktadır. Asansörün kullanılmadığı hallerde yağ sıcaklığının istenen sıcaklığının altına düşmesi söz konusu ise rezistanslı ısıtıcılar

yağın istenen sıcaklığa yükseltilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Belirtilen yağ ısıtıcıları termostatik prensip ile çalışmaktadırlar (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

2.5.2 Hidrolik Silindirler

Hidrolik asansörlerde kabin doğrudan veya halat donanımıyla, pompa tarafından enerji kazandırılmış hidrolik yağının silindirlere etkimesiyle hareket ettirilir. Genellikle kullanılan silindirler tek tesirli, özel durumlarda ise çift tesirli olarak seçilir.

Senkron teleskopik silindir tek etkili, özel tasarımı sayesinde üniform taşıma hızlarında çalışan, kademelerin uzatma ve geri çekme hızları birbirine eşit olan silindir tipidir. İki ve üç kademeli olarak üretilen senkron teleskopik silindirin muhtelif ebadı bulunmaktadır. Yer sorunun bulunduğu hidrolik kaldırma sistemlerinde bu tip silindirler sıkça kullanılmaktadır.

Uzatma kademesi uzunluğu asıl stroktan az olmalıdır. Senkron teleskopik silindirler belirli seyir mesafelerine kadar dolaylı olarak tahrik edilen sistemlere (2:1) kıyasla daha ucuza mal olmaktadır. İkinci ve üçüncü kademeler için bağlantı flanşı kullanılması, burkulma momentinin artışı ve dolayısıyla silindirlerde daha küçük çaplı pistonların kullanılmasına olanak sağlamıştır.

Hidrolik silindirlerin haznesi ve pistonları St 52 çeliğinden imal edilir ve 45 Bar statik çalışma basıncına dayanmaktadır. Hidrolik silindirler dış çapı, cidar kalınlığı ve imalatçılar 50 mm'den 230 mm'ye kadar çapa sahip olan silindirler üretmektedir (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

2.5.3 Seviyeleme Cihazları

Hidrolik asansörde kullanılan seviyeleme cihazının iki görevi bulunmaktadır. Seviyeleme çubuğu temas tablasına değmesi sonucunda kat hizasında iyi bir tolerans ile durabilmektedir. Asansörün mevcut kat konumundan aşağıya kayması halinde seviyeleme çubuğu tablanın alçak kısmı ile temas eder. Bu temas pompaya çalışma işareti olarak aktarılır ve asansör tekrar yukarı çıkarak yeniden kat seviyesine yükselir (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

2.5.4 Kabin Konsolları

Dolaylı olarak tahrik edilen hidrolik asansörlerde kabin, bir çelik yapı üzerine yerleştirilir ve palanga donanımından gelen halatlar bu konstrüksiyona uygun şekilde bağlanır. Direk tahrikli hidrolik asansörlerde ise kabin doğrudan pistonla temas halindedir (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

2.5.5 Görüntüleme Sistemleri

Motor termistörlerinin motor sargılarında gömülü olarak kullanılmasının ve bunların kontrol rölelerine çıkışının olmasının nedeni motor sargılarını aşırı ısınmaya karşı korumaktır. Sıcaklığın düşük ve aşırı yüklenmenin olduğu durumlarda sıcaklık algılayıcılarının kullanılması çok fazla kullanışlı değildir. Çünkü büyük bir yağ hacmini 20-30 saniyede ısınması mümkün değildir. Doğrudan motor sargılarına bağlı termistörler çok kısa bir süre içinde sıcaklık artışını algılayabilir ve motoru durdurabilir.

Yüksek basınç manometreleri yük ağırlığı ölçmenin ve aşırı yüklenmeyi önlemenin en ucuz yöntemidir. Pistondaki sürtünme hatalı okumalara sebep olabilir. Okumanın tekrarlanabilirliği, bir önceki hareket yönü, kabindeki yük, yağ durumu, pistonun tekil veya çoğul olması gibi birçok parametreye bağlıdır. Doğru yük görüntüleme platformu algılayıcıları ya da çapraz başlı strengayçlar en güvenilir olanlardır.

Yağ sıcaklık artışının düşük olduğu durumlarda, sıcaklığı algılamak amacıyla ısıtılabilir anahtarlar kullanılır. Bu anahtarlardan alınan bilgi soğutma sistemi tarafından kullanılarak yağın kurulum sıcaklığına ayarlanması sağlanır. Aynı zamanda ısıtılabilir anahtarlar düşük yağ seviyesinin bir göstergesi olarak kullanılabilir. Seviye düştüğünde yağ çok çabuk ısınacaktır (**İmrak ve Gerdemeli, 2000**).

3. DENEY DÜZENEGİ VE ÇALIŞILAN ELEMANLAR

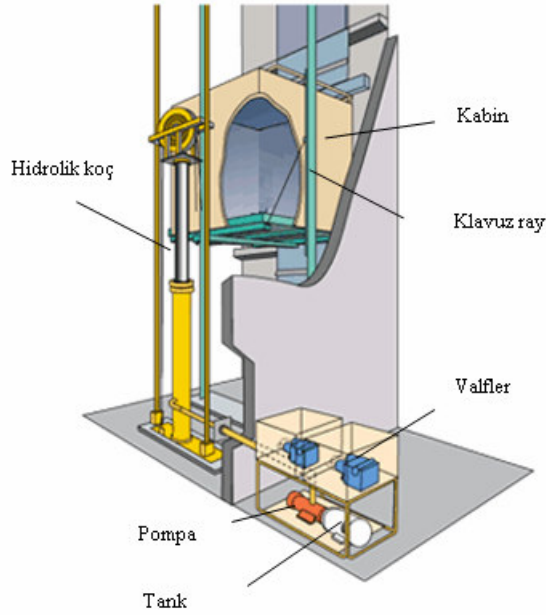
Üzerinde çalıştığımız hidrolik sistem düzeneği Makine Fakültesi Asansör Laboratuvarı'nda bulunmaktadır. Düzenek 2006 yılında Doç. Dr. C. Erdem İmrak yürütücülüğünde, Blain Hydraulics ve Dr. K. Ferhat Çelik'in desteği ile kurulmuştur. Hidrolik asansör sisteminin genel tasarımı Yük. Elektrik Mühendisi Ersan Barlas tarafından yapılmıştır. Sistemde kullanılan hidrolik güç ünitesi, elektronik birim ve yazılımlar BLAIN HYDRAULICS ürünleri ve laboratuvarımıza olan bağışdır. Ayrıca çelik konstrüksiyon WITTUR desteği ile imal edilmiş, montaj ROYAL Asansör, ağırlık sistemleri ASRAY, hidrolik pistonlar KLEEMANN ve elektrik kumanda panosu ise MİK-EL şirketleri tarafından hazırlanmıştır. Şekil 3.1 a ve b' de yukarıda bahsedilen deney düzeneğini gösteren fotoğraflar bulunmaktadır.



Şekil 3.1 : a ve b Hidrolik Sistem Düzeneğinin Fotoğrafları

Hidrolik asansör sistem düzeneğini temelde hidrolik, mekanik, elektrik ve kontrol olmak üzere 4 birime ayırarak incelenebilir. Hidrolik birim içinde vidalı pompaları, kontrol valflerini, tankı ve akışkanı bulunduran hidrolik güç ünitesidir. Kontrol birimi ise SEV kartı ve bununla beraber çalışılan yazılımlardır. Mekanik birimi kılavuz raylar, kabin, hidrolik koç, hidrolik silindir ve makara mekanizması oluşturur. Elektriksel birim ise kabinin konumunu belirleyen anahtar algılayıcılar, hız

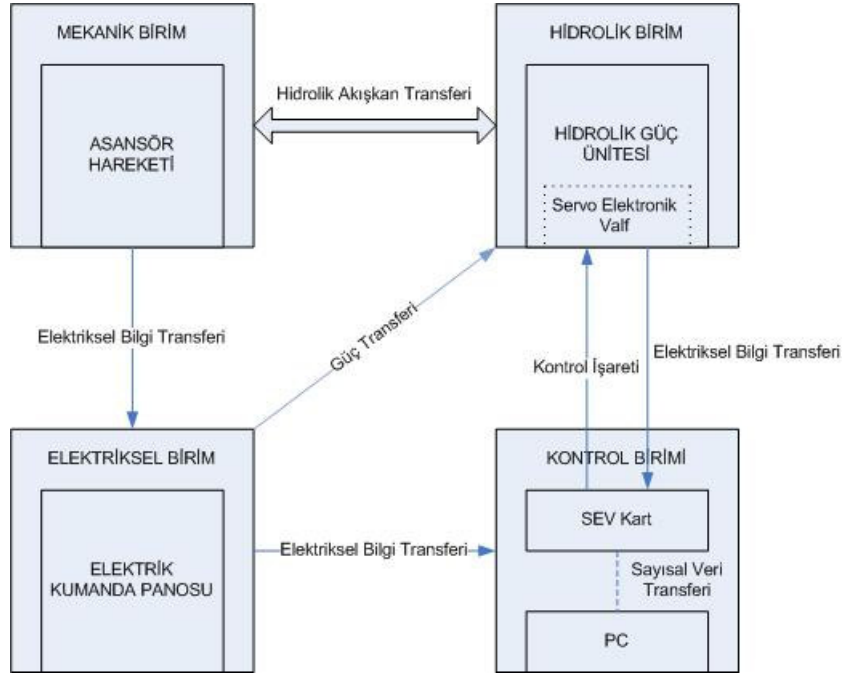
kodlayıcı, hız göstergesi ve elektrik kumanda panosu meydana getirir. Bu çalışmada odaklandığımız kısımlar hidrolik ve kontrol birimleridir. Diğer birimler ise bizim amacımız için araç görevi görmektedir. Şekil 3.2 hidrolik ve mekanik birimin maketini göstermektedir.



Şekil 3.2 : Hidrolik Asansörün Elemanları

Bir asansörün hareketini birimleri göz önünde bulundurarak tarif edecek olursak, öncelikle bilgisayarda sistemin hareketini yönlendirecek ve sistemin işleyişini kontrol edecek olan program yazılır. Daha sonra seri port üzerinden, kontrol programı SEV kartına yüklenir. Koşulan programa göre SEV kart elektrik kumanda panosundan asansör konum bilgileriyle, hidrolik güç ünitesi üzerinde bulunan akış algılayıcısından akış debisi bilgilerini kesintisiz olarak almalıdır. Ayrıca SEV kontrol kartı güç beslemesini elektrik panosundan almaktadır. Bu bilgiler ışığında SEV kart, hidrolik güç ünitesi içinde olan SEV üzerindeki selenoidleri enerjilendirerek hidrolik güç ünitesinden silindirlere akan akışkanın miktarını kontrol etmiş olur. Hidrolik güç ünitesi hortum vasıtasıyla silindirlere yağ akışını sağlar. Bunu yaparken hidrolik güç ünitesi; elektrik ünitesinden acil durum kesme bilgisi, pompaları ve valfleri enerjilendirmek için gereken gücü temin eder. Hidrolik güç ünitesi içindeki pompa motorları çalıştığında sabit debili akışkanı valfler tarafından kontrollü bir şekilde silindire aktarır. Aşağı yönlü harekette ise yalnızca valfler çalışarak, silindirden valf kontrolü ile tanka yağ akışı olur. Silindire giren yağ önce hidrolik koç vasıtasıyla düşey hareket enerjisine dönüşür ve gücü makaralara aktarır.

Makaralar ise asansör kabinine kılavuz raylar doğrultusunda hareket verir. Şekil 3.3 dört birim arasındaki hidrolik, elektriksel ve sayısal bilgi aktarımını göstermektedir.



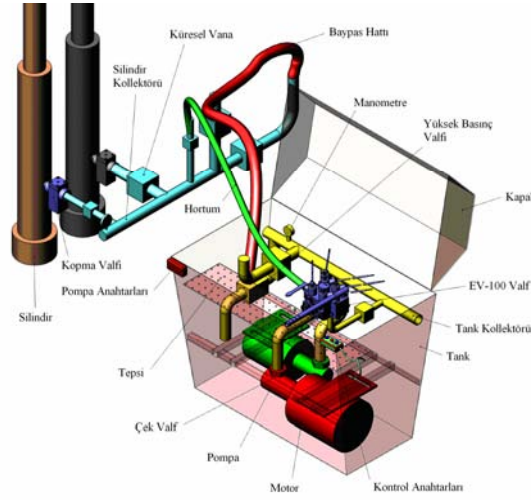
Şekil 3.3 : Birimler Arası Bilgi Aktarımı

3.1 Hidrolik Birim

Hidrolik birimin incelenmesi, hidrolik güç ünitesi ve ünitenin içinde bulunan elemanlardan servo elektronik valf olarak iki başlık altında verilmiştir.

3.1.1 Hidrolik Güç Ünitesi

Laboratuvarımızda bulunan Şekil 3.3’da da ufak bir modeli gösterilen güç ünitesi içinde bulundurduğu iki pompa vasıtasıyla akış debisi olarak 75 lt/dak, 125 lt/dak ve 200 lt/dak değerlerine ulaşabilir. Her pompa çıkışında ters yönlü akışı önlemek için bir adet çek valf bulunur. Bu düzenekte, 100 bar basınçta çalışabilecek akışın sağlanması için 12kW ve 20kW’lık aşırı ısınmaya karşı korumalı dalgıç tipi motorlar seçilmiştir. İki tip kolektör mevcuttur. Bunlardan tanka bağlı olana tank kolektörü, silindirler tarafına bağlı olanına silindir kolektörü adı verilir. Pompadan çıkışlar, akışın valfe dağıldığı yerden tank kolektörüne bağlıdır.



Şekil 3.4 : Test Kuleleri için Tasarlanmış Güç Ünitesi



Şekil 3.5 : Hidrolik Güç Ünitesinin Fotoğrafı

Güç ünitesi üzerinde bir adet (3/4")'lük EV 100 mekanik valfi ve 1 adet (1 1/2")'lik servo elektronik kontrol valfi mevcuttur. Şekil 3.5 hidrolik sistem düzeneğindeki hidrolik güç ünitesinin bir fotoğrafını göstermektedir. Her bir valf küresel vanalarla pompa ve silindir kapılarından ayrılmıştır. Bu küresel vanalar kullanılmak istenen valf seçimine bağlı olarak açık veya kapalı tutulur. Ayrıca gerek görüldüğü takdirde bu valfler, asansör laboratuvarında bulunan Blain Hydraulics'in EV ve KV tipi mekanik valfleri ile değiştirilebilir. Ayarlanabilir basınç kaçırma valfi ve 0-160 bar menzilli manometre; sistemin basıncının ölçülmesi ve aşırı basınca karşı sistemin korumasını sağlamak için tank kolektöründe bulunur. Tankta bundan başka başlangıç kurulum ayarı 20° C olan ısıtıcıda yerleştirilebilir. Valfin silindir kapıları hortumlar ve küresel valfler üzerinden silindir kolektörüne bağlıdır. Her bir silindir küresel valf üzerinden silindir kolektörüne bağlanmaya yarayan R10 kopma valfine sahiptir. Silindir kolektörü asansörün manuel olarak aşağı indirilebilmesini sağlayan bir by-

pass hattı içerir. Bir hız kodlayıcı asansörün hızını ölçmek için sisteme eklenmiştir. Hız ölçüm bir bilgisayar ara yüz programı olarak çalışan WIN-Tacho veya hız göstergeleri yardımıyla görüntülenir.

Tank içerisinde, montaj ve demontaj esnasında katı parçaların yağ içine düşmesini önleyecek bir tepsi barındırır. Tank kapağı sayesinde yağ ve valf grupları temiz olmayan çevre koşullarına karşı korunur. Pompaların aç/kapa butonları, çağrı ve acil butonları gibi tankın yanına kullanım kolaylığı açısından yerleştirilmiştir. Asansörün by-pass, ivmelenme, yavaşlama ve seviyeleme zamanları, valflerin üzerinde bulunan döner vidalar tarafından manüel olarak ta değiştirilebilir (Çelik ve diğ., 2003).

3.1.2 Servo Elektronik Valf (SEV)

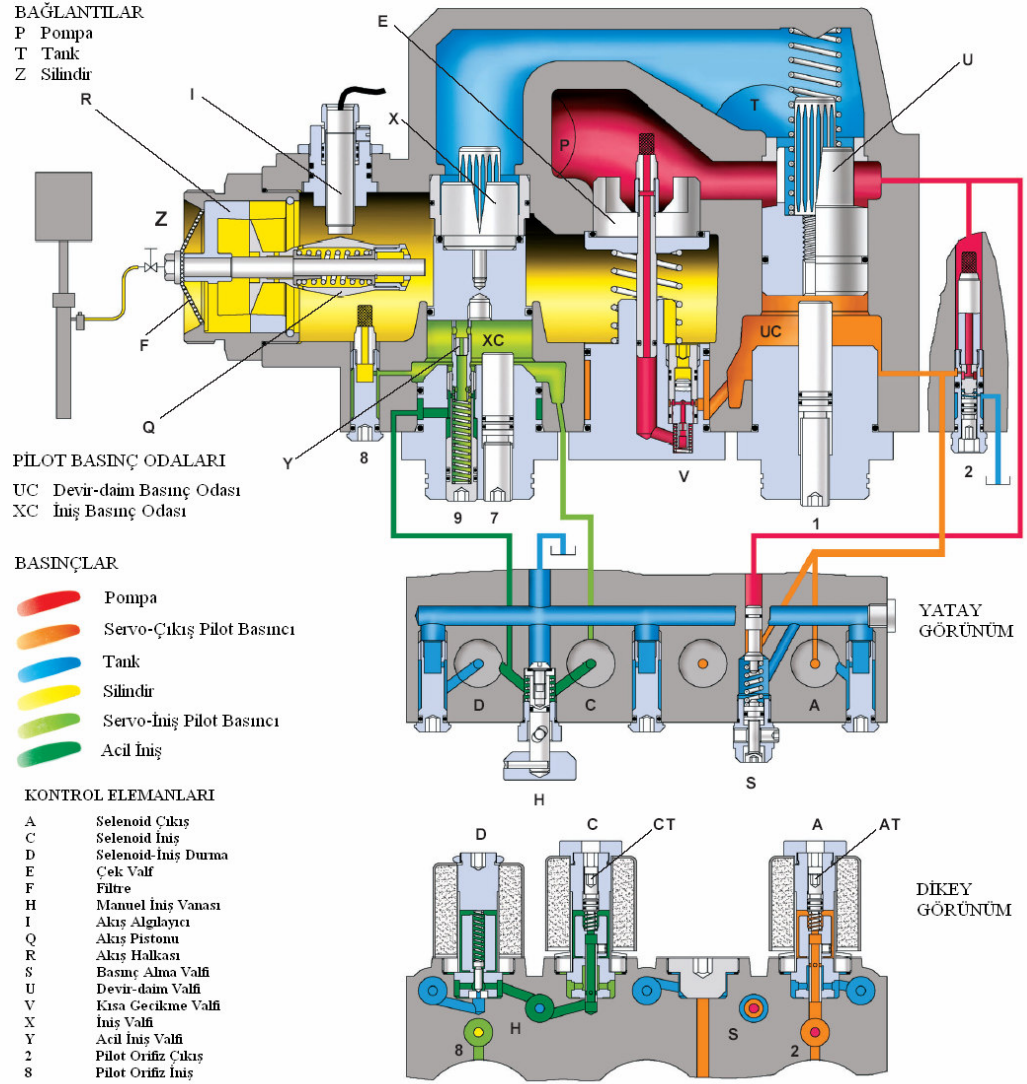
Servo elektronik valf (SEV), sistem düzeneğinin tahrik elemanı ve bu çalışmanın en önemli parçasıdır. Üzerinde bulundurduğu selenoid valflerin akış yolunu genişletip daraltması sayesinde akış debisi kontrolü sağlanır. Bu kompakt yapının üzerinde barındırdığı elemanlar, 3 adet selenoid valf, 1 adet debi algılayıcı, 1 adet manometre, 1 adet manüel iniş vidası, 1 adet el pompası ve yağ filtreleridir. Şekil 3.6 bir servo elektronik valfin fotoğrafını göstermektedir.



Şekil 3.6 : Servo Elektronik Valf

Şekil 3.7’de SEV’in Kesit Görünüşü verilmektedir. Burada I olarak harflendirilen magnetik alanlar prensibi ile çalışan, indüktif akış algılayıcı mekanizmasıdır. Q ile gösterilen yaylı üçgen çubuk mekanizması ise bu ölçümde I algılayıcısının akış debisini belirlemesine yardımcı ve ferromanyetik bir malzemeden imal edilmiş bir piston mekanizmadır. Tanktan silindire veya silindirden tanka akan akışkanın yaylı Q ile gösterilen akış çubuğunu ileri geri hareket ettirmesi, I algılayıcısı ile Q üçgen yapılı çubuğun arasındaki uzaklığın değişimine neden olur. Ferromanyetik

malzemenin algılayıcıdan uzaklaşıp algılayıcıya yaklaşması öncelikle akı halkalarının şekillerinin ve büyüklüklerinin değişimine, daha sonrada buna bağlı olarak akış algılayıcı çıkışındaki gerilimin değişimine neden olur. Çıkış gerilimi akış debisiyle doğru orantılıdır. Dolayısıyla çıkış gerilimi değerlendirilerek doğrusal bir tablodan debi bilgisi elde edilir.



Şekil 3.7 : Servo Elektronik Valfin Kesit Görünüşü

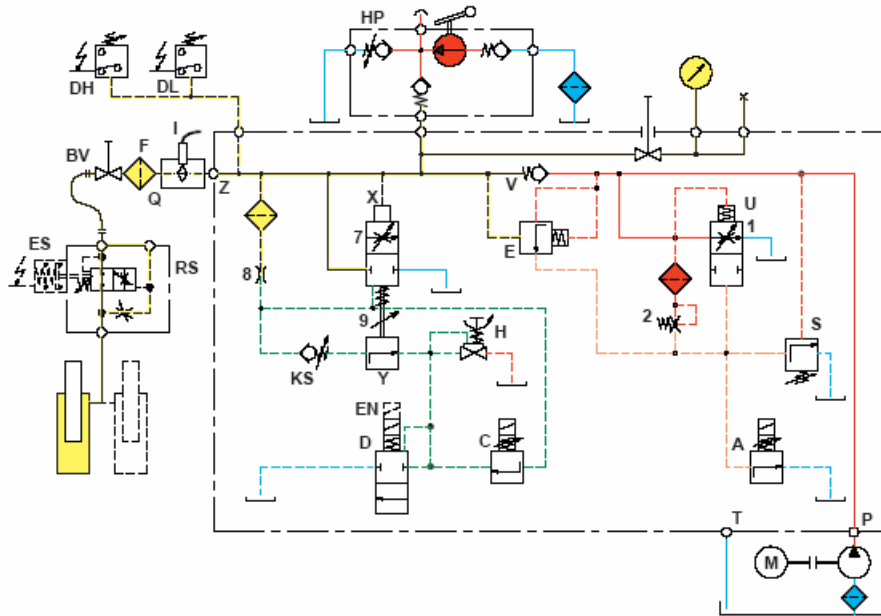
Şekil 3.7’de A, C, D ile gösterilen elemanlar ise akış yollarını genişletip daraltarak akış miktarının değişmesini sağlayan selenoid valflerdir. Bunlardan A Selenoidi, asansörün yukarı yönlü çalışması esnasında, hidrolik pompa ile silindirler arası yolu genişletip daraltarak sistemin yukarı yönlü hız kontrolünü sağlar. C Selenoidi, asansörün aşağı yönlü çalışmasında, silindirler ile tank arasındaki yolu genişletip

daraltarak sistemin aşağı yönlü hız kontrolünü sağlar. D selenoidi ise aşağı yönlü harekette hem durma hem de emniyet selenoidir ve bu selenoid aç kapa olarak iki konumlu çalışır. Aşağı yönlü hareketin olabilmesi için bu selenoidin açık konumda olması şarttır. Ayrıca D selenoidinin SEV’de bulunmasının sebebini daha iyi ifade etmek için belirtmek gerekir ki, aşağı yönlü harekette pompa çalışmaz, yükün ve akışkanın potansiyel enerjisi sayesinde hareket gerçekleşir.

SEV’de çok sayıda yağ filtresi bulunur. Bunlardan bir tanesi SEV silindir çıkışında, bazıları SEV tank girişinde, bazıları ise küçük çaplı orifiz ve pilot odaları girişlerinde bulunur. Filtrelerin amacı, akışkanı süzerek katı parçacıkların sistem elemanlarını ve sistem parametrelerini bozucu yönde etki etmesini engellemektir.

Sistemde bulunan manometre ise, SEV ile silindir arasındaki çıkışın, dolayısıyla yaklaşık olarak silindir içinde bulunan basınç hakkında görsel olarak bilgi verir.

Ayrıca Şekil 3.7 de gösterildiği gibi SEV üzerinde hidrolik asansörün manüel olarak aşağı inmesini sağlayan bir H vidası vardır. Bu vida XC plot bölgesi ile tank arası geçiş yolunu açarak, XC iniş basınç odasındaki basınç düşümünü ve X pistonu ve H vidası üzerinden tanka akışkan kaçımasını sağlar.



Şekil 3.8 : Servo Elektronik Valf Hidrolik Şeması

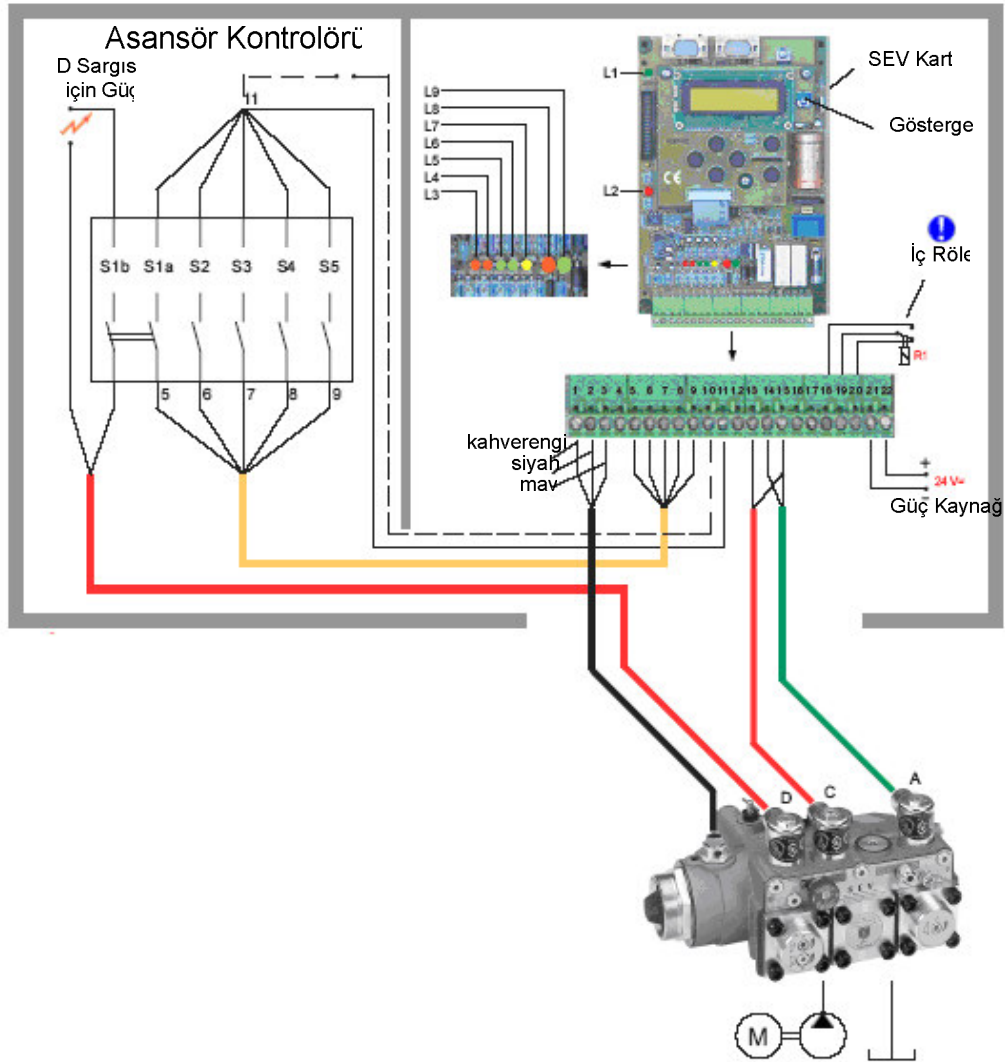
Bir başka SEV elemanı ise, asansörün manüel olarak yukarı hareketini sağlayan bir el pompasıdır. El pompası önünde tek yönlü bir çek valf bulunur bu valf akışkanın

sadece silindir yönünde akmasını sağlar. Şekil 3.8’de bir servo elektronik valfin hidrolik şemasını göstermektedir.

3.2 Kontrol Birimi

3.2.1 Servo Elektronik Valf Kart (SEV Kart)

Servo elektronik valf kartı, üzerinde bulundurduğu giriş kapıları sayesinde sistem donanımından aldığı analog ve sayısal bilgileri değerlendiren, sistemin hareketini sağlayacak olan programı içinde işleten, çıkış kapıları sayesinde ise sistem donanımına analog ve sayısal kontrol işaretleri gönderen, kısacası beyin görevi gören elektronik bir karttır.



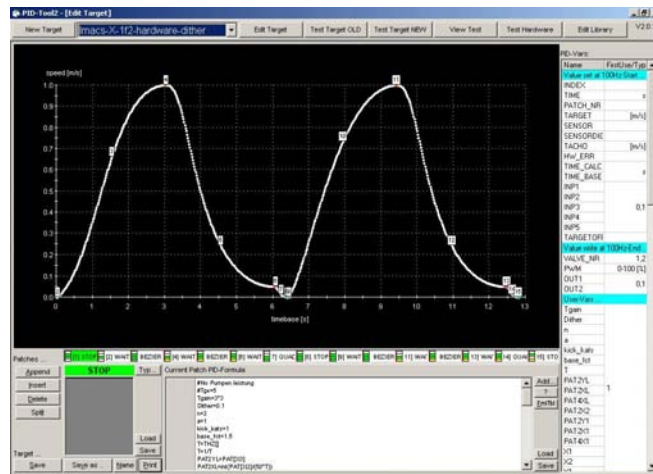
Şekil 3.9 : Servo Elektronik Valf Kart ve Elektriksel Bağlantı Şeması

Şekil 3.9 bir SEV kartı ve bu kartın sistem donanımına bağlantı şemasını göstermektedir. 1,2 ve 3 kapıları analog akış sensörü girişleridir. Analog olarak sensörden akış sensöründen alınan gerilim bilgisi belirli bir frekansta örneklenerek, SEV kart işlemcisine gönderilir. 5,6,7,8 ve 9 kapıları asansörün konumunu hakkında bilgi veren algılayıcılardan alınan sayısal gerilimi, işlemciye aktarır. 10 ve 11 kapıları kartın güç kaynağı olarak kullanılabilecek çıkışlarıdır. 13, 14,15 kapıları karttan selenoidlere analog kontrol işareti sağlayan çıkış kapılarıdır. 21 ve 22 kapıları sistemin pozitif ve negatif doğru akım beslemeleridir. Ayrıca SEV kart üzerinde donanımın hangi birimlerinin aktif olduğunu gösteren LED'ler, manüel olarak programlanmasını sağlayacak tuşlar, bilgisayar ve ağ ile haberleşmesini sağlayacak seri port girişleri mevcuttur. Program bir bilgisayar işlemcisi üzerinde işletilebileceği gibi, kart işlemcisi tarafından da işletilebilir. Modem seri port girişi ise kartta meydana gelecek bir hata anında uzaktan sisteme erişim olanağı sağlar.

3.2.2 Servo Elektronik Valf Kartı Yazılımları

3.2.2.1 SEV Kartı Kontrol Programı (PID-Tool)

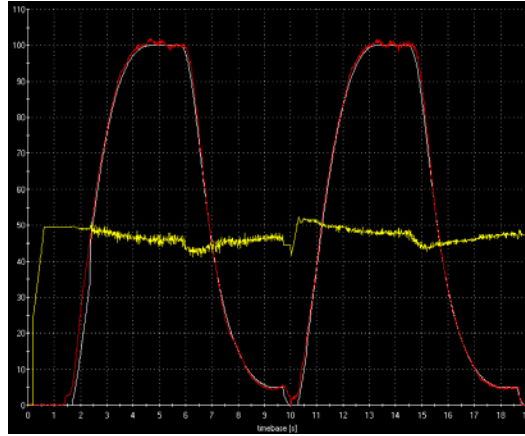
PID-Tool Blain Hydraulics'e ait servo elektronik valflerde yüksek düzeyli kontrol algoritmalarının oluşturulabilmesi için Blain Hydraulics tarafından geliştirilen programdır. PID-Tool ile geliştirilen kontrol yazılımı dışsal bilgisayar işlemcisi ve gücüyle veya SEV kartın kendi işlemcisi ve gücüyle çalıştırılabilir. Son bahsedilen durumda, programlanan kontrol algoritması karta yüklenir ve bilgisayar sadece asansör hareketinin görüntülenmesi için kullanılır. Bu özellik kolayca programda değişik yapma ve yeni algoritmalar koşturma esnekliği sağlar (Çelik ve diğ., 2003).



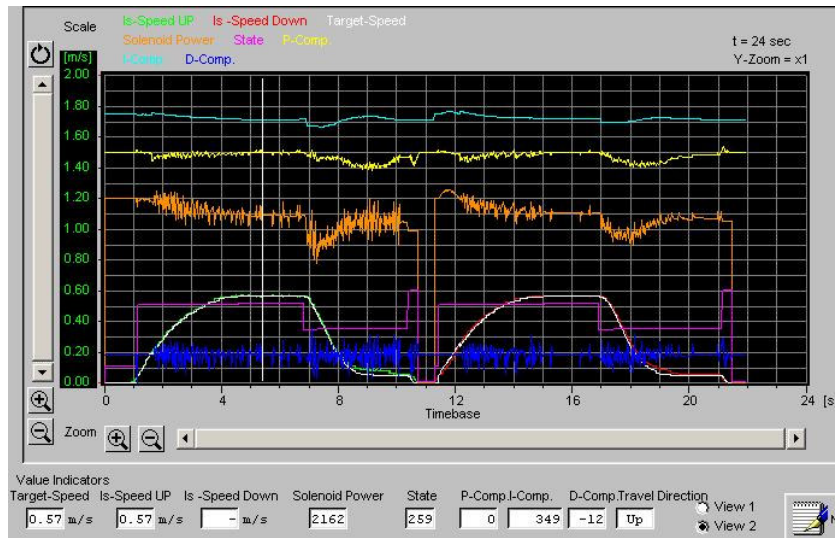
Şekil 3.10 : PID Tool'un Ana Menüsü

Şekil 3.10'da hedef eğrisinin kurulumu gösterilmektedir. Burada aynı zamanda doğrusal ve eğrisel olarak hedef eğrisinin programlandığı tarlalardan biride görülebilmektedir. Burada sürekliliği koşulunu sağladığından ve kolayca modifiye edilebildiğinden Bezier kübik eğrileri hedef eğrileri olarak seçilmiştir. Kübik veya kuadratik polinomlar da hedefi oluşturmak için seçilebilme şansı vardır (**Çelik ve diğ., 2003**). Bir test çalışması Şekil 3.11'de gösterilmektedir. Burada kırmızı eğri gerçek asansör hareketini, beyaz eğri hedefi ve sarı eğri ise selenoid gücünü göstermektedir.

SEV kart içsel modem modülü seçeneği ile donanımlandırılmıştır. Bu sayede asansör performansı Şekil 3.12'da gösterildiği gibi sürüş grafikleriyle uzaktan görüntülenebilir ve optimize edilebilir.



Şekil 3.11: SEV'in 1m/s Hızda PID Tool ile Çalışması

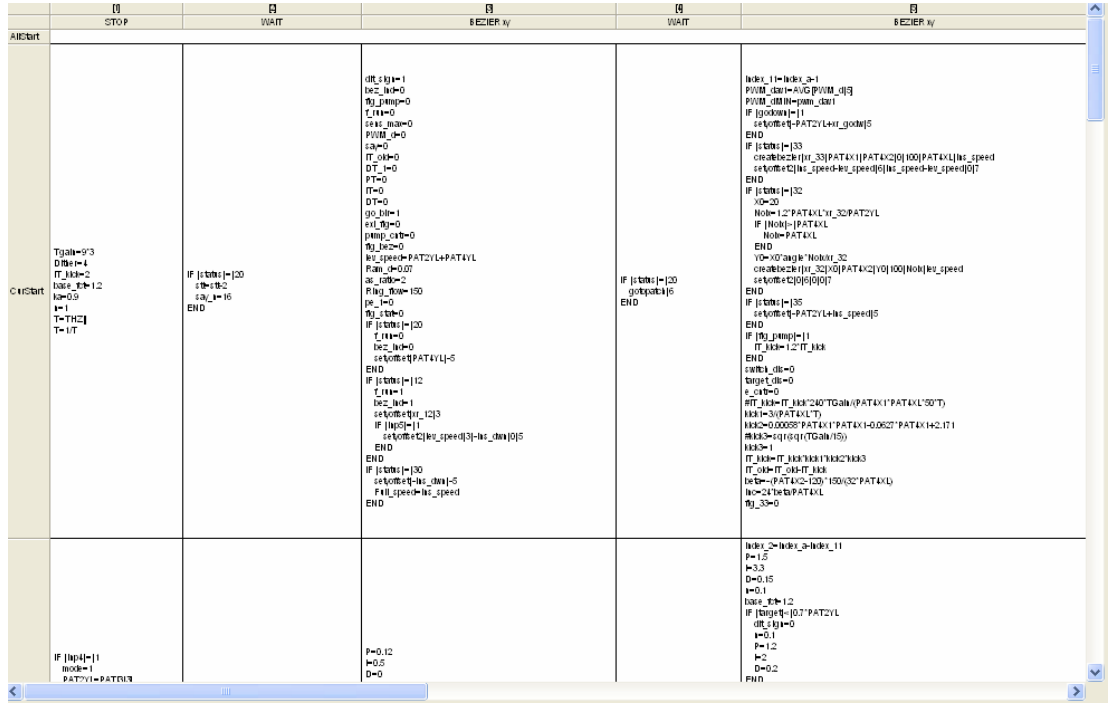


Şekil 3.12 : Hidrolik Asansörde Sürüş Parametrelerinin Kontrolü

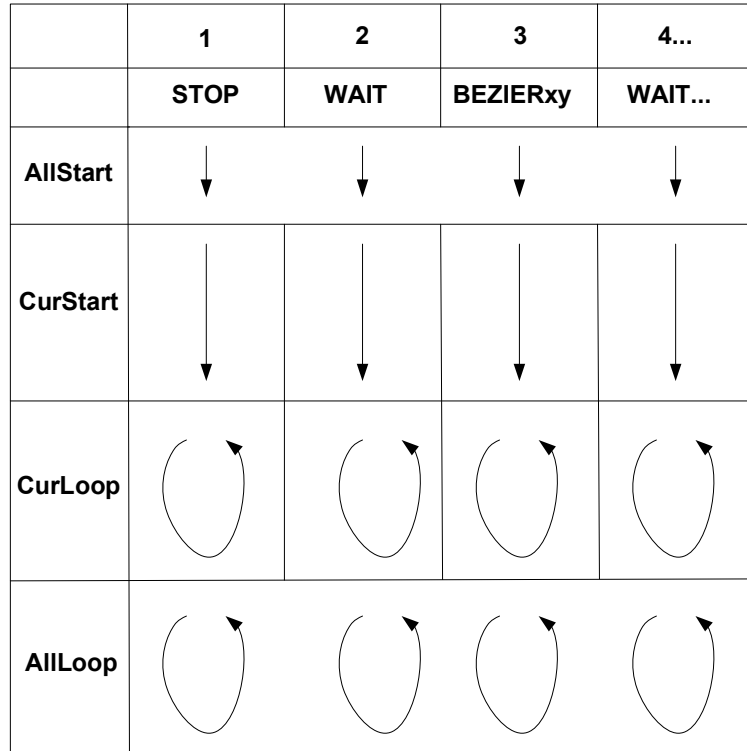
Bu sayede asansör firmaları uzaktan SEV kartlara bağlanarak sürüşü optimize etmek için gerekli değişiklikleri yapabilirler. Bu servislerin daha hızlı bir şekilde gerçekleşmesi, zaman kazancı ve enerji kazanımı sağlar. PID-Tool sadece yeni kontrolör tasarlamayı sağlamaz, aynı zamanda yeni tasarlanmış ve iyileştirilmiş kontrol valfi parçalarının eskileriyle karşılaştırılmasına olanak sunar. Bu bağlamda, elektronik valfin mekanik olarak geliştirilmesi içinde kullanışlı bir araçtır (**Çelik ve diğ., 2003**).

PID-Tool yazılımı ile programlama yapmak için, öncelikle işlemcinin komutları hangi sırayla ve hangi düzende okuyacağını bilmek gerekir. Şekil 3.13’de program tarla ve tarlacıklarının kısmi görüntüsü ve Şekil 3.14’de işlemcinin komutları okuma düzeniyle ilgili açıklayıcı bir çizim verilmiştir. İşletilecek programın yazıldığı yan yana dizili bloklara tarla adı verilir. Her bir tarladaki komutların okunmasının tamamlanmasına çevrim olarak adlandırılır. İşlemci bir tarlayı okumayı tamamladıktan sonra bir sonraki tarlaya okur, bir tarlanın sonuna kadar okunmadan bir sonraki tarla okunmaya geçilmez. Bununla beraber, işlemci her hangi bir emir almadıkça okumayı tamamladığı tarlaya geri dönmez. En son tarlanın okunmasıyla, işlemcinin görevi son bulur.

Tarlaların içyapısını inceleyecek olursak, her bir tarla alt alta sıralanmış dört tarlacıktan oluşur. Bunlar sırasıyla AllStart, CurStart, CurLoop, AllLoop tarlacıklarıdır. AllStart tarlacığı her bir çevrim başında sadece bir kez okunur. Bu tarlacığın hedefi, bütün çevrimler için aynı olan başlangıç değerlerin, işlemciye tanıtılmasıdır. CurStart sadece ait olduğu tarlada bir kez okunan ve o tarlacığa ait başlangıç koşullarını işletimciye tanıtan tarlacıktır. CurLoop ait olduğu tarlada sürekli döngü şeklinde okunan tarlacıktır. Bir sonraki tarlacığa geç emri gelmeden döngü durmaz. AllLoop tarlacığı ise her bir çevrim sonunda döngü halinde okunan ve donanımsal çıkış değerlerinin kart tarafından sisteme verilmesini sağlayan tarlacıktır. Programlamada kullanılan komutlar Ek-A’ da sunulmuştur.



Şekil 3.13 : Program Tarla ve Tarlacıklarının Kısmi Görüntüsü



Şekil 3.14 : İşlecimin Komutları Okuma Düzeni

3.2.2.2 Mekanik Valf için Kullanım Arayüz Programı (Win Tacho)

WIN-Tacho müşteri belirtilmelerine göre mekanik valflerin daha doğru ayarlanmasını sağlamak için Blain Hydraulics tarafından geliştirilen programdır. Bireysel bilgisayarlar için bir arayüz oluşturur. Bu arayüz asansör kabininin şaftına monte edilen bir enkoderden ve kontrol panelden gelen konum işaretlerini giriş olarak alarak, anlamlı bilgisayar yazılımı değerlerine dönüştürür. Yazılım işareti okur, gerçek hareket ve hedef eğrisini farklı renklerde çizer. Bu yazılım öncelikle kullanıcıya 8 valf tipinden uygun olanını farklı konfor koşulları ve akış debilerini göz önünde bulundurarak seçme imkanı sunar. Daha sonra pompa silindir bilgileri gibi asansör parametreleri ve hedeflenen ivmelenme yavaşlama, seviyeleme hızında hareket gibi sürüş parametreleri yazılıma girilir. Asansörün çalışması esnasında, hedef eğrisi beyaz, yukarı ve aşağı sürüşler yeşil ve kırmızı olarak çizilir. Mekanik valf ayarlarındaki başarı göstergesi gerçek sürüş ve hareket eğrisi arasındaki paralelliktir.

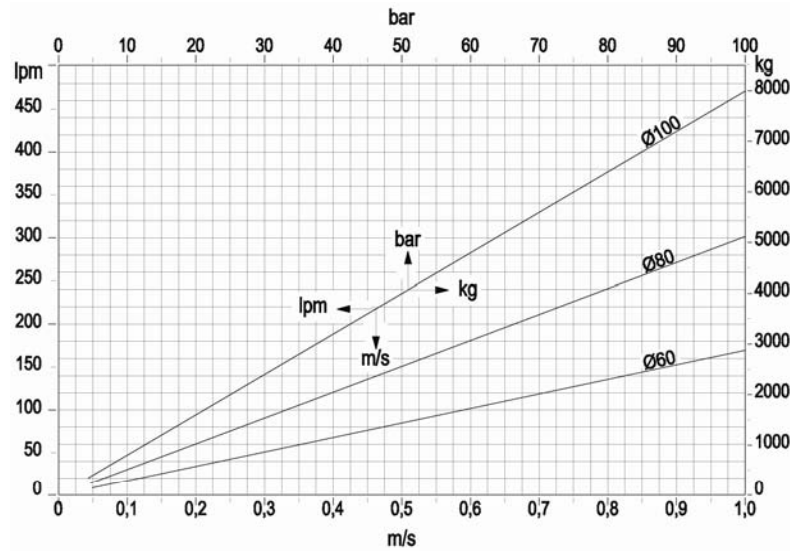
Yağ sıcaklığının değişmesiyle az da olsa ivmelenme ve yavaşlama eğrisinin değişimine neden olur. Bu nedenle yukarı ve aşağı yönlü kompanzasyon tabloları yazılıma eklenmiştir. Her tip valf öncelikle 30°C çalışma koşullarına göre ayarlanır, daha sonra uygun kalibrasyon parametrelerine ulaşmak için farklı sıcaklıklar için program koşturulur. Kalibrasyon tamamlandıktan sonra, kullanıcı istediği bir sıcaklığı parametre olarak girerek valf ayarını sağlamış olur. Gösterge penceresi ve WIN- Tacho'nun tipik ayarları Şekil 3.15'de gösterilmiştir.



Şekil 3.15 : Win-Tacho Yazılımın Ana Maskesi

WIN-Tacho yazılımı ayrıca enkoder işareti haricinde kontrol paneli girişleri olmadan da koşturulabilir. Bununla birlikte WIN-Tacho yazılımı gerçek sürüş hızı ve ivmelenme, tam hız, yavaşlama, seviyeleme zamanlarındaki hataları hesaplama ve görüntüleme özelliklerine de sahiptir. WIN- Tacho kullanıcıya özel ayarlarını ve sürüş grafiğini kaydetme, yükleme ve yazdırma imkanı da sağlar. Bu yazılım müşteri özel verilerine göre valfin en uygun bir şekilde ayarlanmasına izin verir, kullanıcının valfin içi hakkında daha iyi bilgi birikimi kazanmasını olanak tanır ve müşteri verilerinin saklanması için dijital kütüphane ortamı sağlar (Çelik ve diğ., 2003).

3.3 Mekanik Birim



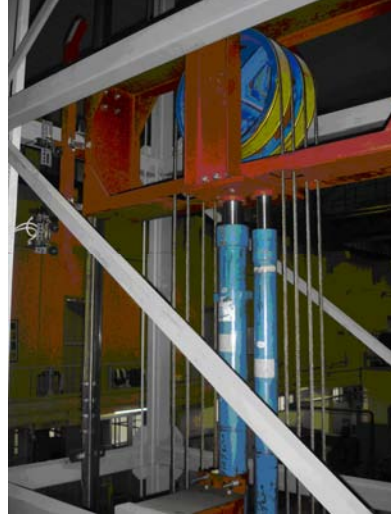
Şekil 3.16 : Yük-Basınç ve Akış Debisi-Hız Seçimi

Mekanik birim hidrolik enerjiyi hareket enerjisine çeviren birimdir. Mekanik birimi kılavuz raylar, kabin, hidrolik koç hidrolik silindir ve makara mekanizması oluşturur.

Test asansörünün ana iskeleti iki kılavuz ray arasındaki düşey düzlemde hareket etmektedir. 250 kg'lık ağırlık plakaları pimler yardımıyla iskelete takılıp çıkartılabilir. Yüklerin değişimi, 60mm ve 80mm çaplı iki adet pistonun kombinasyonları ve 2:1 ya da 1:1 süspansiyon oranları değiştirilmesiyle 3 bar 139 bar arasındaki basınçlarda çalışılabilir. Pompa ve piston kombinasyonları ile 0.25m/s to 2.36m/s arası hızlara ulaşılabilir. Örnek olarak Şekil 3.16 yük-basınç ve akış debisi-hız seçim grafiğini piston çaplarını göz önüne alarak gösterir.

Hidrolik asansör sistemi bir hidrolik koç ve silindir içine monte edilen akışkan tarafından sürülen piston yardımıyla makaralar üzerinden asansör kabinini

kaldırmaktadır. Silindir bir taraftan akışkan pompalama sistemi ile bağlantılıdır (Çelik ve diğ., 2003). Şekil 3.17’de sistem düzeneğinde kullanılan makara mekanizmasının fotoğrafını göstermektedir.



Şekil 3.17 : Makara Mekanizması

3.4 Elektriksel Birim

Elektriksel birim ise kabinin konumunu belirleyen anahtar algılayıcılar, hız kodlayıcı, hız göstergesi ve elektrik güç ve elektrik kumanda panosu meydana getirir. Şekil 3.18’de elektrik kumanda panosunun fotoğrafı verilmiştir. Kullanılan elektrik kumanda panosu endüstriyel ve müşteriye yönelik yapıda tasarlandığından karmaşık bir yapıya sahiptir. Çok katlı sistemler, kapılı ve güvenli kabinler için tasarlanmıştır. Alt ve üst katta 80’er cm ara ile ikişer adet switch sensörler bulunur. Bu sensörlerden faydalanılarak asansörün yavaşlama ve durma konumları belirlenir. Şekil 3.19’da asansörün konumunu belirleyen anahtar algılayıcılardan üç tanesi gösterilmektedir. En altta olanı güvenlik amacıyla 20 cm kat aşağısına yerleştirilmiştir.



Şekil 3.18 : Elektrik Kumanda Panosu



Şekil 3.19 : Konum Algılayıcıları

4. SERVO ELEKTRONİK VALF MODELİ

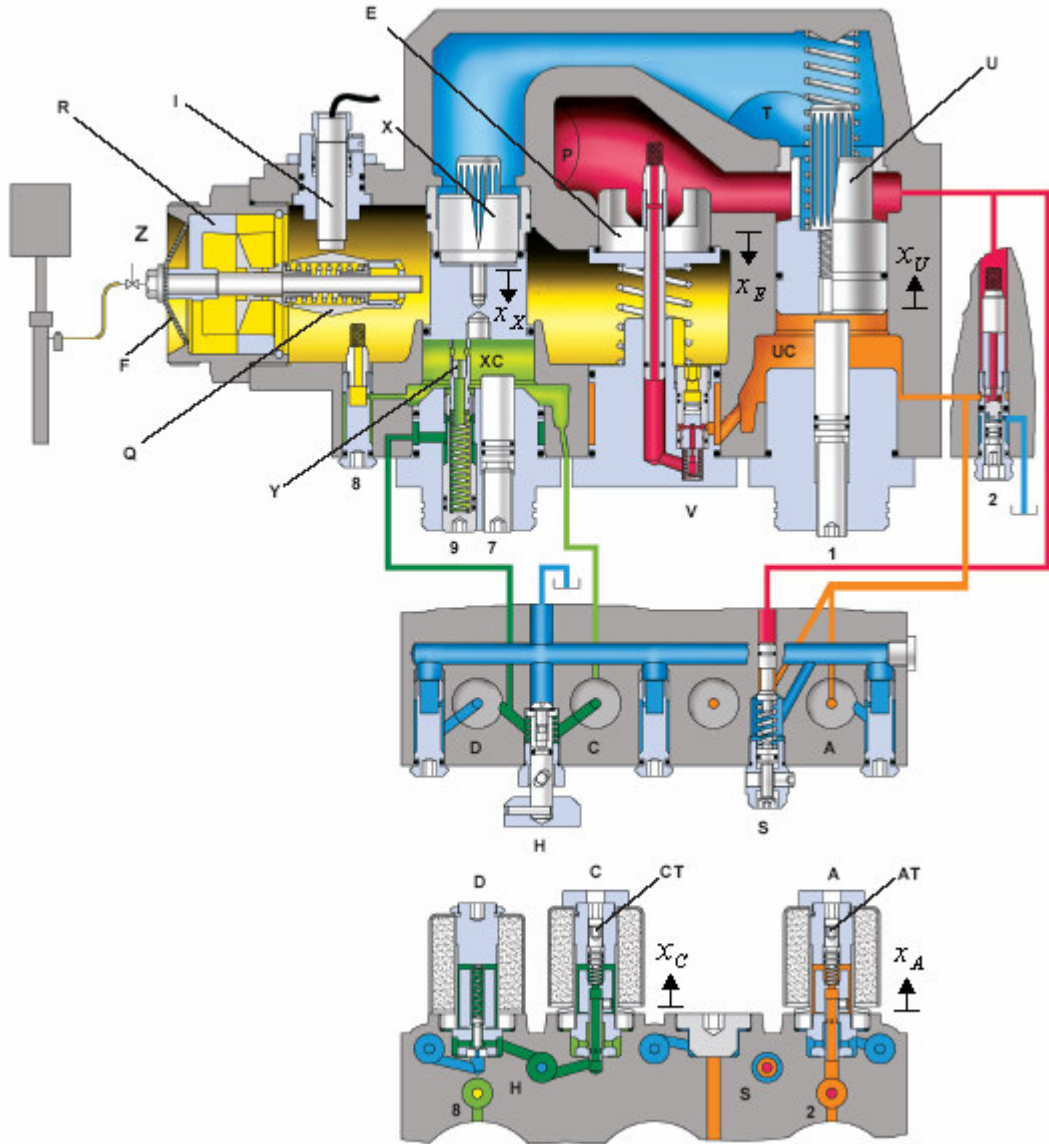
Bu çalışmada hidrolik asansörün tamamının modeli verilmektense, kontrolör tasarımı can alıcı nokta olan servo elektronik valfin modeli çıkarıldı. İstenildiği takdirde benzer çalışmalarda türetilen benzer pompa, silindir, piston ve yük denklemleri de bu modele eklenebilir. Modellemede amaçlanan bozucu etkisini gidermek olmayıp, hız takibini sağlamak olduğundan sürtünme denklemleri modele eklenmeyip, yerine modele deneysel olarak elde edilen bozucu yüklerin yerleştirilmesi gerçekleştirildi. SEV'in yukarı ve aşağı yönlü hareketi temsil eden iki ayrı modeli yapıldı. Bu modellemeler sırasında elde edilen verilerin bir kısmı servo valf üzerinden ölçüldü, diğer bir kısmı ise üretici firma Blain Hydraulics GmbH tarafından katalog bilgisi olarak sağlandı. Ayrıca SEV modellemesi esnasında, hareketi ifade etmek için Newton 2. Hareket Kanunu, akışı ifade etmek için genelleştirilmiş akış süreklilik denklemleri oluşturuldu. Sistem modeli, sistem dinamiği bozulmayacak şekilde mümkün olduğunca sadeleştirilerek çıkarıldı.

4.1 Yukarı Yönlü Hareket

Yukarı emrinin kumanda düğmesinden verilmesiyle, elektronik kartta yukarı programı işlemeye başlar, eş zamanlı olarak ta pompa motoru ve A selenoidi enerjilenir. Sabit debili pompa çalışmaya başladığında P çıkış basınç odası akışkanla dolmaya başlar, bu sırada akışkanın büyük bir kısmı U pistonundaki yarıklardan geçerek tanka tahliye olur, diğer kısmı ise 2 no'lu orifizden geçerek UC pilot çemberini doldurur. Aynı zamanda P bölgesindeki basınç düşük olduğundan çek valf yayı hareket etmez ve Z silindir haznesine akışkan kaçışı olmaz. UC pilot çemberinden akışkanın tek kaçış yolu, normalde açık A selenoidini aşarak tanka ulaşmasıdır. UC çemberinden tanka kaçan sıvı debisi, A selenoidinin sarımlarından akan akım sayesinde elde edilen manyetik kuvvetin akış yolunu genişletip daraltılmasıyla kontrol edilir. Bu durumda UC pilot çemberindeki akışkan miktarı ve arttırılırsa, U pistonu yukarı yönlü hareket eder ve P bölgesinden tanka tahliye olan akışkanın yolunu daraltır. P bölgesine sabit debiyle akışkan dolmasına karşın, bu

bölgeden çıkan akış yolunun daralması, bu bölgede basınç artışına neden olur. Artan basınç nedeniyle çek valf hareket ederek, P bölgesinden Z silindir haznesine akışkan geçişini sağlar. Akışkan Z silindir haznesinden silindire doğru hareket ederken akış debisinin şiddetine göre I indüktif algılayıcısı önündeki Q yaylı pistonunu bir miktar hareket ettirir ve bu I algılayıcısı tarafından algılanır. Q pistonunun hareket miktarı silindire akan debiyle doğru orantılıdır. Ölçülen debi ise asansör kabininin hızıyla doğru orantılı olup, hız kontrolü için gerekli hız ölçümü hesaplanmış olur. Son olarak silindire dolan akışkan pistonu yukarı hareket ettirir, bu sayede asansör kabini de yukarı yönde hareket etmiş olur (**Bahadır ve diğ., 2007**).

Sistemle ilgili büyüklükler Ek-C’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : SEV'in Yatay ve Düşey Kesit Görünüşü

Şekil 4.1’de SEV’in düşey ve yatay kesit görünüşleri gösterilmektedir. Bu kesit görünüşler temel alınarak SEV modeli oluşturulur.

UC pilot çemberindeki basınç değişimi genelleştirilmiş akış süreklilik yasasından yola çıkılarak aşağıdaki gibi verilir.

$$\frac{dP_{UC}}{dt} = \frac{\beta_e}{V_{UC0} + A_v x_U} (Q_{vi} - Q_{vo}) \quad (4.1)$$

Newton 2. hareket kanununa uygun olarak U pistonu üzerine etkiyen kuvvetler dengesi:

$$m_U \ddot{x}_U = P_{UC} A_{UC} - P_P A_{PU} - B_U \dot{x}_U - K_U x_U \quad (4.2)$$

Orifiz 2’den kaçan akış miktarı:

$$Q_{vi} = C_2 A_2 \sqrt{\frac{2(P_P - P_{UC})}{\rho}} \quad (4.3)$$

A selenoidinin oluşturduğu kuvvetin denklemi ve selenoitte tanka kaçış miktarı aşağıdaki verilen bağıntılarda olduğu gibi hesaplanır.

$$m_A \ddot{x}_A = B_P i - B_A \dot{x}_A - K_A x_A \quad (4.4)$$

$$Q_{vo} = C_A (a_A x_A) \sqrt{\frac{2(P_{UC} - P_0)}{\rho}} \quad (4.5)$$

E çek valfinin hareket denklemi ve çek valf üzerinden silindire kaçan akış miktarı aşağıdaki denklemlerde olduğu gibidir.

$$m_E \ddot{x}_E = P_Z A_Z - P_P A_{PZ} - B_E \dot{x}_E - K_E x_E \quad (4.6)$$

$$Q_Z = C_E (n a_E (-x_E)) \sqrt{\frac{2(P_P - P_Z)}{\rho}} \quad (4.7)$$

P odasındaki basınç değişimi:

$$\frac{dP_P}{dt} = \frac{\beta_e}{V_P} (Q_P - Q_{vi} - Q_L - Q_T) \quad (4.8)$$

P odasından T tankına kaçan akış miktarı ise:

$$Q_T = C_T (na_U (-x_U)) \sqrt{\frac{2(P_P - P_0)}{\rho}} \quad (4.9)$$

denklemleri ile elde edilir.

4.2 Aşağı Yönlü Hareket

Aşağı yönde çalışma esnasında hidrolik asansörlerin geleneksel asansörlere göre en büyük avantajı, kabin ve yükün potansiyel enerjisi kullanılarak, pompa motoru çalıştırılmadan dolayısıyla enerjiden tasarruf edilerek aşağı inişin sağlanmasıdır.

Aşağı emrinin kumanda düğmesinden verilmesiyle, elektronik kartta aşağı programı işlemeye başlar, eş zamanlı olarak ta D selenoidi enerjilenir. Z silindir haznesindeki basınçlı akışkan orifiz 8'den geçerek XC çemberini doldurur. XC çemberindeki akışkan ve yay 9 iniş pistonuna kuvvet uygulayarak, pistonun Z silindiri ile T tankı arasındaki yolun kapalı tutmasını sağlar. XC çemberinden akışkanın tek kaçış yolu C selenoidi üzerindendir. C selenoidinin sarımlarına verilen akımla yol genişletilirse XC çemberinden tanka sıvı akışı hızlanır. XC bölgesindeki basınç ve akışkanın miktarı düşer. Bu sayede iniş pistonu hareket eder ve Z silindiri ile T tankı arasındaki akış yolunu açar, bu yöntemle silindirdeki akışkan istenen hızda tanka akıtılarak, asansör kabininin aşağı yönlü hareketi sağlanmış olur. Kabin hızının algılanması yukarı yönlü harekette olduğu gibi I indüktif sensörü tarafından sağlanır (**Bahadır ve diğ., 2007**).

XC çemberindeki basınç değişimi genelleştirilmiş akış süreklilik yasasından yola çıkılarak aşağıdaki gibi verilir.

$$\frac{dP_{XC}}{dt} = \frac{\beta_e}{V_{XC0} + A_{XC}x_X} (Q_8 - Q_C) \quad (4.10)$$

Orifiz8 den geçen akış miktarı:

$$Q_8 = C_8 A_8 \sqrt{\frac{2(P_Z - P_{XC})}{\rho}} \quad (4.11)$$

C Selenoidinin oluşturduğu kuvvetin denklemi ve selenoitte tanka kaçış miktarı aşağıdaki verilen bağıntılarda olduğu gibi hesaplanır.

$$m_C \ddot{x}_C = B_P i - B_C \dot{x}_C - K_C x_C \quad (4.12)$$

$$Q_C = C_C (a_C x_C) \sqrt{\frac{2(P_{XC} - P_0)}{\rho}} \quad (4.13)$$

X pistonunun hareketi aşağıdaki denklemde olduğu gibi modellenenir.

$$m_X \ddot{x}_X = P_{XC} A_{XC} - P_Z A_Z - B_X \dot{x}_X - K_X x_X \quad (4.14)$$

Sistemin çıkış modeli ise C selenoidinden ve X pistondaki yarıklardan geçen akışların toplamı:

$$Q_L = Q_C + C_{XT} (a_{XT} (-x_X)) \sqrt{\frac{2(P_Z - P_0)}{\rho}} \quad (4.15)$$

denklemleri ile elde edilir.

4.3 Ölçeklendirme

Sistem model denklemlerinin katsayıları birbirlerinden sayısal olarak çok farklı büyüklüklerde olduklarından, küçük katsayılı etkisini inceleyebilmek ve modellemeyi kolaylaştırmak için sistemin ölçeklendirilmesi gerekir. Ölçeklendirme sonucunda model denklemlerinin katsayıları 1'lik göstergede birbirlerine yakın değerler alır.

Sistem model denklemlerini ölçeklendirmek için, öncelikle değişkenlerin sistem içindeki maksimum değerleri yaklaşık olarak belirlenmelidir. Her değişken kendi maksimum değerine bölünerek ölçeklendirilir (**Kandemir, 2005**). Ölçeklendirmede kullanılan maksimum değerler Ek-B' de verilmiştir.

Yukarı yönlü hareket denklemlerinin genlik ölçeklendirilmesi aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi sağlanır.

$$P_{UC maks} \dot{\bar{P}}_{UC} = \frac{\beta_e}{V_{UC0} + A_v x_{U maks} \bar{x}_U} (Q_{vi maks} \bar{Q}_{vi} - Q_{vo maks} \bar{Q}_{vo}) \quad (4.16)$$

$$m_1 x_{U maks} \ddot{\bar{x}}_U = \bar{P}_{UC} P_{UC maks} A_{UC} - \bar{P}_P P_{P maks} A_{PU} - B_U x_{U maks} \dot{\bar{x}}_U - K_U x_{U maks} \bar{x}_U \quad (4.17)$$

$$Q_{vi maks} \bar{Q}_{vi} = C_2 A_2 \sqrt{\frac{2(P_{P maks} \bar{P}_P - P_{UC maks} \bar{P}_{UC})}{\rho}} \quad (4.18)$$

$$m_A x_{A maks} \ddot{\bar{x}}_A = B_P i_{maks} \bar{i} - B_A x_{A maks} \dot{\bar{x}}_A - K_A x_{A maks} \bar{x}_A \quad (4.19)$$

$$Q_{vo maks} \bar{Q}_{vo} = C_A (a_A x_{A maks} \bar{x}_A) \sqrt{\frac{2(P_{UC maks} \bar{P}_{UC} - P_{0 maks} \bar{P}_0)}{\rho}} \quad (4.20)$$

$$m_E x_{E maks} \ddot{\bar{x}}_E = \bar{P}_Z P_{Z maks} A_Z - \bar{P}_P P_{P maks} A_{PZ} - B_E x_{E maks} \dot{\bar{x}}_E - K_E x_{E maks} \bar{x}_E \quad (4.21)$$

$$Q_{Z maks} \bar{Q}_Z = C_E (na_E x_{E maks} (-\bar{x}_E)) \sqrt{\frac{2(P_{P maks} \bar{P}_P - P_{Z maks} \bar{P}_Z)}{\rho}} \quad (4.22)$$

$$P_{P maks} \dot{\bar{P}}_P = \frac{\beta_e}{V_P} (Q_{P maks} \bar{Q}_P - Q_{vi maks} \bar{Q}_{vi} - Q_{L maks} \bar{Q}_L - Q_{T maks} \bar{Q}_T) \quad (4.23)$$

$$Q_{T maks} \bar{Q}_T = C_T (na_U x_{U maks} (-\bar{x}_U)) \sqrt{\frac{2(P_{P maks} \bar{P}_P - P_{0 maks} \bar{P}_0)}{\rho}} \quad (4.24)$$

Aşağı yönlü hareket denklemlerinin genlik ölçeklendirilmesi aşağıdaki denklemde görüldüğü gibidir.

$$P_{XC maks} \bar{P}_{XC} = \frac{\beta_e}{V_{XC0} + A_{XC} x_{X maks} \bar{x}_X} (Q_{8 maks} \bar{Q}_8 - Q_{C maks} \bar{Q}_C) \quad (4.25)$$

$$Q_{8 maks} \bar{Q}_8 = C_8 A_8 \sqrt{\frac{2(P_{Z maks} \bar{P}_Z - P_{XC maks} \bar{P}_{XC})}{\rho}} \quad (4.26)$$

$$m_C x_{C maks} \ddot{\bar{x}}_C = B_P i_{maks} \bar{i} - B_C x_{C maks} \dot{\bar{x}}_C - K_C x_{C maks} \bar{x}_C \quad (4.27)$$

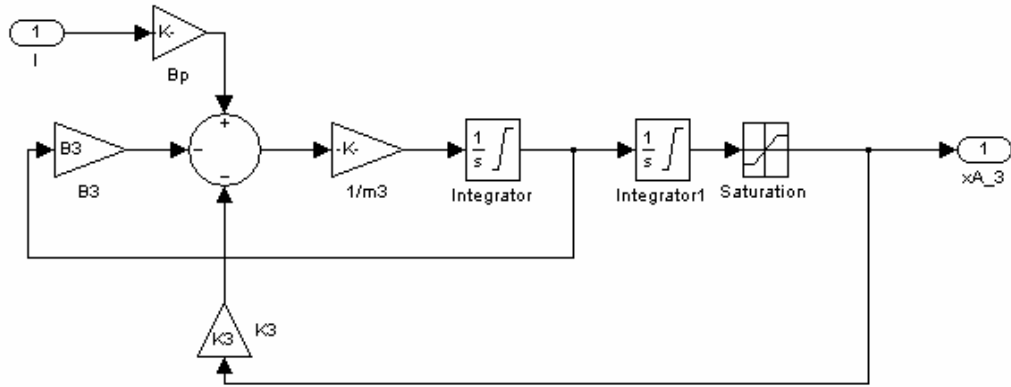
$$Q_{C maks} \bar{Q}_C = C_C (a_C x_{C maks} \bar{x}_C) \sqrt{\frac{2(P_{XC maks} \bar{P}_{XC} - P_{0 maks} \bar{P}_0)}{\rho}} \quad (4.28)$$

$$m_X x_{X maks} \ddot{\bar{x}}_X = \bar{P}_{XC} P_{XC maks} A_{XC} - \bar{P}_Z P_{Z maks} A_Z - B_X x_{X maks} \dot{\bar{x}}_X - K_X x_{X maks} \bar{x}_X \quad (4.29)$$

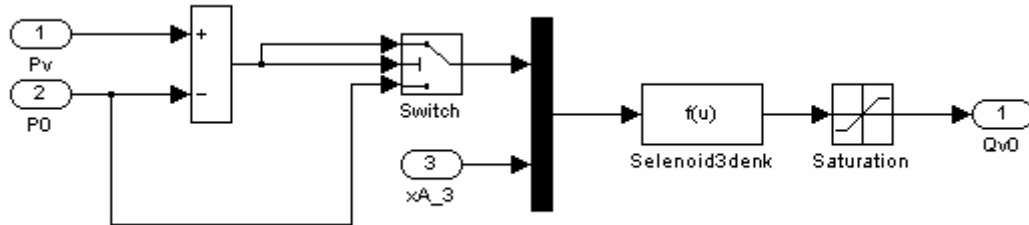
$$Q_{Lmaks} \bar{Q}_L = Q_{Cmaks} \bar{Q}_C + C_{XT} \cdot (a_{XT} x_{Xmaks} (-\bar{x}_X)) \sqrt{\frac{2(P_{Zmaks} \bar{P}_Z - P_{0maks} \bar{P}_0)}{\rho}} \quad (4.30)$$

4.4 Sistem Modelinin Simulik Blokları

Ölçeklendirilmiş denklemlerden faydalanarak yukarı yönlü hareketin SIMULINK blokları aşağıdaki gibi oluşturulur. Şekil 4.2’ de selenoid A’nın pim hareketi ve Şekil 4.3’de selenoid A orifizinden akan akışın Simulik modeli verilmiştir.

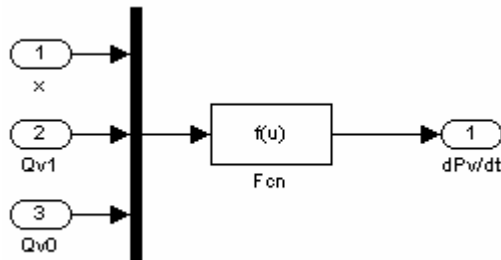


Şekil 4.2 : Selenoid A’ nın Pim Hareketinin Simulink Modeli

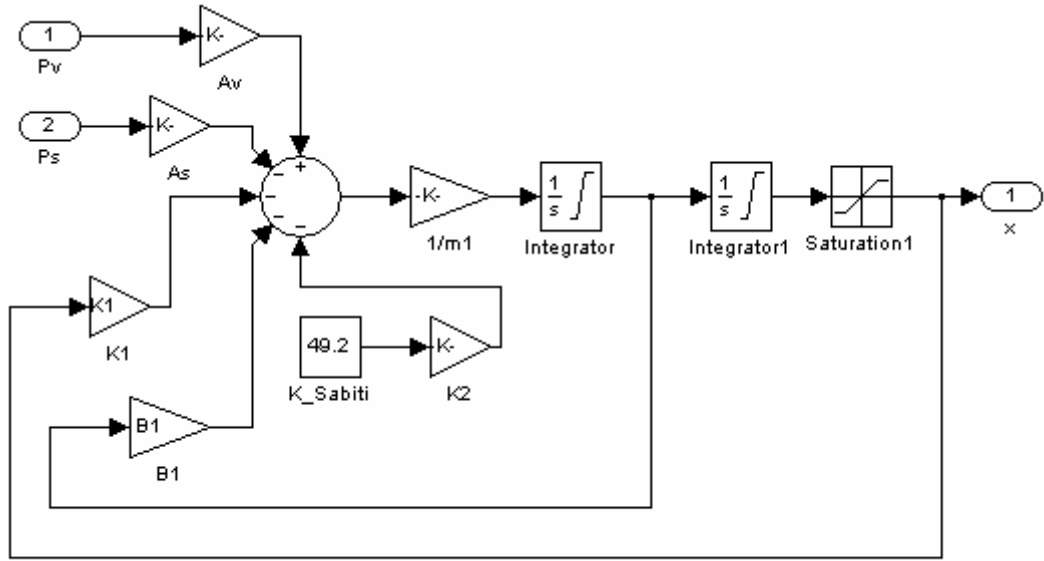


Şekil 4.3 : Selenoid A Orifizinden Akan Akışın Simulink Modeli

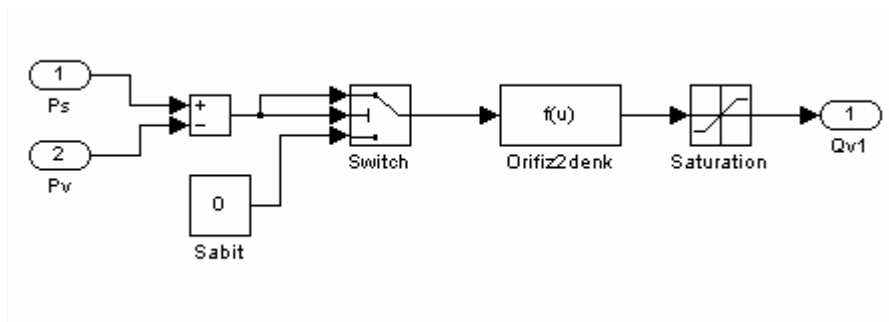
Şekil 4.4’de UC pilot çemberinin, Şekil 4.5’de UC pistonunun ve Şekil 4.6’da orifiz 2’nin Simulink modelleri verilmiştir.



Şekil 4.4 : UC Pilot Çemberinin Simulink Modeli

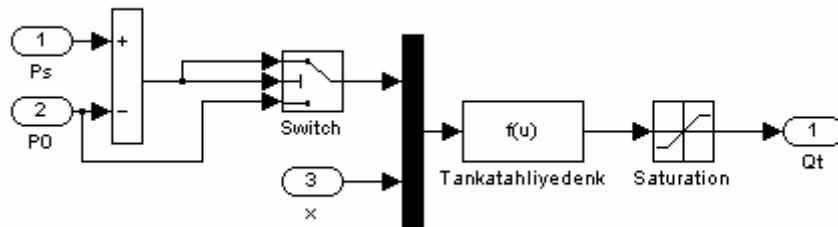


Şekil 4.5 : U Pistonun Simulink Modeli

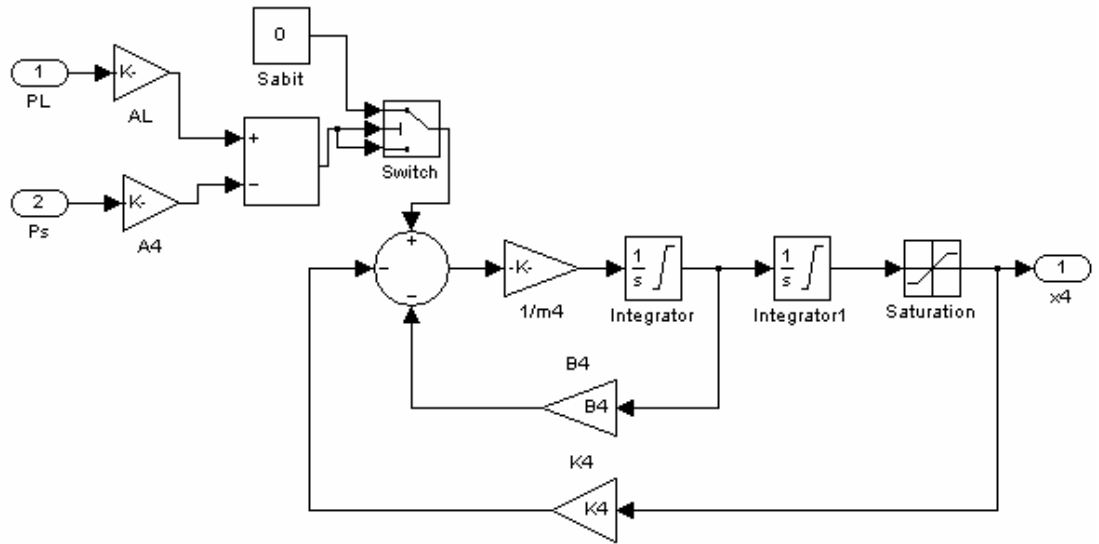


Şekil 4.6 : Orifiz 2'nin Simulink Modeli

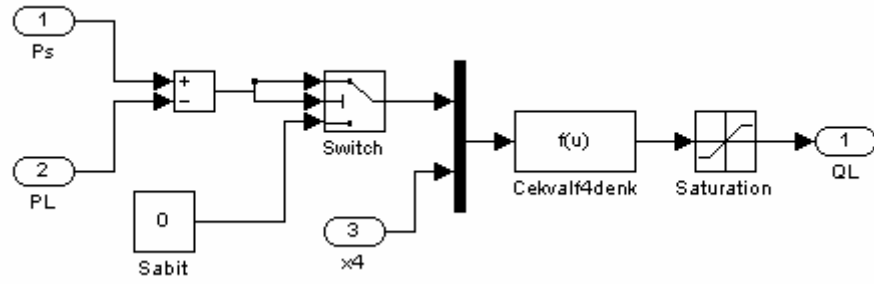
Şekil 4.7'de tanka tahliye debisinin, Şekil 4.8'da U pistonu hareketinin, Şekil 4.9'da çek valfin ve Şekil 4.10'da pompa çemberinin Simulink modelleri verilmiştir.



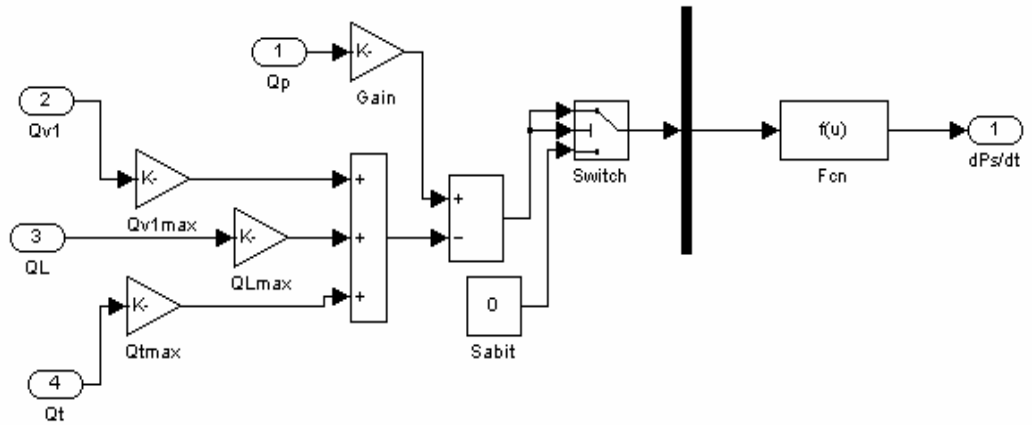
Şekil 4.7 : Tank Tahliyenin Simulink Modeli



Şekil 4.8 : U Pistonunun Simulink Modeli



Şekil 4.9 : Çek Valfin Simulink Modeli

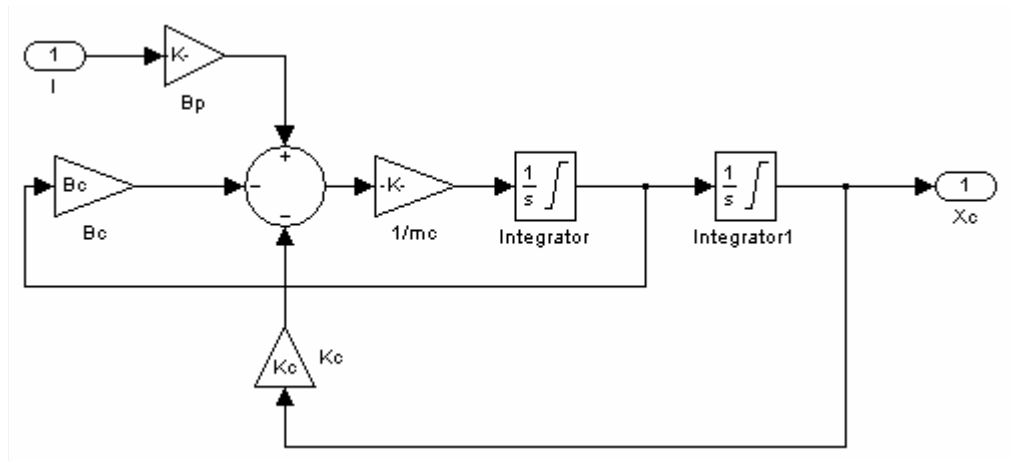


Şekil 4.10 : Pompa Çemberinin Simulink Modeli

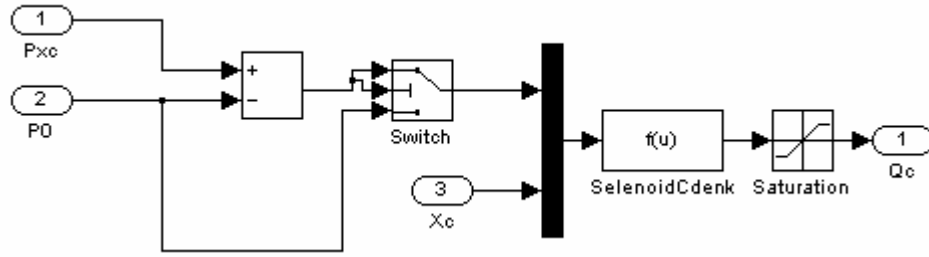
The diagram illustrates a complex hydraulic system simulation. Key components and their interconnections include:

- Pump Section:** Two input pressures Q_p feed into a block labeled dP_s/dt . The output Q_v1 passes through an **Integrator** ($1/s$) to produce P_s , which is then limited by a **Saturation2** block. The resulting pressure P_0 is monitored by **ScopePs**.
- Pressure Control Loop:** A feedback loop uses a **CekvalHE_4** block to compare the actual pressure P_s with a setpoint PL . The error signal QL is integrated and limited by **Saturation1** to produce a control signal P_v , which is monitored by **ScopePv**.
- Hydraulic Components:**
 - TankaTahliyeT_5:** A tank block receiving P_0 and Q_v1 , with output Q_t monitored by **ScopeQT**.
 - PistonUC_1:** A piston block receiving P_s and P_v , with position x monitored by **ScopeQv1**.
 - PistonUC_4:** A piston block receiving P_s and P_v , with position x_4 monitored by **ScopeQL**.
 - SolenoidA_Pim_3:** A solenoid block receiving a control signal I (from a gain block of 1) to produce a valve position x_{A_3} , monitored by **ScopeQv0**.
- Flow and Pressure Dynamics:**
 - The **PompaCembriP_5** block calculates the flow rate Q_v1 based on the pressure difference dP_s/dt .
 - The **Orifiz2_2** block calculates the flow rate Q_v0 based on the pressure difference $P_s - P_v$.
 - The **PistoCembriUC_1** block calculates the flow rate Q_v1 based on the pressure difference $P_s - P_v$.

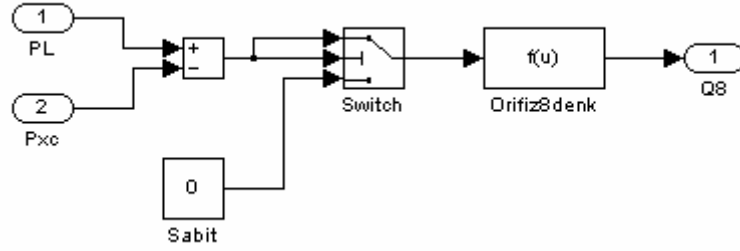
Ölçeklendirilmiş denklemlerden faydalanarak aşağı yönlü hareketin SIMULINK blokları aşağıdaki verilir. Şekil 4.12’ de selenoid C’nin pim hareketi ve Şekil 4.13’te selenoid C orifizinden akan akışın Simulink modeli verilmiştir. Şekil 4.14’te orifiz 8’in, Şekil 4.15’de X pistonunun, Şekil 4.16’de XC pilot çemberinin ve 4.17’de tanka kaçan akışın Simulink modelleri verilmiştir.



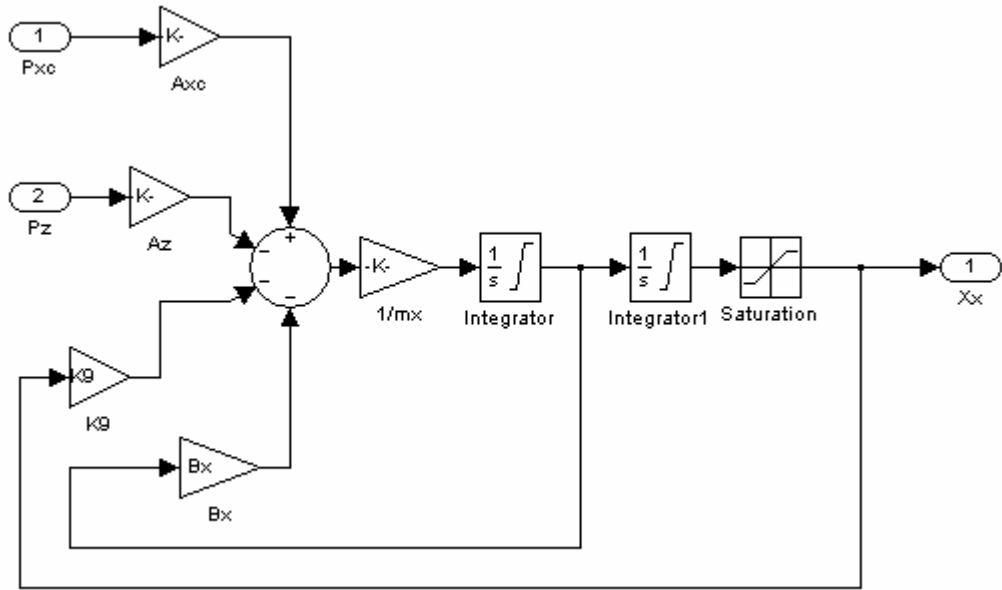
42



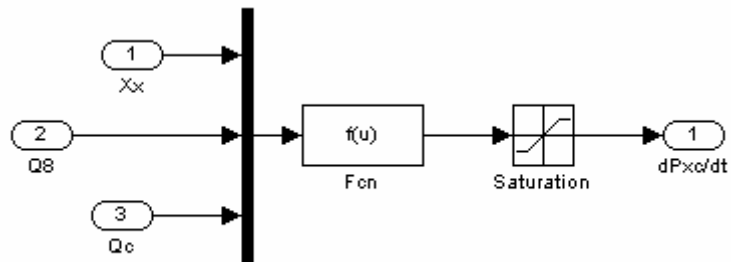
Şekil 4.13 : Selenoid C Orifizinden Akan Akışın Simulink Modeli



Şekil 4.14 : Orifiz 8'in Simulink Modeli



Şekil 4.15 : X Pistonunun Simulink Modeli



Şekil 4.16 : XC Pilot Çemberinin Simulink Modeli

5. KONTROL YÖNTEMİ, BENZETİMLER VE DENEY SONUÇLARI

5.1 Kontrol Yöntemi

Bu kısımda, mümkün olduğunca basit tutulan alt sistem modelleri belirli çalışma noktaları etrafında doğrusallaştırılarak, sistem tanımlayıcı matrisler oluşturulması amaçlandı. Daha sonra sistem evrim matrisleri; boyut, kutup ve sıfır bazında analiz edilip, en uygun kontrolör yöntemlerinin belirlenmesine çalışıldı.

Genel anlamıyla, doğrusal bir sistem için durum uzayı modeli aşağıdaki denklemler uyarınca verilebilir.

$$\dot{x} = A x + B u + E w \quad (5.1)$$

$$y = C x + D u + F w \quad (5.2)$$

Burada x durumları, $\dot{x}$ durumların türevlerini, y çıkışı, u kontrol girişlerini, w nedeni belirli ve belirsiz tüm bozucu girişleri ifade eder. A, B, C, D, E, F ise sistem dinamiğine göre parametre matrisleridir.

Yukarı yönlü hareket için giriş olarak i ; A selenoidinin sarımlarından akan akım ve çıkış olarak da Q_z ; silindire akan debi seçilirse; sistem durum matrisi,

$$x_{yh} = \begin{bmatrix} x_U \\ \dot{x}_U \\ x_A \\ \dot{x}_A \\ x_E \\ \dot{x}_E \\ P_{UC} \\ P_P \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

sistem evrim matrisi,

$$A_{yh} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{K_U}{m_U} & -\frac{B_U}{m_U} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{A_{UC}}{m_U} & -\frac{A_{PU}}{m_U} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{K_A}{m_A} & -\frac{B_A}{m_A} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{K_E}{m_E} & -\frac{B_E}{m_E} & 0 & -\frac{A_{PZ}}{m_E} \\ D_{U1} & 0 & D_{A1} & 0 & 0 & 0 & D_{UC1} & D_{P1} \\ D_{U2} & 0 & 0 & 0 & D_{E2} & 0 & D_{UC2} & D_{P2} \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

sistem giriş matrisi,

$$B_{yh} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ B_P \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

sistem çıkış matrisi,

$$C_{yh} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ G_E \ 0 \ 0 \ G_P] \quad (5.6)$$

olarak hesaplanır. Burada D_{yh} , E_{yh} , F_{yh} sıfır matrisleridir. Ayrıca, D ve G parametreleri doğrusallaştırma sabitleri olup, sistem çalışma noktasında D parametreleri (4.1) ve (4.8) denklemlerinin ve G parametreleri (4.9) denkleminin Taylor serilerine açılmasıyla hesaplanır ve bu doğrusallaştırma parametrelerin değerleri her bir çalışma noktası için değişir.

Aşağı yönlü hareket için giriş olarak i ; C selenoidinin sarımlarından akan akım ve çıkış olarak da $Q_T + Q_C$; silindirden tanka akan debiler toplamı seçilirse; sistem durum vektörü,

$$x_{ah} = \begin{bmatrix} x_X \\ \dot{x}_X \\ x_C \\ \dot{x}_C \\ P_{XC} \end{bmatrix} \quad (5.7)$$

Sistem evrim matrisi,

$$A_{ah} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{K_X}{m_X} & -\frac{B_X}{m_X} & 0 & 0 & \frac{A_{XC}}{m_X} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{K_C}{m_C} & -\frac{B_C}{m_C} & 0 \\ D_X & 0 & D_C & 0 & D_{XC} \end{bmatrix} \quad (5.8)$$

Sistem giriş matrisi,

$$B_{ah} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ B_P \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5.9)$$

Sistem çıkış matrisi,

$$C_{ah} = [G_X \quad 0 \quad G_C \quad 0 \quad G_{XC}] \quad (5.10)$$

olarak hesaplanır. Burada D_{ah} , E_{ah} , F_{ah} sıfır matrisleridir. Ayrıca, D ve G parametreleri doğrusallaştırma sabitleri olup, sistem çalışma noktasında D parametreleri (4.10) denkleminin ve G parametreleri (4.15) denkleminin Taylor serilerine açılmasıyla hesaplanır ve bu doğrusallaştırma parametrelerin değerleri her bir çalışma noktası için değişir (**Bahadır ve diğ., 2007**).

Yukarıda denklemlerde P ile ifade edilen semboller ilgili basınçları, x ile ifade edilenler ilgili piston ve pim konumlarını, Q ile ifade edilenler ilgili debileri, C ile ifade edilenler ilgili akış sabitlerini, A ile ifade edilenler ilgili alanları, a ile ifade edilenler ilgili boyutları, V ile ifade edilenler ilgili hacimleri, m ile ifade edilenler

ilgili kütleleri, B ile ifade edilenler ilgili sönüm katsayılarını, K ile ifade edilenler ilgili yay sabitlerini göstermektedirler. Ayrıca, i selenoidin sarımlarından akıtılan akımı, β_e eş değer Bulk modülünü, ρ akışkanın özkütlesini ve P_0 atmosfer basıncını ifade etmektedir.

5.4 ve 5.7 ifadelerine bakılarak yukarı yönlü hareket için sekizinci mertebeden ve aşağı yönlü hareket için beşinci mertebeden sistem evrim matrislerine ulaşıldı. Tüm sistem göz önüne alındığında, yukarı yönlü hareket için; tüm kutup sıfır sadeleştirmeleri sonucunda açık çevrim sistemin beş kutbunun bir sıfırının ve aşağı yönlü hareket için; açık çevrim sistemin beş gerçel kutbu ve ikisi karmaşık eşlenik olmak üzere üç sıfırı bulunduğu gözlemlendi. Bu sadeleştirmeler kararlı bölgedeki kutup ve sıfırlar arasında olduğu için iç dinamik model hatasına neden olmamaktadır. Ayrıca iki yönlü hareket içinde sistemin tam gözlemlenebilir olmadığı ve çıkış kontrol edilebilir olduğu bulunmuştur. Durumların ölçülmesi endüstriyel kartın giriş sayısının kısıtlı olmasından ve üretici maliyetlerini arttırmasından dolayı mümkün değildir.

Bu bilgiler doğrultusunda sisteme model tabanlı bir kontrolör tasarlamaktansa, model tabanlı olmayan, hata işaretini denetleyen kontrolörlerle çalışılması uygun görüldü. Ayrıca yüksek dereceden bir model tabanlı kontrolün harcayacağı işlem süresi ve fizibilitesi düşünüldüğünde, endüstriyel uygulamalarda çok kullanışlı olmayacağı söylenebilir. Bu yüzden bu çalışmada kontrolör olarak PID tipi ve kayma yüzey kipli kontrolörler kullanılmıştır. Sistem modelinden, SEV'in içyapısındaki geçici değişikliklerin belirlenmesinde faydalanılmıştır.

Temel anlamıyla PID kontrol yapısı aşağıdaki denklemde verilmiştir. Referans debi ile ölçülen debi karşılaştırılarak hata fonksiyonu (e) bulunmuştur. Bulunan hatanın kendisi, türevi ve integrali ilgili katsayılarla çarpılıp, kontrol işareti oluşturulmuştur. Aşağıdaki kontrol işareti, SEV selenoidlerinin sarımlarına akım olarak girilir.

$$u = K_p e + K_D \dot{e} + K_I \int e dt \quad (5.11)$$

Burada hata, hatanın türevi ve hatanın integrali ayrık olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir. Ayrıca T örnekleme zamanı, e_k o anki hata ve e_{k-1} bir örnekleme zamanı önceki hatadır.

$$e = e_k \quad (5.12)$$

$$\dot{e} = (e_k - e_{k-1}) / T \quad (5.13)$$

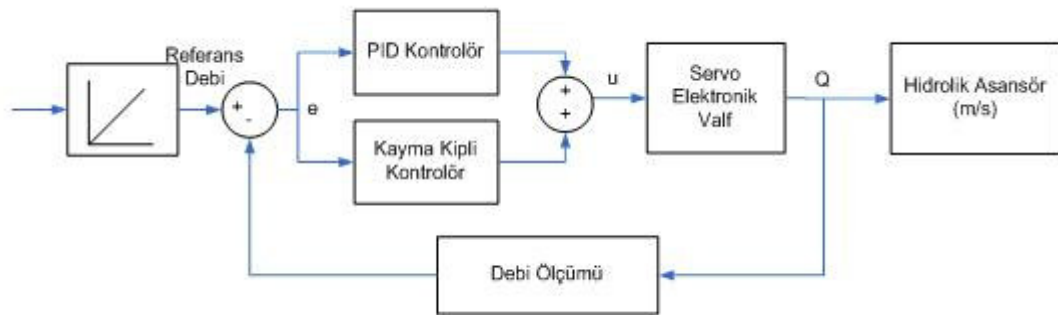
$$\int e dt = \sum (e_k - e_{k-1}) \quad (5.14)$$

En iyi kayma kipli kontrol yapısının bulunması için çeşitli kayma yüzeyi fonksiyonları ve kontrol işaretleri önerilmiştir. Bu önerme kombinasyonları tablolara kaydedilip, daha sonra model üzerinde tek tek denenip, hangisinin en uygun olduğu saptanmaya çalışılmıştır. Önerilen veriler arasında, en iyi kayma yüzeyi ve kontrol işareti fonksiyonu aşağıdaki denklemlerde olduğu saptanmıştır. Uygulamada kimi zaman bu kontrol yapısını yalnız başına, kimi zaman ise kaypa kipli kontrolörün neden olduğu çatırtıyı önlemek için PID kontrol yapısı ile birlikte kullanılmıştır.

$$s = k_1 e + k_2 \dot{e} \quad (5.15)$$

$$u = (M_1 + M_2 |e|^{M_3}) \text{sign}(s) \quad (5.16)$$

Burada, s kayma yüzeyi fonksiyonunu, u kayma kipi fonksiyonunu, k_1, k_2, M_1, M_2 fonksiyon ağırlık katsayılarını ve M_3 ise değeri 1'den küçük bir sabiti temsil etmektedir (Bahadır ve diğ., 2007).



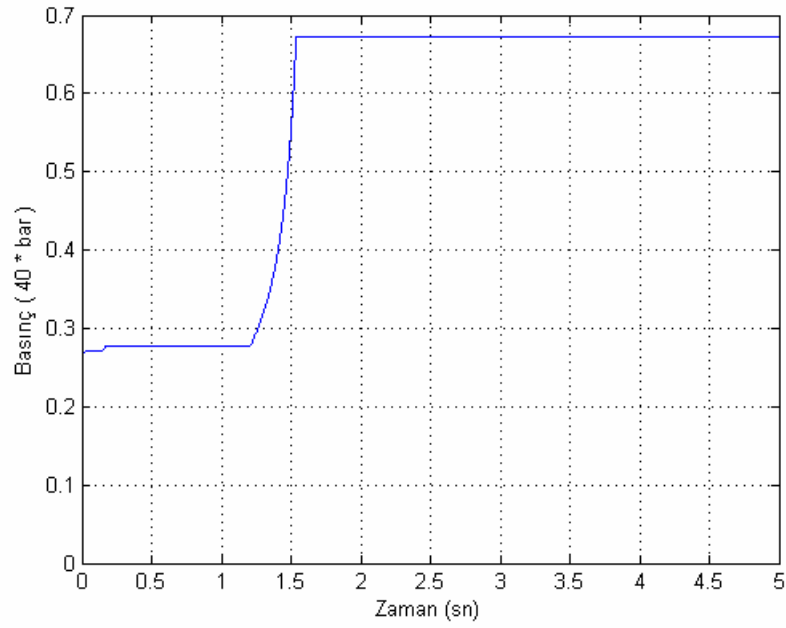
Şekil 5.1: Hidrolik Asansör Hız Kontrolü Blok Diyagramı

Şekil 5.1’de hidrolik asansörün hız kontrolü blok diyagramı gösterilmektedir. PID ve kayma kipli kontrolör çıkışları servo elektronik valfin selenoidlerine akım olarak verilmektedir.

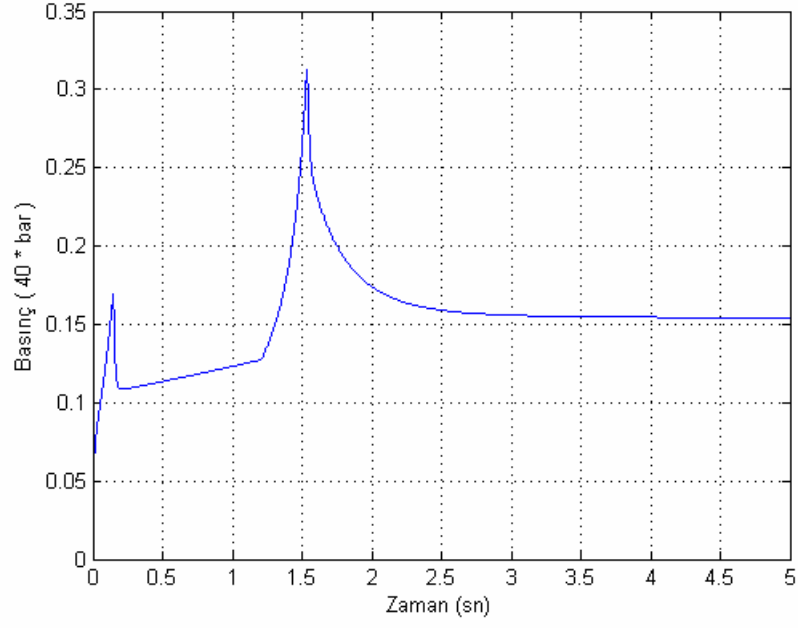
5.2 SEV Benzetimleri

Bölüm 4’de çıkarılan SEV modelinden, sistemin içyapısındaki değişimleri gözlemek için yararlanıldı. Burada amaç SEV’in iç bölgesindeki çemberlerdeki basınç değişimi izlenerek, eğer bu anlık basınç değişimleri sistemin kontrolüne ve çıkışına bozucu olarak etki ediyorsa, kontrolöre çeşitli koşullar eklenerek, bu bozucuların olumsuz etkilerini yok etmek amaçlandı.

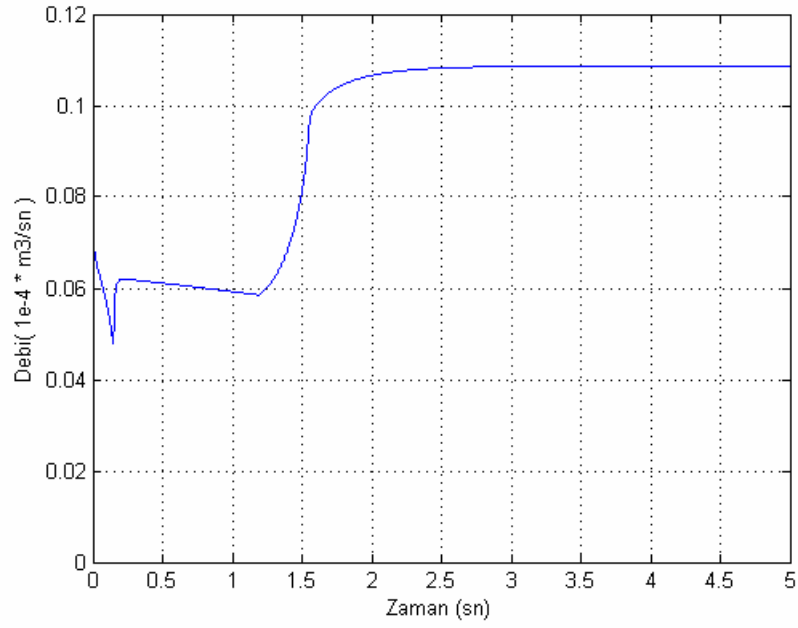
Şekil 5.1-5.7 arasında yukarı yönlü hareket için sistemin bazı durumları ve akışlarının grafikleri verilmiştir. Şekil 5.1 pompa çemberindeki basınç değişimi, Şekil 5.2 UC çemberindeki basınç değişimini, Şekil 5.3 orifiz 2’ den akan akışkanın debisi göstermektedir.



Şekil 5.2 : Pompa Çemberindeki Basınç Değişimi

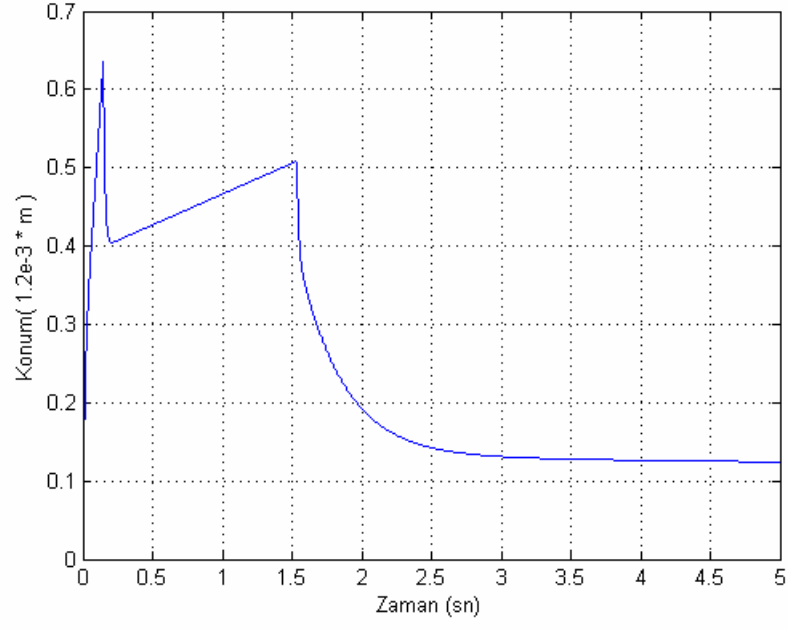


Şekil 5.3 : UC Çemberindeki Basınç Değişimi

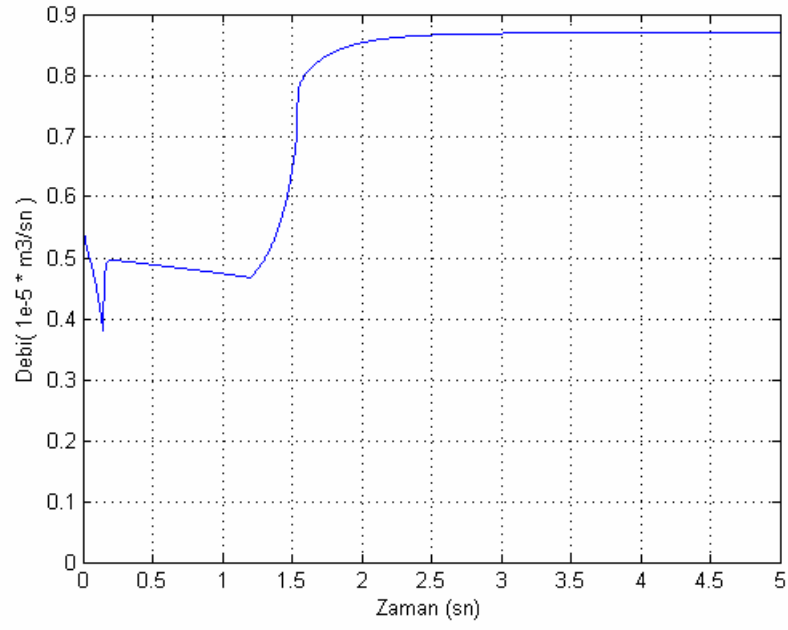


Şekil 5.4 : Orifiz 2' den Akan Akışkanın Debisi

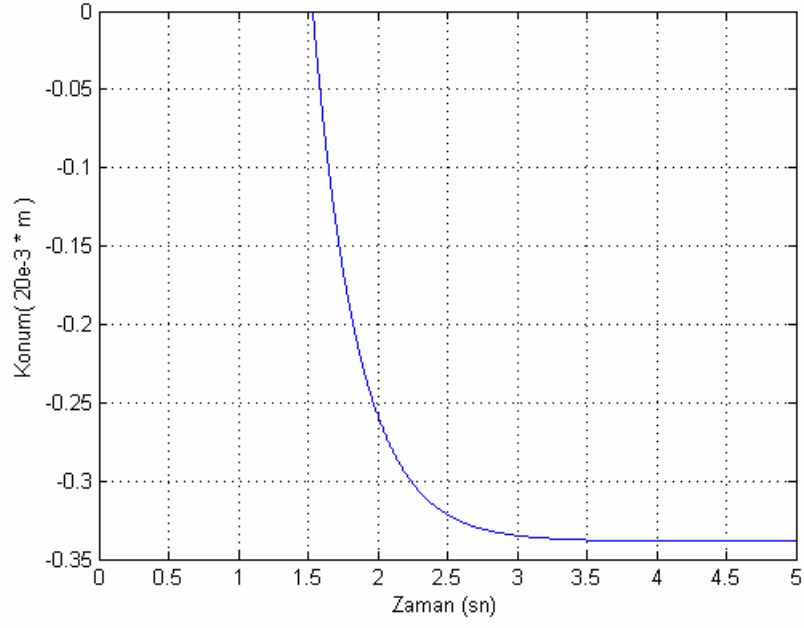
Şekil 5.4 selenoid A piminin hareketini, Şekil 5.5 selenoid A üzerinden akan akış debisini, Şekil 5.6 çek valfin hareketini, Şekil 5.7 silindirlere akan akışkanın debisini göstermektedir.



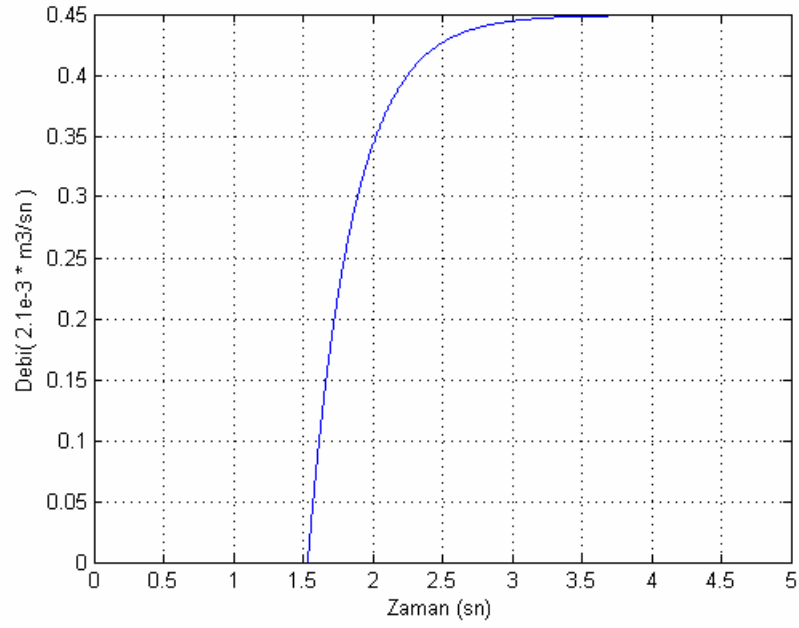
Şekil 5.5 : Selenoid A Piminin Hareketi



Şekil 5.6 : Selenoid A Üzerinden Akan Akışkanın Debisi

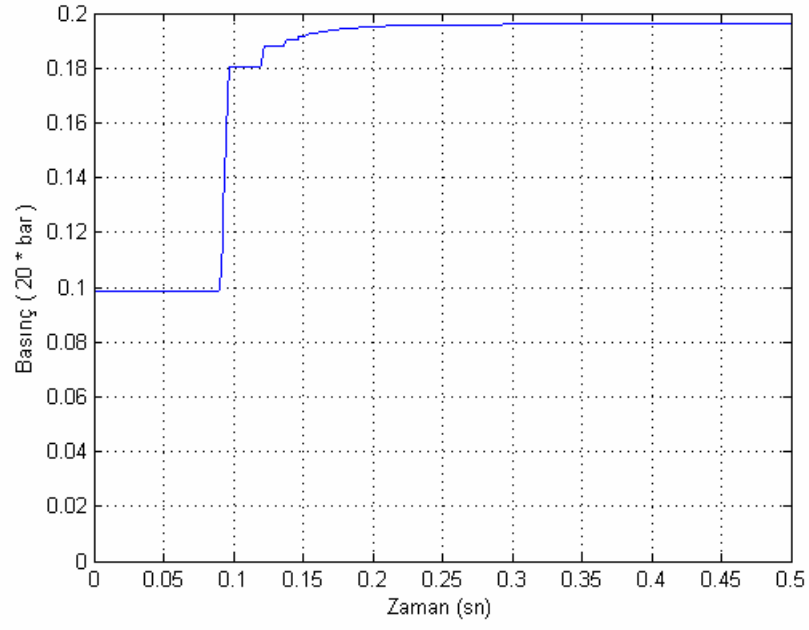


Şekil 5.7 : Çek Valfin Hareketi

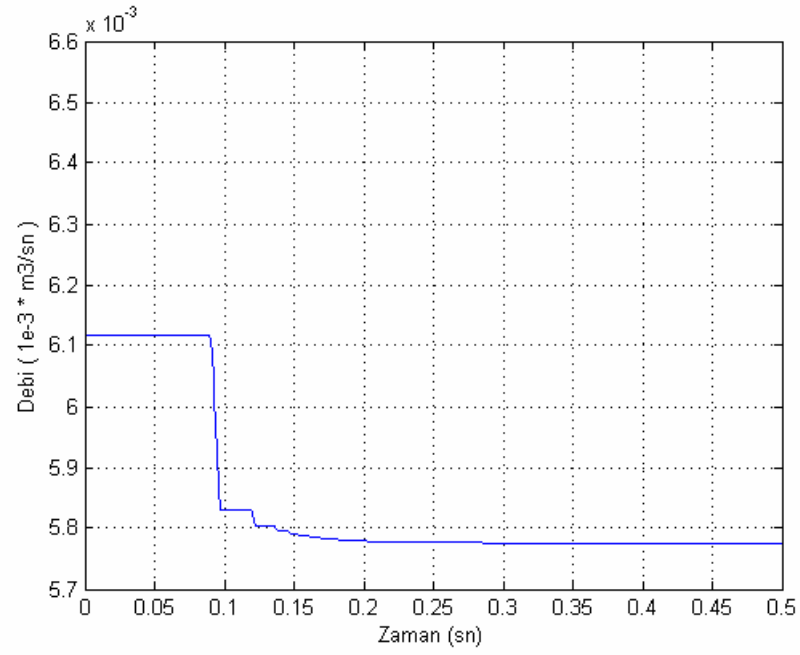


Şekil 5.8 : Silindirlere Akan Akışkanın Debisi

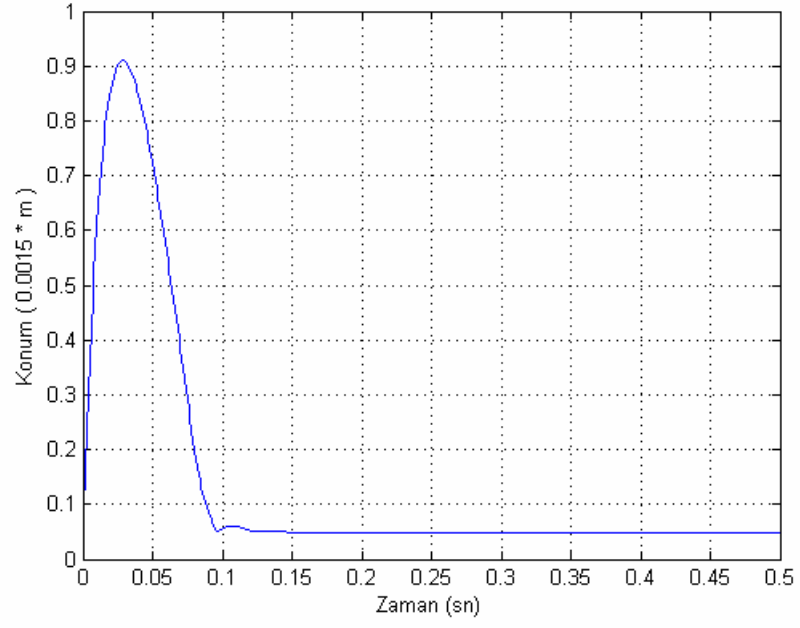
Şekil 5.8-5.13 arasında aşağı yönlü hareket için sistemin bazı durumları ve akışlarının grafikleri verilmiştir. Şekil 5.8 Xc çemberindeki basınç değişimi, Şekil 5.9 orifiz 8'den akan akışkanın debisidir.



Şekil 5.9 : Xc Çemberindeki Baskı Değişimi

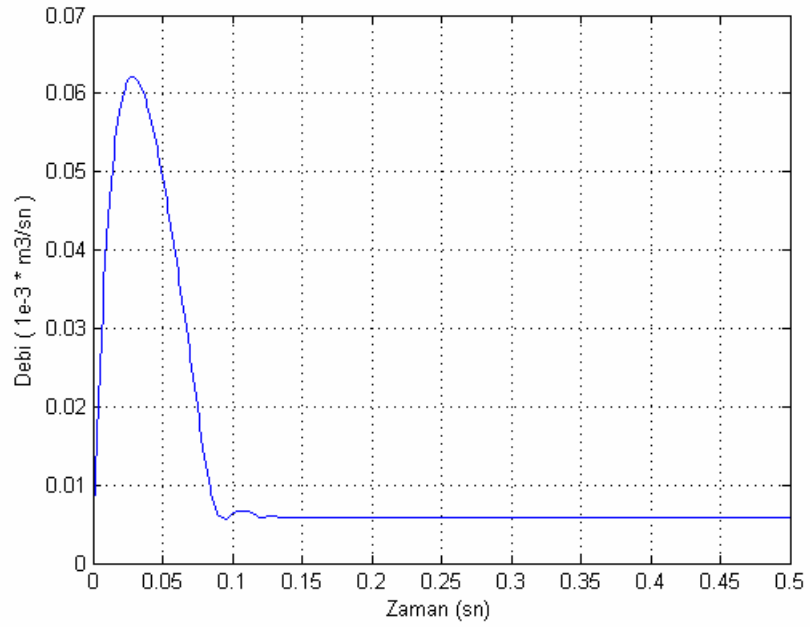


Şekil 5.10 : Orifiz 8'den Akan Akışkanın Debisi

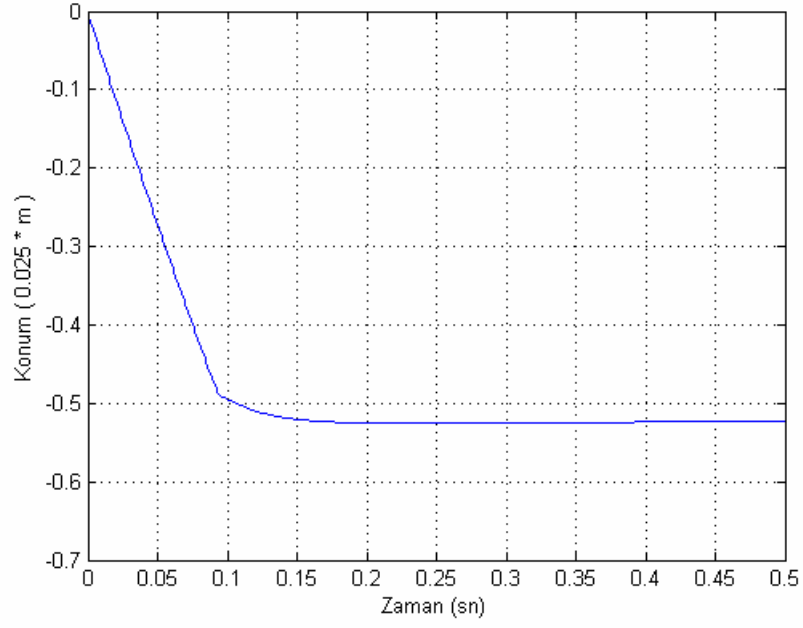


Şekil 5.11 : Selenoid C Piminin Hareketi

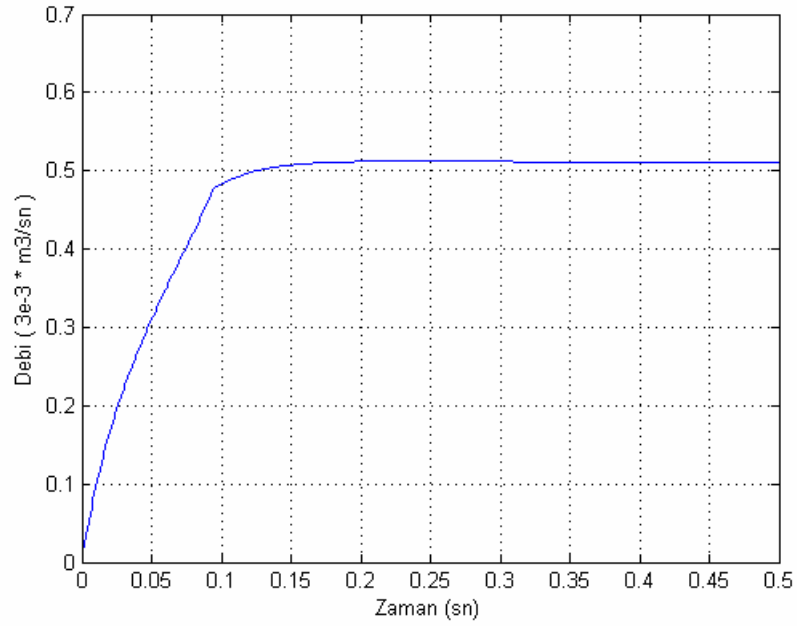
Şekil 5.10 Selenoid C piminin hareketini, Şekil 5.11 Selenoid C üzerinden akan akışkanın debisini, Şekil 5.12 X pistonunun hareketini ve Şekil 5.13 silindirden tanka kaçan akış debisini göstermektedir.



Şekil 5.12 : Selenoid C Üzerinden Akan Akışkanın Debisi



Şekil 5.13: X Pistonunun Hareketi



Şekil 5.14 : Silindirlerden Tankı Kaçan Akışkan Debi

5.3 Deney Sonuçları

Şekil 5.14 – 5.20 arasındaki grafikler PID-Tool programından alınan test sonuçlarını göstermektedir. Yapılan testlerde, geleneksel PID kontrolör, PID + kayma kipli kontrolör ve koşullandırılmış PID kontrolörlerin hız takibi açısından sistem yanıtları değerlendirilmiştir. Her bir kontrolör yapısı için mümkün olan en iyi takip eğrisi

sonucu verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, selenoidlerdeki yağ kaynaklı pim yapışmasını önlemek için kullanılan gürültü işaretinin sistem yanıtına olan etkisini ortaya konmuştur. Bununla birlikte kontrol işaretleri, gerek bir bütün olarak, gerekse ayrı ayrı okuyucuya sunulmuştur. Bu sayede okuyucu kontrol işaretinin çıkışa olacak etkilerini inceleyebilecektir.

Hedef takibinde izlenen temel strateji, STOP-1 tarlasında başlangıç değerleri atanmış olarak sistem duruyor vaziyettedir. Kalkış emri verildiğinde WAIT-2 tarlası işlemci tarafından okunur. Bu tarla boyunca ölü bölgeyi yenmek için öncelikle sistem enerjisi basamak basamak arttırılır. Asansör hareketine açık çevrim başlayıp, son hızının %5'ine geldiğinde BEZIERxy-3 tarlası işlemci tarafından okunur. Bu tarlada öncelikle sistem kapalı çevrim PI kontrolör devreye girer ve eş zamanlı hedef eğrisi oluşmaya başlar. Bu esnada hata hedef eğri ile gerçek eğri arasındaki paralellik olarak tanımlanır. Bu sayede sistemdeki ani ivmelenme ani basınç artışları ve dolayısıyla ani akımlar önlenmiş olur. Okunan hata işareti belirli bir değere ulaştığında, hedef eğrisi gerçek eğrinin üzerine ötelenir. Dada sonrada eşzamanlı olarak hata tanımı hedef eğri ile gerçek eğri arasındaki fark olarak ifade edilir ve PID kontrolör devreye girer. Asansör son hızına ulaştığında WAIT-4 tarlası işlemci tarafından olunur. Bu tarla, hareketi hızının sabit olarak devam etmesini sağlar. Asansör, varış noktasına yakın ilk kat sensörü tarafından fark edildiğinde hedef eğrisinin yavaşlamayı işaret etmesiyle beraber BEZIERxy-5 tarlası işlemci tarafından okunur. Asansör seviyeleme hızına ulaştığında WAIT-6 tarlası okunur ve bu tarla asansörün seviyeleme hızında seyrini sağlar. Asansör varış noktasına yakın ikinci kat sensörü tarafından fark edildiğinde ise QUAD-7 tarlası okunur. Bu tarlanın değerlendirilme amacı sistem açık çevrim olarak doğru noktada durdurmaktır. Sistem yapısı gereği asansör kuadratik bir eğri takip ederek hedeflenen durma noktasının yakın civarlarında kat kaçırma yapmadan durur. Aşağı yönlü hareket içinde benzer hedef takip stratejisi izlenir.

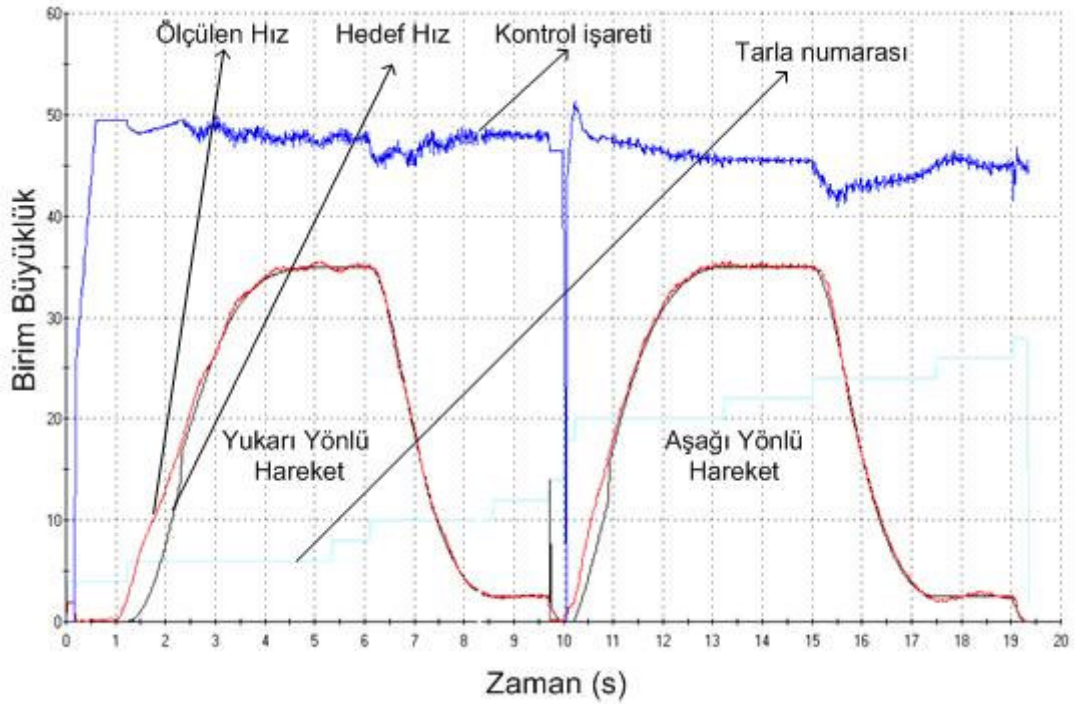
Aşağıdaki hedef ve hedef takip eğrilerine bakıldığında, ilk zaman diliminde oluşan hörgüç yukarı yönlü hareketi, ikinci zaman diliminde oluşan hörgüç aşağı yönlü harekete aittir.

Aşağıdaki grafiklerde; siyah renk hedef eğrilerini, kırmızı gerçek hız eğrilerini, mavi kontrol selenoidine verilen akımları, açık mavi tarla numaralarını, bordo hata işaretleri ile P katsayılarının çarpımlarını, koyu yeşil hata işaretlerini ile I

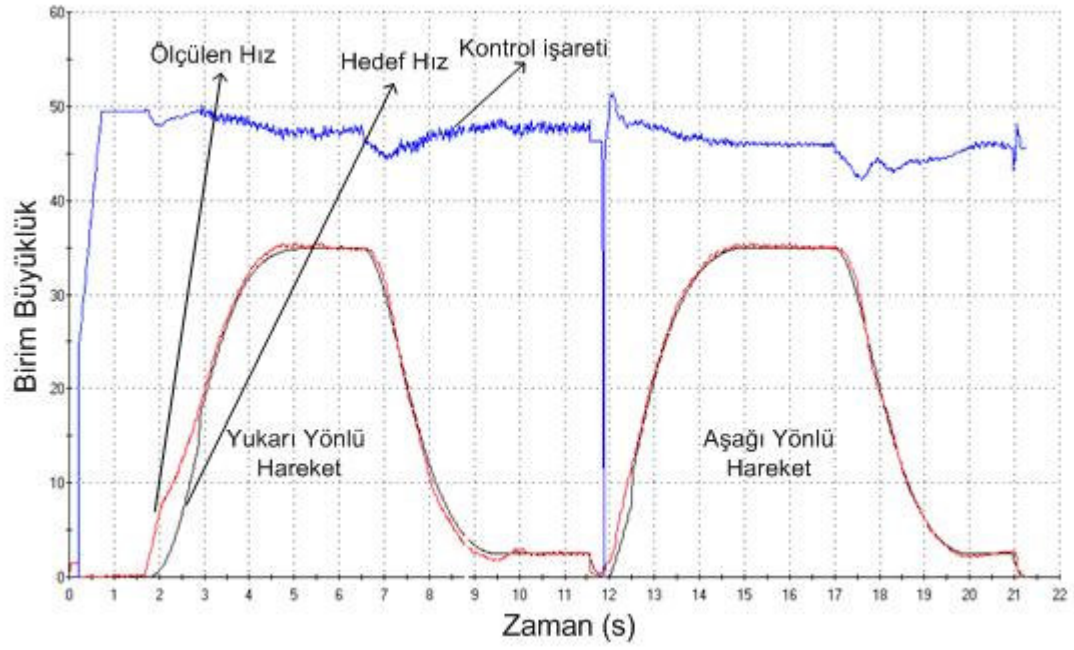
katsayılarının çarpımını, pembe hata işaretleri ile D katsayılarının çarpımını, açık yeşil PID kontrol işaretlerini, gri ise kayma kipli kontrol işaretlerini göstermektedir.

Ayrıca düşey düzlemde gösterilen skalalar birimsizdir. Tamamen okuyucunun görsellikten kolayca faydalanması için eğriler mümkün olduğunca birbirinden ayrı çizilmiştir. Parametrelerin gerçek değerleri PID-Tool altında bulunan zaman eksenine dik bir işaret değneği ölçüm yapmak istenen noktanın veya zamanın üstüne getirerek okunabilir.

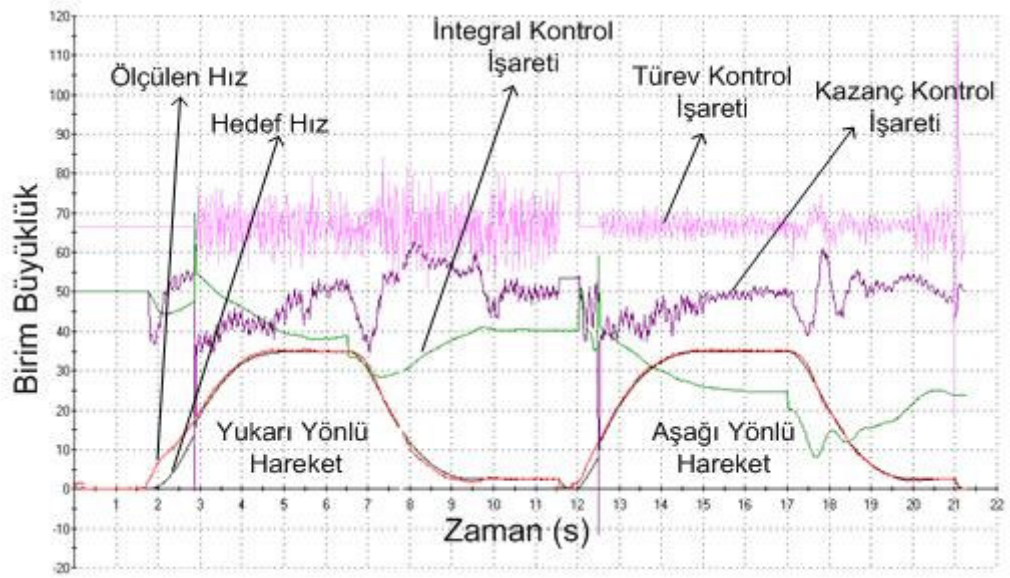
Şekil 5.14 koşullandırılmış PID kontrolörle çizilmiş hız takip eğrisini göstermektedir. Burada sistem eğrisi hedef eğriden uzaklaştığında farklı PID değerleri ve tekmelemeler devreye girer. Burada yapışmayı önleyici işaret seviyesi(YÖİS) 3 birim olarak verilmiştir. Şekil 5.15'te ise koşullandırılmış PID kontrolörle çizilmiş hız takip eğrisi 4 birim yapışmayı önleyici işaret seviyesi ile birlikte verilmiştir. Şekil 5.16'da hız takip eğrisi ile birlikte P,I,D kontrol işaretleri ayrı ayrı verilmiştir.



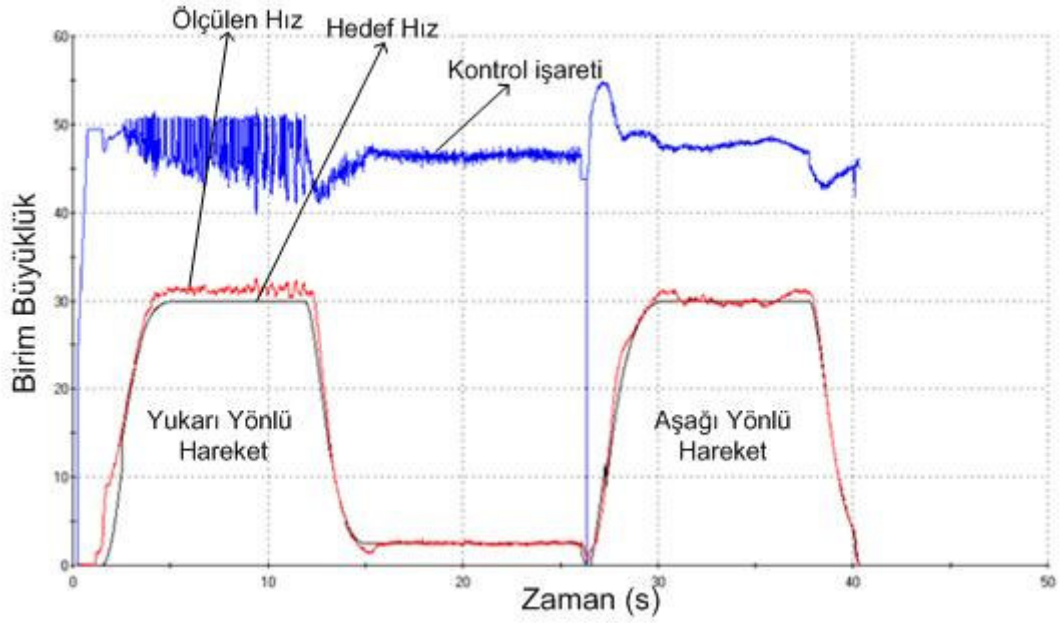
Şekil 5.15 : Koşullandırılmış PID Kontrolörle Hız Takip Eğrisi (YÖİS=3)



Şekil 5.16 : Koşullandırılmış PID Kontrolörle Hız Takip Eğrisi (YÖİS=4)

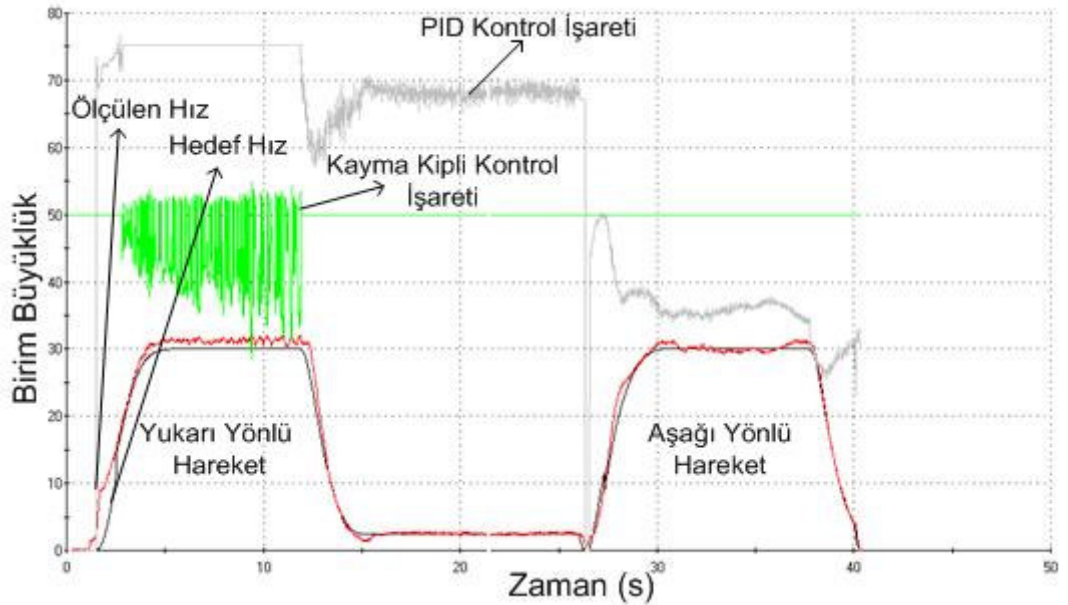


Şekil 5.17 : Pe-Ie-De Kontrol İşaretleri

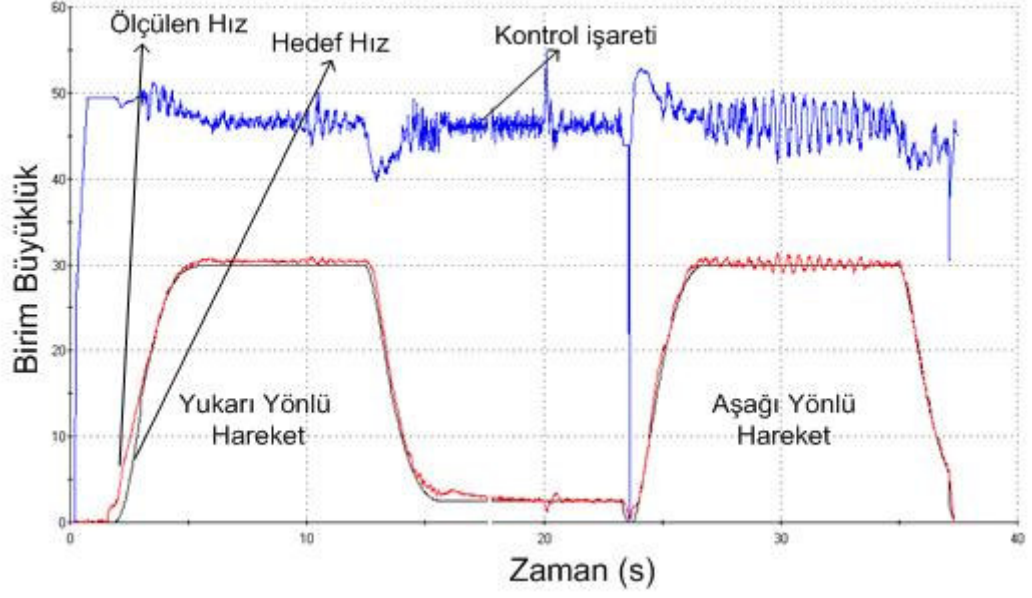


Şekil 5.18 : Geleneksel PID + Kayma Kipli Kontrolör ile Hız Takibi

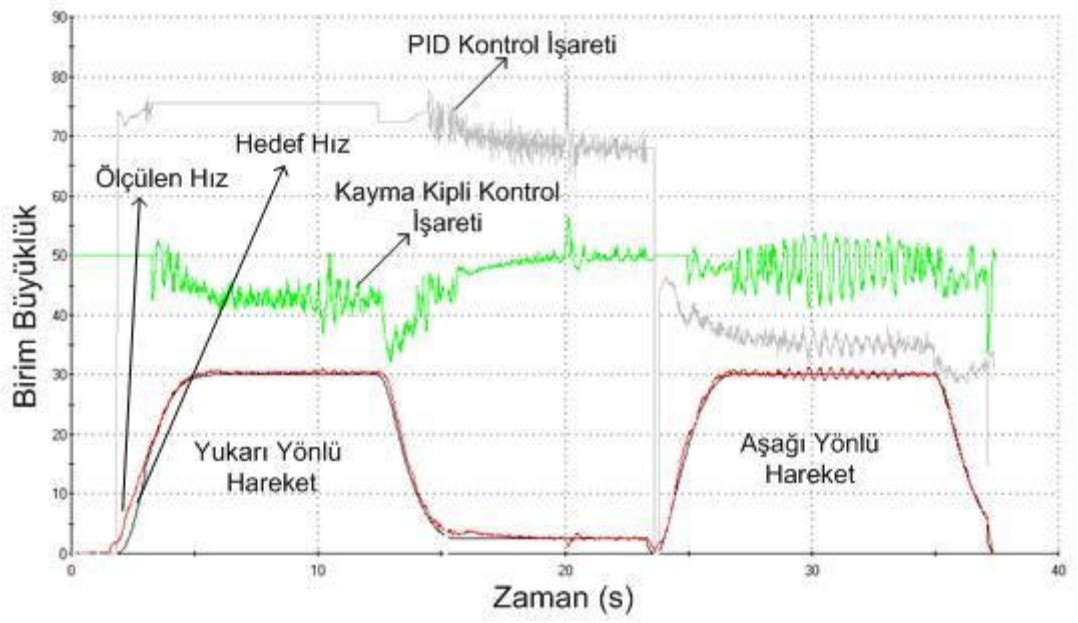
Şekil 5.17’de geleneksel PID ile birlikte kayma kipli kontrolörün sistemi sürmesi, Şekil 5.18’ de ise ilgili PID ve kayma kipli kontrol işareti gösterilmiştir. Şekil 5.19’ da koşullandırılmış PID ile birlikte kayma kipli kontrolörün sistemi sürmesi, Şekil 5.20’ de ise ilgili PID ve kayma kipli kontrol işareti gösterilmiştir. Sonuç grafiklerinin elde edilmesinde kullanılan program Ek-D CD’inde verilmiştir.



Şekil 5.19 : Geleneksel PID + Kayma Kipli Kontrol İşareti



Şekil 5.20 : Koşullandırılmış PID + Kayma Kipli Kontrolör ile Hız Takibi



Şekil 5.21 : Koşullandırılmış PID + Kayma Kipli Kontrol İşareti

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, öncelikle kontrol yöntemiyle ilgili en iyi stratejiyi belirlemek amacıyla çalışılan servo valfin yukarı ve aşağı yönlü hareketler için modeli çıkarıldı. Çıkarılan modelden yola çıkılarak, model tabanlı olmayan bir kontrolörün sistem kontrolünde kullanılması uygun görüldü. Bunun temeldeki nedenleri, SEV modelleri yüksek dereceden olması ve model tabanlı bir kontrolün programlaması sırasında doğabilecek işlem süresi kısıtlamasıdır. Ayrıca modelden ölçemediğimiz sistem durumları hakkında bilgi edinmek için yararlanıldı. Ölçemediğimiz sistem durumlarını bilmek, daha çok sistem mekaniği ile ilgili olup, servo elektronik valfin içyapısını yeniden tasarlamak için kullanılabilir olduğu fark edildi. Sonuç olarak, sistem modeli sistemin işleyişi hakkında bilgilerle ve kullanılacak kontrolörün seçilmesi açısından çalışmamıza büyük fayda sağlamıştır.

Çalışmanın modellemeyi takiben sonraki aşamasında, servo elektronik valfin debisi değerlendirilerek hidrolik asansör sisteminin hız kontrolü gerçek zamanlı olarak sağlanmıştır. Temel felsefe olarak SEV'in akış debisinin kontrolü gerçekleştirilmiştir. Buna doğrusal bağlı olarak ise hidrolik asansörün hızı kumanda edilir. İstenildiği takdirde benzer çalışmalarda türetilen benzer pompa, silindir, piston ve yük denklemleri de bu modele eklenebilir.

Sistemin kontrol edilmesinde bir takım zorluklar mevcuttur. Bunlar hidrolik sistemin eğriselliği, parametrelerinin yüke ve sıcaklığa bağlı olarak değişmesi, derecesinin büyüklüğü, durumlarının sınırlı olması, sistemde bulunan ölü alanlar, her bir durumun ölçülemeyip sadece çıkışın ölçülmesi ve elektriksel sınırlamalardır. Bu zorluklar göz önünde bulundurularak, istenilen hız takibini sağlayacak bir kontrolörün tasarlanması için, sistemde çoklu ve koşullu kontrol algoritmaları kullanılmıştır.

İlk olarak, kalkış anında sistem açık çevrim olarak başlatılmıştır. Bu sayede sistem içinde bulunan ölü bölgenin olumsuz etkileri ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca sistemin ilk anda hedef hızı takip etmesinden önce, düşük fakat konforlu bir hızda kalkması çalışılmıştır. Daha sonra devreye PI kontrolör sokulup, gerçek eğrinin hedef eğri

paralel olarak takip etmesi sağlanır. D parametresinin kullanılmamasının sebebi başlangıç anında sistemin aşırı akım çekmesini önlemek ve aynı zamanda konfor bozukluğuna neden olacak sert ivmelenmeleri önlemektir. Sistem son hızının %25'ine geldiğinde hedef eğri gerçek eğri üzerine ötelenir ve PID kontrol devreye girer. İvmelenme, son hız, yavaşlama, seviyeleme hızları takibinde PID kontrol katsayılarında yapılan değişiklikler sistem takibi açısından daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sistemde zaman zaman kayma kipli kontrol yapısı PID kontrolörle birlikte kullanılmıştır. Kayma kipli kontrolün kullanılma amacı, aslında sistemi parametre değişimlerine karşı dayanıklı kılmaktır. Fakat parametre değişimlerinin sisteme etkisi ve kayma kipli kontrolörün buna tepkisi gerekli deney düzeneklerinin yetişmemesi sebebiyle niceliksel olarak incelenemedi. Ama şunu belirtmek gerekir ki kayma kipli kontrolör doğası gereği, bozucu ve sistem parametre değişikliklerine göre, PID kontrolöre nazaran daha dayanıklıdır. Kayma kipli kontrolör PID kontrolörle birlikte hız kontrolünü başarılı bir şekilde sağladı. Fakat sistemde belirli noktalarda çatırtı problemi gözlemlendi. Çatırtının etkileri kayma kipli kontrol katsayıları değiştirilerek azaltıldı. Asansörün iniş hareketi de, çıkışına benzer şekilde gözetildi. Bu hareketler arasındaki temel fark, iniş hareketinde ölü alanın çıkışa göre çok daha düşük olmasıdır. Bu sayede inişte asansörü daha kısa sürede kaldırmak mümkündür.

Bu çalışmanın literatüre en büyük katkısı, çalışmada kullanılan kontrol yönteminin asansörün kalkış ve ilk hızlanma anındaki konfor bozukluğuna yol açan ani ivmelenme ve aşırı akım çekme problemini yenmesi, farklı çalışma bölgelerinde farklı kontrol katsayıları kullanarak hedef hız eğrisini daha dayanıklı ve daha doğru bir şekilde takini sağlaması olarak gösterilebilir. Ayrıca, bu çalışma değişken kontrol katsayılı ve çoklu kontrol algoritmalarının hidrolik asansör sistemlerinde hız kontrolü açısından daha başarılı sonuçlar vereceğini de göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Bahadır, Ç., Çelik, F.K., Gürleyen, F., ve İmrak, C.E.**, 2007. Servo elektronik valf ile hidrolik asansörde hız kontrolü, *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, Sabancı Üniversitesi, İstanbul, 5-7 Eylül, 523-528.
- Çelik, K. F. and Barlas, E. and İmrak, E.**, 2003. Test unit design for hydraulic elevator valves, *Proceedings of Elevcon*, Helsinki, Finland 34-43.
- Edwards, J.**, 1989. Hydraulic Traction Elevators, *Elevator World*, **37**, 86-91.
- Guojun, Z. L. and Haung, Y.**, 2004. Study on control technique of velocity and acceleration for hydraulic elevators, *Zhejiang University of Technology*, China, 793-802.
- Hakim T. F.**, 2005. Hidrolik asansörlerin seviyeleme kontrolü deney düzeneği, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Haung, Y. and Jian, Y. and Bing, B.**, 2003. Computational Simulation and Experimental Research on Speed Control of VVVF Hydraulic Elevator, *Control Engineering Practice Elsevier*, 563-586.
- Inglis, J.**, 2005. Hydraulics Lifts, *Elevcon Technology*, **6**, 153-164.
- İmrak, C. E. ve Gerdemeli, İ.**, 2000. Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, Birsan Yayın Evi, İstanbul.
- İstif, I., Sağır, A. and Kutlu, K.**, 2002. Bond graph modeling and position control of an electrohydraulic elevator, *Proceedings of ESDA*, 1-6.
- Kandemir, İ.**, 2005. Elektrohidrolik bir sistemin gerçek zamanlı kontrolü, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kutlu, K.**, 1988. Hidrolik sistemlerde ikili konum kontrolü ve mikroişlemci uygulaması, *Doktora Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kim, C. S., Hong, M.S. and Kim, M.K.**, 2004. Nonlinear robust control of an hydraulic elevator: experiment based modeling and two-stage lyapunov design, *Control Engineering Practice Elsevier*, 793-802.
- Li, X. ve Guojun, Z. L.**, 2001. Application of an identification method of BP neural networks in the speed control system of hydraulic elevator, *Fifth International Conference Fluid Power Transmission and Control*, Hangzhou, China, 3-5 April.
- Sha, D., Bajic, V.B. and Yang, H.**, 2001. New model and sliding mode control of hydraulic elevator velocity tracking system, *Simulation Practice and Theory Elsevier*, 366-385.

EKLER

EK_A : BLAIN PID-Tool Komut Listesi

ADJUSTSENSOROFFSETV| value

Algılayıcının başlangıç değerini “value” olarak atar.

ANG[var1|var2|range|Dezdigit]

Son “range” kadar sayıda, “var1” ve “var2” arası açığı virgülden sonra “Dezdigit” hane açının oranını hesaplar.

ARX[variable|number]

“Stop” yamasında değişkeninin “number” kadar örnek öncesini atar.

ARY[variable|number]

“Stop” yaması hariç “number” değişkeninin “number” kadar örnek öncesini atar.

AVG[variable|number]

“Stop” tarlası hariç “variable” değişkeninin son “number” değerinin (ilk ve son örneği atarak) ortalamasını alır.

AVX[variable|number]

“Stop” tarlasında “variable” değişkeninin son “number” değerinin (ilk ve son örneği atarak) ortalamasını alır.

CLEARDATA

Var olan bütün verileri temizler.

CREATEBEZIER|StartY|x1|x2|y1|y2|XL|EndY

İlgili değerlerle “BEZIER” eğrisini oluşturur.

GOTOPATCH| number

Çevrimi tamamladıktan sonra, hedef “number” bir sonraki tarlaya geçer. “Stop” ve “Wait” tarlalarında hedef tarlaya geçmek için bulunması şarttır. Hareketli yamalarda “Bezierxy” gibi, bu geçiş komutuna ihtiyaç yoktur.

GOTOTARGET|name

“name” isimle kaydedilen hedefi, hedef eğrisi olarak belirler.

MAX[variable|value]

“variable” değişkeninin en yüksek değerini “value” ile sınırlar.

MIN[variable|value]

“variable” değişkeninin en düşük değerini “value” ile sınırlar.

NEXTPATCH

Çevrimi tamamladıktan sonra, bir sonraki tarlaya geçer. “Stop” ve “Wait” tarlalarında bir sonraki tarlaya geçmek için bulunması şarttır. Hareketli tarlalarda “Bezierxy” gibi, bu geçiş komutuna ihtiyaç yoktur.

PAT[PatchNr|VarNr] (VarNr: 1=Type, 2=XL, 3=YL, 4=x1, 5=x2, 6=y1, 7=y2)

İlgili tarladaki “PatchNr” BEZIER değişkenini “VarNr” okur.

SENSORDIGIT

Algılayıcının sayısal değerini donanım girişten okur.

SETOFFSET|StartValue|LastPNr

Hedef tarıldaki “LastPNr” “BEZIER” eğrisinin başlangıç (LastPNr+) veya bitiş (LastPNr-) değerini “StartValue” kadar değiştirir.

Eğer “Setoffset” aynı tarlalar içinde çalıştırılırsa, sadece başlangıç değeri değiştirilebilir.

Eğer “Setoffset” farklı tarlalar içinde çalıştırılırsa, hem başlangıç hemde bitiş değeri değiştirilebilir.

“Setoffset” komutu aynı anda hem başlangıç hemde bitiş değerini değiştiremez.

SETOFFSET2|StartV |StartP |MidV |EndV |EndP

“StartP” ’in başlangıç değerini “StartV” olarak atar. “MidV” kadar orta tarlanın başlangıç değeri değiştirilir. “EndP” ’nin başlangıç değeri “EndV” kadar değiştirilir.

THZ[]

Sistemin örnekleme frekansını okur.

USESENSORTBL| Table

Algılayıcı tablosunu “Table” olarak atar.

EK_B : Maksimum Değerler Tablosu

Çıkış Hareketi için Maksimum Değerler:

$$P_{Pmaks} : 40bar$$

$$P_{Zmaks} : 40bar$$

$$P_{UCmaks} : 40bar$$

$$x_{Umaks} : 20 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$x_{Amaks} : 1.2 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$x_{Emaks} : 20 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$Q_{vimaks} : 10^{-4} m^3 / s$$

$$Q_{vomaks} : 10^{-5} m^3 / s$$

$$Q_{Pmaks} : 2.1 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$Q_{Lmaks} : 2.1 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$Q_{Tmaks} : 2.1 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$i_{maks} : 1.5 A$$

İniş Hareketi için Maksimum Değerler:

$$P_{XCmaks} : 20bar$$

$$P_{Zmaks} : 20bar$$

$$x_{Xmaks} : 25 \times 10^{-3} m$$

$$x_{Cmaks} : 1.5 \times 10^{-3} m$$

$$Q_{8maks} : 10^{-3} m^3 / s$$

$$Q_{Cmaks} : 10^{-3} m^3 / s$$

$$Q_{Lmaks} : 3 \times 10^{-3} m^3 / s$$

$$i_{maks} : 1.5 A$$

EK_C

Çıkış parametreleri

$$m_U : 0.2 \text{ kg}$$

$$m_A : 0.025 \text{ kg}$$

$$m_E : 0.25 \text{ kg}$$

$$K_U : 2.46 \times 10^3 \text{ N / m}$$

$$K_A : 41.69 \times 10^3 \text{ N / m}$$

$$K_E : 23.1 \times 10^3 \text{ N / m}$$

$$B_U : 50 \text{ Ns / m}$$

$$B_A : 500 \text{ Ns / m}$$

$$B_E : 7500 \text{ Ns / m}$$

$$C_2 : 0.25$$

$$C_A : 0.25$$

$$C_4 : 0.7$$

$$C_T : 0.7$$

$$a_U : 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$a_A : 1.1 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$a_E : 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$A_{UC} : 1520 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{PU} : 612 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_V : 1520 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_2 : 0.63 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_Z : 2060 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{PZ} : 1590 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$V_{UC0} : 60 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_P : 200 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\rho : 870 \text{ kg / m}^3$$

$$B_p : 10 \text{ N / A}$$

$$\beta_E : 18 \times 10^8$$

$$n : 2$$

İniş parametreleri

$$m_x : 0.185 \text{ kg}$$

$$m_C : 0.025 \text{ kg}$$

$$K_C : 2.46 \times 10^3 \text{ N / m}$$

$$K_9 : 4.35 \times 10^3 \text{ N / m}$$

$$B_x : 2500 \text{ Ns / m}$$

$$B_C : 500 \text{ Ns / m}$$

$$C_{XT} : 0.7$$

$$C_C : 0.25$$

$$C_8 : 0.25$$

$$a_{XT} : 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$a_C : 1.1 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$A_{XC} : 1520 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_Z : 326 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_8 : 0.26 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$V_{XC0} : 30.4 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\rho : 870 \text{ kg / m}^3$$

$$B_P : 10 \text{ N / A}$$

$$\beta_E : 18 \times 10^8$$

ÖZGEÇMİŞ

Çağrı BAHADIR 1982 yılında Bursa’da doğdu. 1993-2000 yılları arasında Nilüfer Milli Piyango Anadolu Lisesi’nde öğrenim görmüştür. 2000 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden 2005 yılında mezun olmuştur. 2002 yılında çift anadal programı kapsamında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Kontrol Mühendisliği Bölümü’nden 2006 yılında mezun olmuştur. 2005 yılında aynı üniversitede Mekatronik Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2005-2007 yılları arası Kontrol ve Kumanda Sistemleri Anabilim Dalında araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2007 yılından itibaren ERASMUS öğrenci değişim programı ile geldiği Bergische Universität Wuppertal’da misafir öğrenci olarak öğrenimini sürdürmekte ve Delphi Delco Electronics & Safety Europe GmbH’da çalışmaktadır.

EK_D : Grafiklerin Elde Edilmesinde Kullanılan Program Örneği

STOP [1]

CurStart

```
Tgain=9*3
Dither=4
IT_kick=3
base_fct=1.2
# base_fct, IT degerini sensör degeri hedefin altinda kaldiginda arttiran bir katsayi
ka=0.9
#ka solenoidlere gönderilen pwm degerini bir önceki degere göre filitreleyen bir katsayi.
T=THZ[]
T=1/T
```

CurLoop

```
IF lnp4!=1
    PAT2YL=PAT[3|3]
    PAT2XL=int(PAT[3|2]/(50*T))
    PAT4XL=int(PAT[5|2]/(50*T))
    PAT4YL=PAT[5|3]
    PAT2X2=PAT[3|5]
    PAT2Y1=PAT[3|6]
    PAT2X1=PAT[3|4]
    PAT4X1=PAT[5|4]
    PAT4X2=PAT[5|5]
    X1=PAT2X1
    X2=PAT2X2
    Y1=PAT2Y1
    Y2=100
    Full_speed=PAT2YL
    Acc_time=PAT2XL
    # yukaridaki degiskenler acceleration ve decelARATION sirasinda bezier egrilerinin
    parametrelerini okuyor
    Cntr=0
    PWM=0
    UsesensorTbl10
    #sensor tablosu 10 kullaniliyor
    Valve_nr=1
    #1 nolu solenoid aktif hale getiriliyor (yukari cikis solenoidi)
    stt=49
    #baslangis degeri 49 olarak ataniyor
    artim=0
    artim_a=0.15
    flag=0
    say=0
```

```

say_n=10
no_of_artim=0
PWM_0=0
PWM_st=0
PWM_dav1=0
index_a=0
godown=0
add=0
Nextpatch
END
IF |Inp1|!=1
    GOTOPATCH|8
    #patch 8 inis hareketinin ilk patchi
END
sensor_dig0=sensordigit

```

WAIT [2]

CurLoop

```

IF |Cntrl|<|10
    sensor_dig=sensordigit
    IF |sensor_dig|<|sensor_dig0
        sensor_dig0=sensor_dig
    END
END
# |Cntrl|<|10 iken en küçük sensor degeri sensor_dig0 degiskenine ataniyor
IF |Cntrl|=|10
    Adjustsensoroffsetv|sensor_dig0
    PWM_stt=stt
    PWM=PWM_stt
    PWM_d=PWM_stt/2
    step=int(PWM_stt/40+0.5)
END
# |Cntrl|=|10 iken baslangic enerjisini arttirmek icin step degiskeninin degeri hesaplaniyor.
IF |Cntrl|>|10| and |PWM_d|<=|PWM_stt
    PWM_d=PWM_d+step
END
# pwm_d degeri 49 a ulasincaya kadar step kadar arttiriliyor
dither=-1*dither
dither_add=dither
#dither degerine bir önceki degerinin tersi yonunde deger ataniyor.
Cntrl=cntrl+1
IF |cntrl|>|int(150/(T*100))
    artim=artim_a
    IF |sensor|>|0.015
        IF |flag|=|0
            pwm_d=pwm_d-no_of_artim*artim*0.1
            flag=1
        END
    END

```

```

    artim=0
END
say=say+1
IF |say|=|say_n
    no_of_artim=no_of_artim+1
    PWM_d=PWM_d+artim
    say=0
END
#solenoidlere enerji verildikten 1,5 s sonra sensor degerinde bir hareket olmaz ise pwm_d
degeri artim_a kadar arttirilir
END
start_s=0.04
#hareket baslangici icin referans degeri
IF |sensor|>|start_sl and |cntrl|>|18
    index_1=index
    PWM_st=PWM_d*(1-TGain/36)
    PWM_0=(PWM_d-PWM_st)/TGain
    say=0
    NEXTPATCH
END
PWM=PWM_d+dither_add

```

BEZIER_{xy} [3]

CurStart

```

bez_ind=0
f_run=0
#f_run=0 ise PI kontrolcu (paralelik kontrolu), f_run=1 ise PID kontrolcu (relatif hata
kontrolu)
PWM_d=0
say=0
IT_old=0
DT_1=0
PT=0
IT=0
DT=0
go_bir=1
#bezier shiftin 2 döngüde yapılmasını sağlayan bir flag degiskeni
flg_bez=0
#bezier shiftin yapilip yapilmadigini gösteren bir flag degiskeni

```

Curloop

```

P=0.12
I=0.5
D=0
Px=2
Ix=4
Dx=0.15

```

```

IF lf_run|=1
    P=Px
    I=Ix
    D=Dx
    n=0.1
    IF |target|>|0.92*PAT2YL
        P=2
        I=4
        D=0.15
        n=0.1
    END
END
IF |inp4|=|0
    gotopatch|7
END

```

AllLoop

```

index_a=index-index_1
IF lf_run|=|0
    sensor_4=ARY[sensor|-4]
    target_4=ARY[target|-4]
    e=((target-target_4)-(sensor-sensor_4))*10
ELSE
    e=target-sensor
    #+(target-target_4-(sensor-sensor_4))*0.05
END
e_1=ARY[e|-1]
abs_e=abs(e)
PT=P*e
IT=I*e
IF lf_run|=|1| and |e|>|0
    IT=IT*base_fct
END
IT_old=IT_old+add+IT
IT=IT_old*0.02
DT=D*(e-e_1)/T
# ----- Open loop for the pick-up -----
# PI kontrolcu ve bezier shift
IF |patch_nr|=|3
    IF lf_run|=|0
        parel=0
        Angle=ANG[target|sensor|4|2]
        IF |Angle|>|0.9| and |Angle|<|1.1
            parel=Angle
        ELSE
            Parel=0
        END
        parel_av=(ARY[parel|-1]+ARY[parel|-2]+ARY[parel|-3]+parel)/4
        IF |index_a|>|0.5*Acc_time| or |sensor|>|0.5*Full_speed| or |parel_av|>|0.95

```

```

IF |target|>|0.05| and |sensor|>|0.05
    f_run=1
    e=target-sensor
    e_1=e
    DT_1=0
    abs_e=abs(e)
    P=Px
    I=Ix
    D=Dx
    PT=P*(e)
    IT=I*e
    IT_old=((pwm_d-pwm_st-(pwm_0+P*e)*TGain)/(TGain*0.02))-I*e
    IT_old=IT_old+IT
    IT=IT_old*0.02
    DT=D*(e-e_1)/T
END
END
# 58-----Bezier shift -----
# bu kısmı daha sonra sana vereceğim. Simdilik gec.
IF |f_run|=1
    IF |bez_ind|=0
        IF |abs_e|>|0.02| or |go_bir|=0
            IF |go_bir|=0
                NoI=Acc_time
                sensor_10=ARY[sensor|-10]
                tanAlp_v=(sensor-sensor_10)/10
                sensor_2=ARY[sensor|-2]
                target_2=ARY[target|-2]
                IF |target_2|>|sensor_2| or |index_a|>|0.3*Acc_time
                    NoIx=index_a
                ELSE
                    NoIx=0
                END
                X1=X1
                v1=TanAlp_v*(NoI-index_a+NoIx)*X1/100
                Y1=Full_speed-sensor
                Y1=int(v1*100/Y1+0.5)
                IF |Y1|>|100
                    Y1=100
                    v1=Full_speed-sensor
                    X1=NoI-index_a+NoIx
                    X1=int(v1*100/(TanAlp_v*X1)+0.5)
                    X2=int(PAT2X2*X1/PAT2X1+0.5)
                END
                IF |X1|>|X2|then|X2|X1
                CreateBezier|sensor-0.02|x1|x2|y1|100|NoI-index_a+NoIx
                bez_ind=index
                target=sensor-0.02
                e=target-sensor
            END
        END
    END
END

```

```

    PT=P*e
    IT=I*e
    DT=0
    IF |e|>|0
        IT_old=((pwm_d-pwm_st-(pwm_0+P*e)*TGain)/(TGain*0.02))-I*e*base_fct
    ELSE
        IT_old=((pwm_d-pwm_st-(pwm_0+P*e)*TGain)/(TGain*0.02))-I*e
    END
    target=sensor-0.02
    IT=(I*e+IT_old)*0.02
    # P_I_D=(IT_old*0.02+PWM_0)*TGain
    PAT2X2=X2
    PAT2X1=X1
    PAT2Y1=Y1
    END
    go_bir=0
    ELSE
        bez_ind=index
    END
    END
    END
    P_I_D=(PT+IT+DT+PWM_0)*TGain
ELSE
    P_I_D=(PT+IT+DT+PWM_0)*TGain
END
#-111-----Pumpen leistung-----
#-----
PWM=PWM_st+P_I_D
PWM_d=PWM
IF |ka|<>|1
    PWM_d1=AVG[PWM_d|10]
    PWM_d=PWM_d*ka+PWM_d1*(1-ka)
END
PTT=PT*TGain
ITT=IT*TGain
DTT=DT*TGain
dither=-1*dither
dither_add=dither
#-----dither control-----
#-----
PWM=PWM_d+dither_add
PWM=MAX[PWM | 100]
PWM=MIN[PWM | 0]

```

WAIT [4]

CurLoop

n=0.1

P=1.5

```

I=4
D=0.15
IF |inp3|≠0
    godown=1
    xr_godw=target
    gotopatchl5
END

```

BEZIER_{xy} [5]

CurStart

```

index_11=index_a-1
PWM_dav1=AVG[PWM_d15]
PWM_dMIN=pwm_dav1
IF |godown|=1
    setyoffsetl-PAT2YL+xr_godwl5
END
switch_dis=0
target_dis=0
IT_old=IT_old-IT_kick
beta=-(PAT4X2-120)*150/(32*PAT4XL)
Inc=24*beta/PAT4XL

```

CurLoop

```

Index_2=index_a-index_11
P=1.5
I=3.3
D=0.15
n=0.1
base_fct=1.2
IF |target|<0.7*PAT2YL
    dit_sign=0
    n=0.1
    P=1.2
    I=2
    D=0.2
END
IF |target|<0.15*PAT2YL
    n=0.1
    dit_sign=0
    P=1.2
    I=2
    D=0.2
END
e=target-sensor
e_1=ARY[e1-1]
eee=abs(e-e_1)
IF |eee|>0.008

```

```

    D_ux=D
    D=D_ux/2
END
#eger bir oncesi loopda D degeri cok yukdek ise bu deger bu loop icin dusuruluyor
IF linp4!=0
    gotopatchl7
END
#---31----- Switch distance -----
IF ltargetl<0.8*PAT2YL and ltargetl>0.4*PAT2YL
    PWM_dav=AVG[PWM_dl5]
    IF lpwm_davl<lpwm_dMIN
        PWM_dMIN=pwm_dav
    END
END
Switch_dis=Switch_dis+sensor*T
target_dis=target_dis+target*T
#-----Addition to the I part-----
add=0
IF lindex_2l>IPAT4XL*3/8
    target_4=ARY[targetl-2]
    sensor_4=ARY[sensorl-2]
    payda=sensor_4-sensor
    IF lpaydal<>0
        Dt_s=(target_4-target)/payda
    ELSE
        Dt_s=0
    END
    IF lDt_sl>0l and lDt_sl<1
        add=inc*(target_4-target)/(T*2)
    ELSE
        add=0
    END
END
END
#deceleration patcinda IT degeri sensor dogrultusuna göre add degiskeni kadar arttiriliyor
#---40-----power level control-----
IF linp4!=0
    NEXTPATCH
END

```

WAIT [6]

CurStart

```

P=2
I=3
D=0.1
n=0.1
add=0

```

CurLoop

```
IF linp4|≠|0
    NEXTPATCH
END
Switch_dis=Switch_dis+sensor*T
target_dis=target_dis+target*T
```

QUAD [7]

CurLoop

```
P=1
I=0.2
D=0.25
PWM_d=pwm_dmin+(pwm_dav1-PWM_dMIN)*0.6
IF |target|=|0| and linp4|≠|0
    PWM_d=0
    PWM=0
    GOTOPATCH|1
END
```

AllLoop

```
dither=-1*dither
dither_add=dither
IF labs_el<|0.06
    IF |dither_add|<|0
        dither_add=dither+e*10*n
    END
END
PWM=PWM_d+dither_add
PWM=MAX[PWM | 100]
PWM=MIN[PWM | 0]
```

START [8]

CurStart

```
Tgain=5*3
Dither=3
PAT2YL=PAT[10|3]
cntr=0
ka=0.9
n=4
IT_kick=4
base_fct=1.2
T=THZ[]
T=1/T
PAT2XL=int(PAT[10|2]/(50*T))
```

```

PAT4XL=int(PAT[12|2]/(50*T))
PAT2X2=PAT[10|5]
PAT2X1=PAT[10|4]
PAT2Y1=PAT[10|6]
PAT4X1=PAT[12|4]
PAT4X2=PAT[12|5]
X1=PAT2X1
X2=PAT2X2
Y1=PAT2Y1
Y2=100
Full_speed=PAT2YL
Acc_time=PAT2XL
PWM=0
switch_dis=0
target_dis=0
usesensortbl11
Valve_nr=2
artim_a=0.17
flag=0
say=0
no_of_artim=0
PWM_0=0
PWM_st=0
PWM_dav1=0
NoIx=0
godown=0
MOVECHART
add=0

```

CurLoop

```

IF linp1|=1
    Nextpatch
END
sensor_dig=AVX[sensordigit|7]

```

AllLoop

```

tt=4

```

WAIT [9]

CurStart

```

P=0
I=0
D=0
dither=dither
Cntr=0
P_I_D=0

```

```
PWM=0
PWM_stt=51
Adjustsensoroffsetvlsensor_dig
```

CurLoop

```
sensor_dig1=sensordigit
Delay_t=0.16
Cntr=Cntr+1
Delay_c=T*PWM_stt*cntr
PWM_d=PWM_stt*(1-Delay_t)+Delay_c
dither=-1*dither
dither_add=dither
PWM=PWM_d+dither_add
IF |PWM_d|>=|PWM_stt
    PWM=PWM_stt
    index_1=index
    PWM_st=PWM_d*(1-TGain/36)
    PWM_0=(PWM_d-PWM_st)/TGain
    NEXTPATCH
END
```

AllLoop

```
tt=7
```

BEZIERxy [10]

CurStart

```
f_run=0
bez_ind=0
e=0
e_1=0
index_2=0
Index_d1=index
say=2
IT_old=0
DT_1=0
go_bir=1
flg_bez=0
```

CurLoop

```
Px=3
Ix=7.2
Dx=0.1
IF |f_run|=|0| and |inp2|=|0|
    f_run=1
END
```

```

IF lf_runl=|0
  P=0.36
  I=7.2
  D=0
ELSE
  IF |targetl<|0.8*PAT2YL
    P=Px
    I=Ix
    D=Dx
  ELSE
    P=2.5
    I=6
    D=0.1
  END
END
END
IF |inp1|=|0
  gotopatch|15
  IF |inp2|=|0
    END
END
END
IF |inp2|=|0
  godown=1
  xr_godw=target
  gotopatch|12
END

```

AllLoop

```

index_a=index-index_1
sensor_2=ARY[sensorl-2]
target_2=ARY[targetl-2]
target_4=ARY[targetl-4]
sensor_4=ARY[sensorl-4]
IF lf_runl=|0
  e=(target-sensor)*0.1+((target-target_2)-(sensor-sensor_2))*10
ELSE
  e=target-sensor
  #+(target-target_4+(sensor-sensor_4))*0.1
END
e_1=ARY[e|1]
abs_e=abs(e)
PT=P*e
IT=I*e
IF lf_runl=|1| and |e|>|0
  IT=IT*base_fct
END
IT_old=IT_old+add+IT
IT=IT_old*0.02
DT=D*(e-e_1)/T

```

```

# -----P control at the start of the run -----
-----
IF |Patch_nr|=|10|
  IF |f_run|=|0|
    parel=0
    Angle=ANG[target|sensor|4|2]
    IF |Angle|>|0.9| and |Angle|<|1.1|
      parel=Angle
    ELSE
      parel=0
    END
    parel_av=(ARY[parel-1]+ARY[parel-2]+ARY[parel-3]+parel)/4
    #parel_av=AVG[parel5]
    IF |index_a|>|0.5*PAT2XL| or |sensor|>|0.5*PAT2YL| or |parel_av|>|0.95|
      IF |f_run|=|0| and |target|>|PAT2YL*0.1| and |sensor|>|0.1|
        f_run=1
        e=target-sensor
        e_1=e
        DT_1=0
        abs_e=abs(e)
        P=Px
        I=Ix
        D=Dx
        PT=P*e
        IT=I*e
        IT_old=((pwm_d-pwm_st-(pwm_0+P*e)*TGain)/(TGain*0.02))-I*e
        IT_old=IT_old+IT
        IT=IT_old*0.02
        DT=D*(e-e_1)/T
      END
    END
  END
END
# -----Bezier shift -----
IF |f_run|=|1|
  IF |bez_ind|=|0|
    IF |abs_e|>|0.02| or |go_bir|=|0|
      IF |go_bir|=|0|
        NoI=PAT2XL
        sensor_10=ARY[sensor|-10]
        tanAlp_v=(sensor-sensor_10)/10
        IF |target_2|>|sensor_2| or |index_a|>|0.3*PAT2XL|
          NoIx=index_a
        ELSE
          NoIx=0
        END
        X1=X1
        v1=TanAlp_v*(NoI-index_a+NoIx)*X1/100
        Y1=PAT2YL-sensor
        Y1=int(v1*100/Y1+0.5)
        IF |Y1|>|100|

```

```

        Y1=100
        v1=PAT2YL-sensor
        X1=NoI-index_a+NoIx
        X1=int(v1*100/(TanAlp_v*X1)+0.5)
        X2=int(PAT2X2*X1/PAT2X1+0.5)
    END
    IF |X1|>|X2|
        X2=X1
    END
    CreateBezier|sensor-0.02|x1|x2|y1|100|NoI-index_a+NoIx
    bez_ind=index
    target=sensor-0.02
    e=target-sensor
    PT=P*e
    IT=I*e
    DT=0
    IF |e|>|0|
        IT_old=((pwm_d-pwm_st-(pwm_0+P*e)*TGain)/(TGain*0.02))-I*e*base_fct
    ELSE
        IT_old=((pwm_d-pwm_st-(pwm_0+P*e)*TGain)/(TGain*0.02))-I*e
    END
    IT=(I*e+IT_old)*0.02
    # P_I_D=(IT_old*0.02+PWM_0)*TGain
    PAT2X2=X2
    PAT2X1=X1
    PAT2Y1=Y1
    END
    go_bir=0
    ELSE
        bez_ind=index
    END
    END
    P_I_D=(PT+IT+DT+PWM_0)*TGain
ELSE
    P_I_D=(PT+IT+DT+PWM_0)*TGain
END
#-111-----Pumpen leistung-----
#-----
PWM=PWM_st+P_I_D
PWM_d=PWM
IF |ka|<>|1|
    PWM_d1=AVG[PWM_d|10]
    PWM_d=PWM_d*ka+PWM_d1*(1-ka)
END
PTT=PT*TGain
ITT=IT*TGain
DTT=DT*TGain
dither=-1*dither
dither_add=dither

```

```
#-----dither control-----
#-----
PWM=PWM+dither_add
PWM=MAX[PWM | 100]
PWM=MIN[PWM | 0]
```

WAIT [11]

CurLoop

```
n=1
P=1.2
I=3
D=0.072
IF |inp2|=0
    PWM_dav1=AVG[PWM_d15]
    NEXTPATCH
END
IF |inp2|=0
    godown=1
    xr_godw=target
    gotopatch12
END
```

BEZIERxy [12]

CurStart

```
Index_11=index_a
PWM_dav1=AVG[PWM_d15]
PWM_dMIN=pwm_dav1
IF |godown|=1
    setyoffset1-PAT2YL+xr_godw12
END
switch_dis=0
target_dis=0
IT_old=IT_old-IT_kick
beta=-(PAT4X2-120)*150/(32*PAT4XL)
Inc=24*beta/PAT4XL
```

CurLoop

```
Index_2=index_a-index_11
P=1.5
I=12
D=0.12
n=8
IF |target|<0.8*PAT2YL
    n=0.2
    P=2
```

```

    I=12
    D=0.12
END
IF |target|<|0.15*PAT2YL|
    P=2
    I=12
    D=0.12
END
IF |inp1|≠|0|
    NEXTPATCH
END
e=target-sensor
e_1=ARY[e-1]
eee=abs(e-e_1)
IF |eee|>|0.008|
    D_ux=D
    D=D_ux/2
END
#-----Switch distance -----
IF |target|<|0.8*PAT2YL| and |target|>|0.4*PAT2YL|
    PWM_dav=AVG[PWM_d|5]
    IF |pwm_dav|<|pwm_dMIN|
        PWM_dMIN=pwm_dav
    END
END
Switch_dis=Switch_dis+sensor*T
target_dis=target*T
#-----Addition to the I part-----
add=0
IF |index_2|>|PAT4XL/3|
    target_4=ARY[target-4]
    sensor_4=ARY[sensor-4]
    payda=sensor_4-sensor
    IF |payda|<>|0|
        Dt_s=(target_4-target)/payda
    ELSE
        Dt_s=0
    END
    IF |Dt_s|<|1| and |Dt_s|>|0|
        add=sqr(inc*(target_4-target)/(T*4))
        #add=inc
    ELSE
        add=0
    END
END
END

```

WAIT [13]

CurStart

P=2
I=12
D=0.15
n=0.2
add=0

CurLoop

IF linp1 $\neq$ 0
 NEXTPATCH
END
Switch_dis=Switch_dis+sensor*T
target_dis=target_dis+target*T

QUAD [14]

CurStart

PWM=PWM_d*0.98
PWM_d=PWM
Dither=dither/2

CurLoop

P=1
I=0.2
D=0.25
PWM_d=pwm_dmin+(pwm_dav1-PWM_dMIN)*0.6
IF |target| $\neq$ 0 and linp1 $\neq$ 0
 PWM_d=0
 PWM=0
 nextpatch
END

STOP [15]

Cur Start

PWM=0
Gotopatch1