T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ağır Hizmet Araçlarının Şanzıman Yazılım Komponentlerinin Mimarisinin Akıllı Kontrolü Ve Analizi

Ulukan AYGÜN

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Rana ORTAC KABAOGLU

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2021

Bu çalışma, 12.07.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Dr. Öğr. Üyesi Rana ORTAC KABAOĞLU (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Aysel ERSOY YILMAZI
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Baran TANDER
İstanbul Aydın Üniversitesi
Anadolu Bil MYO

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin ..... numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, ... numaralı ..... projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, tavsiye ve desteğini aldığım beni yönlendiren; bilgi ve birikimlerini bana aktaran ve değerli zamanını ayıran danışman hocam

Sayın Dr. Öğr. Rana ORTAC KABAOGLU'na;

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini paylaşan Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Elektrik Elektronik Mühendisliği Programında görev yapan tüm öğretim üyelerine;

Tüm hayatım boyunca ilgi ve desteklerini benden esirgemeyen değerli annem

Vildan AYGÜN'e;

Tüm hayatım boyunca ilgi ve desteklerini benden esirgemeyen değerli babam

Ercüment AYGÜN'e;

Ve tüm sevdiklerime teşekkür ederim.

Haziran 2021 Ulukan AYGÜN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **x**
ÖZET ..... **xii**
SUMMARY ..... **xiv**
1 GİRİŞ **1**
2 GENEL KISIMLAR **7**
2.1 TASARIM MODELİ] 7
2.1.1 TASARIM MODELİ ÇALIŞMA PRENSİBİ 8
2.2 PID KONTROLÖR MODELİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ] 10
2.3 KONVANSİYONEL PID KONTROLÖR MODELİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ] 11
2.4 SARMA ÖNLEYİCİ (ANTI WIND UP) PID KONTROLÖR MODELİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ] 12
3 MALZEME VE YÖNTEM **15**
4 BULGULAR **18**
4.1 PID İLE KONTROL – SARMA ÖNLEYİCİ TASARIM SONUÇLARI 18
4.1.1 PİSTON KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI 18
4.1.2 YUKARI İTEN VANA KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI 19
4.1.3 AŞAĞI İTEN VANA KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI 20
4.2 PID İLE KONTROL – KONVANSİYONEL TASARIM SONUÇLARI 21
4.2.1 PİSTON KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI 22
4.2.2 YUKARI İTEN VANA KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI 23
4.2.3 YUKARI İTEN VANA, AYARLANMIŞ PID TASARIM SONUÇLARI 24
4.2.4 AŞAĞI İTEN VANA KONTROLÜ SONUÇLARI TASARIM SONUÇLARI 25
4.2.5 AŞAĞI İTEN VANA, AYARLANMIŞ PID TASARIM SONUÇLARI 26
5 TARTIŞMA VE SONUÇ **28**

KAYNAKLAR **30**
EKLER **35**
ÖZGEÇMİŞ ..... Error! Bookmark not defined.

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 Oransal vana tasarım modeli **7**

Şekil 2.2 Piston tasarım modeli **8**

Şekil 2.3 Kontrol edilebilen piston örneği **10**

Şekil 2.4 Konvansiyonel PID Kontrolcü Modeli **11**

Şekil 2.5 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modeli **12**

Şekil 2.6 Sarma önleyici PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modeli **13**

Şekil 2.7 Sıkıştırma Devresi ile PID Kontrolör Modeli **14**

Şekil 4.1 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin piston kontrolünün sonucu **19**

Şekil 4.2 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten vana kontrolünün sonucu **20**

Şekil 4.3 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolünün sonucu **21**

Şekil 4.4 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin piston kontrolünün sonucu **23**

Şekil 4.5 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten vana kontrolünün sonucu **24**

Şekil 4.6 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten vana kontrolcüsünün ayarlanmış P, I ve D kontrolcü katsayıları sonucu **25**

Şekil 4.7 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolünün sonucu **26**

Şekil 4.8 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolcüsünün ayarlanmış P, I ve D kontrolcü katsayıları sonucu **27**

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Şekil tablosu öğesi bulunamadı.

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Hyağ_basınç	: Hidrolik Yağ Basıncı
Piston_yerdğiş	: Piston Yerdeğiştirmesi
Solenoid Controller	: Piston Kontrolcü çıkışı
Solenoid Feedback	: Piston Geribildirim Sinyali
Down_valve_feedback_curr	: Aşağı doğru çeken vana akım geribeslemesi
Down_valve_ctrl	: Aşağı doğru çeken vana akım kontrolcü girişi
Up_valve_feedback_curr	: Aşağı doğru çeken vana akım geribeslemesi
Up_valve_ctrl	: Aşağı doğru çeken vana akım kontrolcü girişi
Hoil	: Hidrolik Yağ Basıncı
Pos_ctrld_solenoid	: Piston Konum kontrolcü çıkışı
Ref_in	: Referans girdi sinyali
Stroke:	: Pistonun hareketini sağlayan konumcu

Kısaltmalar	Açıklama
PID	: Oransal, integral ve diferansiyel kontrol denetleyicisi
PI	: Oransal, integral kontrol denetleyicisi
PD	: Oransal, ve diferansiyel kontrol denetleyicisi
PI	: Oransal, integral kontrol denetleyicisi
Kp	: Oransal kontrol denetleyici katsayısı
Kd	: Diferansiyel kontrol denetleyici katsayısı
Ki	: İntegral kontrol denetleyici katsayısı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AĞIR HİZMET ARAÇLARININ ŞANZIMAN YAZILIM KOMPONENTLERİNİN MİMARİSİNİN AKILLI KONTROLÜ VE ANALİZİ

Ulukan AYGÜN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Rana ORTAÇ KABAOĞLU

Dünya ekonomilerine geniş bir perspektiften bakıldığında konumu ve önemi dikkat çekicidir. Soğuk Savaş döneminde savunma sanayii, Ar-Ge harcamalarının maliyetli olduğu, ürünlerin uzun ömürlü olduğu, pazar alanının geniş ancak teknik olarak belirsiz olduğu bir sektördü[1]. Dünya siyasetinde soğuk savaşın sona ermesiyle dünya çapında kendini gösteren terör olayları, uluslararası siyasette yaratılan bölünmeler ve çatışmalar nedeniyle savunma sanayinin gelişmesinde bir hızlanma oldu[2].

Ülkemizde savunma sanayii son derece gelişmektedir. Türkiye'de hali hazırda yürülmekte olan savunma sanayii ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Tülay Baran makalesinde Türkiye'de savunma sanayii araştırmalarını ve savunma sanayii harcamalarının ekonomiye etkilerinin değerlendirilmesini anlatmaktadır[3]. Türkiye'de 1980 öncesi kamu malı olan savunma hizmetlerinin dışa bağımlı olduğunu iddia etmektedir. Ancak 1980 yılından itibaren dışa bağımlılıktan giderek uzaklaşmıştır[4]. Ayrıca H. Balcı, üniversite-sanayi işbirliği olan savunma sanayii ile üniversite işbirliğinin özellikle savunma sanayi için çok önemli olduğu bir

gerçeğini ortaya koymaktadır.. Hem üniversite ihtiyaçlarının belirlenmesi hem de savunuculuk, ulusal kaynaklarla teknoloji transferi sağlayan ve sektörün gelişimine önemli katkı sağlayan yöntemlerin başında gelmektedir[5].

Türk askeri savunma sanayisi için hali hazırda yürütülmekte olan çok ciddi ağır vasıta araç projeleri bulunmaktadır; ARMA Zırhlı Muharebe Aracı - ALTAY Milli Tank - KİRPİ-COBRA Zırhlı Tekerlekli Araç - PARS Zırhlı Muharebe Aracı vb. Çoğu yüzde 100 Türk mühendislik tasarımına sahiptir. Türk savunma sanayisine yapılan yatırım, yakın gelecekte tüm ağır hizmet askeri araçlarının tamamen yerli mühendislik tasarımlarına ait olması sonucunu doğuracaktır. Bu çalışmanın amacı, farklı özelliklere sahip ağır hizmet araçlarından savunma sanayi için tasarlanmış bir ağır hizmet aracının kullanacağı AMT transmisyon yazılım ve kontrol tasarımının, uygulama yazılımına ve kontrolüne farklı bir bakış açısı sunmaktır.

Fabrika modeli ve kontrol modelinin modellenmesi ve analizi için, özellikle ağır hizmet araçlarında yerli ve milli tasarımların kontrolü için kullanılan birçok uygulama yazılım programı bulunmaktadır. Ayrıca bu tez, savunma sanayinde kullanılan ağır hizmet araçlarının şanzıman aksamının ve farklı kontrol tekniklerinin modellenmesine odaklanmaktadır. İlk olarak, bu tez, ağır hizmet araçlarının şanzıman modellemesinde kullanılan bileşeni tanıtmaktadır. İkinci olarak, bu tez, bu tesisi kontrol etmek için modellenmiş PID kontrolöre odaklanmaktadır. Üçüncüsü, geleneksel denetleyici tanımlanır. Dördüncüsü, iki farklı kontrolörün analizi ve bu ağır hizmet bileşeninin çıktıları açıklanmıştır. Ayrıca bu tezde gelecekte yapılacak çalışmalar anlatılmaktadır.

Haziran 2021, ... sayfa.

Anahtar kelimeler: Savunma Endüstrisi, Ağır Hizmet Araçları, Otomatize Edilmiş Manuel Şanzıman Bileşeni

SUMMARY

M.Sc. THESIS

ANALYZING AND INTELLIGENT CONTROL OF HEAVY DUTY VEHICLE SOFTWARE ARCHITECTURE COMPONENTS

Ulukan AYGUN

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Rana ORTAC KABAOGLU

When the world economies are viewed from a broad perspective, its position and importance is remarkable. During the Cold War, the defense industry was a sector where R&D expenditures were costly, products were long-lasting, and the market area was wide but technically uncertain[1]. Cold in world politics, with terrorist incidents manifesting itself around the world with the end of the war. Defense due to the divisions created and conflicts in international politics. There was an acceleration in the development of the industry[2].

The defense industry in our country is developing extremely. There are many studies on the defense industry in Turkey. In her article, Tülay Baran explains the research of the defense industry in Turkey and the evaluation of the effects of defense industry expenditures on the economy[3]. He claims that defense services, which were public domain before 1980 in Turkey, are dependent on foreign sources. However, since 1980, it has gradually moved away from foreign dependency[4]. In addition, H. Balcı reveals the importance of cooperation between the

university and the defense industry, which is a university-industry cooperation, especially for the defense industry. It is a fact that it is very important. Both the identification of university needs and advocacy are methods that provide a technology transfer with national resources, which contributes significantly to the development of the industry[5].

There are enormous heavy vehicle projects for the Turkish military defense industry; ARMA Armored Combat Vehicle - ALTAY National Tank - KİRPİ- COBRA Armored Wheeled Vehicle - PARS Armored Combat Vehicle etc. Most of them have 100 percent Turkish engineering design. The investment made in the Turkish defense industry will result in the fact that all heavy-duty military vehicles will belong entirely to domestic engineering designs in the near future. The aim of this study is to present a different perspective to the application software and control of the AMT transmission system, which will be used by a heavy-duty vehicle designed for the defense industry, which is one of the heavy-duty vehicles with different transmission systems.

There are many application software programs used for modeling and analysis of factory model and control model, especially for controlling domestic and national designs in heavy-duty vehicles. In addition, this thesis focuses on modeling the transmission component of heavy-duty vehicles used in the defense industry and different control techniques. First, this thesis introduces the component used in transmission modeling of heavy-duty vehicles. Secondly, this thesis focuses on the modeled PID controller to control this facility. Third, the conventional controller is defined. Fourth, the analysis of two different controllers and the outputs of this heavy-duty component are described. Also, future work is described in this thesis.

June 2021, ... pages.

Keywords: Defense Industry, Heavy Duty Vehicles, Automated Manuel Transmission Component

1 GİRİŞ

Birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılmakta olan hidrolik sistemlere, özellikle yüksek performans gerektiren hassas konum kontrollerinde, düşük hacimlerde yüksek güç (tork) gereksinimlerinde, sistem tasarımlarında ve üretimlerinde ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle savunma sanayi, otomotiv sektörel sanayi, robot teknolojisi gibi birçok uygulamada yer alan hidrolik silindir sistemlerinde akım kontrolü ve konum kontrolü önem kazanmaktadır. Hidrolik sistemlerin tasarımlarını simülasyon ortamında gerçeklemeden önce dinamik özelliklerini ortaya koyabilmek için sistemi oluşturan elemanların detaylı modellerinin elde edilmesi ya da tasarlanması gerekmektedir. Model tasarlanmayacak ise hazır yüklü model sistemleri (D-Space gibi) kullanılmaktadır. Hidrolik bileşenlerin birbiriyle iletişimi göz önüne alınarak oluşturulan sistem modeli yüksek derecede doğrusal olmayan parametreler ve terimler içerir. Doğrusal sistem model örneklerine kıyasla daha karmaşık olmalarına karşılık doğrusal olmayan modeller, gerçellenen sistemin karakteristik davranışlarını gerçeğe daha yakın yansıttığından dolayı sistem model analizinde doğrusal modellere göre daha verimli sonuçlar elde edilmektedir[6].

Elektrohidrolik sistemlerin tasarımları ve kontrolü uzun yıllardan beri birçok sektör çalışanlarının ve akademik araştırmacıların üzerinde çalıştığı konuların başında gelmektedir. Elektrohidrolik sistemlerin yüksek derecede doğrusal olmayan sistem karakteristik özellikleri, elektrohidrolik sistemler için kontrol tasarımını güçleştiren en önemli unsurlardan biridir. Elektrohidrolik sistemlerin tasarımı ve kontrolü ile ilgili akademik çalışmaların ve araştırmaların, sonuç olarak elde edilen noktada yeni kazanımları ve kazanılan performans özellikleri sebebiyle oldukça büyük önemi vardır. Geçmiş zamanlardaki klasik geri beslemeli kontrol teknikleri gibi doğrusal tasarım kontrol tekniklerinden, doğrusal olmayan tasarım kontrolüne, birçok kontrol tasarım teknikleri oldukça geniş çalışma alanlarında kullanılmıştır. Ancak gelişen elektrohidrolik sistemlerle beraber, klasik doğrusal tasarım kontrolüne kıyasla çoğu zaman doğrusal olmayan sistem tasarım davranışı göstermektedir, bunun yanında klasik tasarım kontrolünde çoğu zaman sınırlı efektik performans sonuçları karşılaşılmıştır. Dolayısı ile hidrolik sistemlerin tasarım kontrolünde tasarım modeli temel alınarak birçok kontrol tasarım algoritma teknikleri geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları adaptif kontrol, bulanık mantık

(fuzzy logic) sinirsel iletişim ağı temelli kontrol, dayanıklı kontrol (robust kontrol) gibi birçok teknik kullanılmaktadır[7].

Yüksek tork gereksinimi duyulan tasarım seviyelerinde daha efektik ve isterleri karşılayabilen hassasiyette aynı zamanda sistem tepki hızını da dikkate alarak kontrolü gerçekleştirme talebi, özellikle günümüzde de revaşta olan savunma sanayide de büyük önem oluşturan uçuş kontrolü ve otomatik ateşleme kontrolü, elektronik sinyal süreci ile hidrolik sistemlerin bir araya gelmesine neden olmuştur. Günümüzde, data yani bilgi birçok elektronik ortamda, mekanik ya da hidrolik ortamlara kıyasla çok daha efektif bir şekilde işlenebilir, üretilebilir ve aynı zamanda dönüştürülebilir olmuştur. Bunun yanı sıra torkun tasarım isterlerine göre yüksek hızlarda aktarımı elektrohidrolik sistemler sayesinde mümkün olmaktadır. Önceden iki ayrı disiplin olan hidrolik ve elektronik disiplinlerin tek çatı altında elektrohidrolik sistemler olarak birleşmesi ile her iki ayrı disiplin için de olumlu özelliklerinin olduğu daha etkili kontrol edilebilir yani araç seviyesi sistem isterlerinden tasarım seviyesi modelleme isterlerine kadar oluşan süreci kısaltmakta yani hızlı bir birleşik yapıyı ortaya çıkarmaktadır[8]. Bu nedenlerden dolayı elektrohidrolik sistemler ve elektrohidrolik sistemlerin tasarım kontrolü günümüz teknolojisinde büyük önem kazanmakta ve kazanmaya devam etmektedir.

Geçmişten günümüzde birçok sektör için elektrohidrolik sistemler ve elektrohidrolik sistemlerin akım ve konum kontrolü üzerinde yapılmakta olan akademik ve sektörel araştırmalar dikkate alındığında, birçok bilim insanın elektrohidrolik sistemlerin gelişimine katkısı olmuştur. Geçmişten günümüze kadar PID kontrolcü modeli çalışmalarına birçok bilim insanı şu şekilde katkılar vermiştir. Kalyoncu ve Haydim, bulanık mantık (fuzzy logic) ile akım ve konum kontrollerinin elektrohidrolik servo sistemlerine uygulanmasını konusunda çalışmışlar ve elektrohidrolik servo sistemlerine bulanık mantık kontrolcüsünü uyarlamışlar ve kontrolü gerçekleştirmişlerdir. Elektrohidrolik sistemin matematiksel modeli servo sistem içinde bulunan kaçaklar göz önünde bulundurularak elde edilmiştir. Sonrasında Zeb, bir servo sistemin matematik tasarım modeli için analitik bir metot geliştirip, sistemin konum performansını da göz önünde bulundurarak farklı parametre değerlerini de göz önünde bulundurarak tasarlanan önemli performans parametreleri için sistem tasarımları geliştirmiştir[9]. Scheidl ve Manhartsgruber, hidrolik silindirden oluşan onuncu dereceden doğrusal olmayan bir elektrohidrolik sistem oluşturup ve belirsizlik analizlerini ortaya

koymuşlardır[10]. Deticek, kendiliğinden öğrenme bulanık kontrolcü temelli bir bulanık PD tasarlamış ve bu kontrolcüyü elektrohidrolik sistemin konum kontrolünde kullanmak üzere geliştirmiştir[11]. Jones ve diğerleri, elektrohidrolik sistemin izleme performansını geliştirmek için uyarlanabilir ve kendi kendine öğrenen bulanık mantık kontrolcüsü tasarlamışlardır[12]. Karpenko ve Sepehri elektrohidrolik konumlama sistemi içindeki akışkan kaçaklarının önüne geçebilmek için hatadan etkilenmeyen kontrol stratejisi geliştirmişlerdir[13]. Lee ve Cho, bir füzenin seyir esnasında manevra kabiliyetini efektif bir şekilde yerine getirilmesini sağlayan elektrohidrolik sistem için bulanık kontrolcü tasarlamış ve faz düzlemini kullanarak elektrohidrolik sistemin tüm performansını artırmak için yeni bir bulanık kontrolcü önermişlerdir[14]. Kim ve Lee, elektrohidrolik konum kontrol sistemi için deneysel verim artışlarıyla bir kontrolcü geliştirmişlerdir[15]. Shao ve diğerleri, endüstriyel bakış açısıyla elektrohidrolik sistemler için bulanık izleme kontrol tasarım yöntemini hayata geçirmişlerdir. Bu çalışmanın amacı sistemin dinamik ve statik özellikleri ve dayanıklılığını en efektif bir şekilde geliştiren, otomatik ayarlama ve değişiklik yapma etkisine dayalı, klasik PID kontrolcü ve bulanık kontrolcüden oluşan yeni bir doğrusal olmayan hibrid (karma) kontrolcü geliştirmektir[16]. Zhang, temeli sistem kalibrasyonunu ortak algılama modeline dayandırarak ve farklı sistemlerdeki vana değişimlerini algılatarak kapsamlı bulanık algoritma algılayıcıyı hayata geçirmişlerdir[17]. Chang ve Lee, alışılagelmiş DSP kart olmadan gerçel sistemi tanımlayan gerçek zamanlı simülatör geliştirmişlerdir[18]. Eryılmaz ve Wilson, özellikle elektrohidrolik sistemler arasındaki kaçağı dikkate almıştır. Kontrolcü tasarımı ve uyarlanabilir metotlar için önemli bir özellik olarak hata üreten model kolayca belirli kriterlere dayandırılmıştır[19]. Mihajlov, bulanık PI kontrolcü üzerinde çalışarak, kızaklı kontrol yöntemini uygulamıştır[20]. Li ve Xiong, elektrohidrolik sistemlerin kontrolü için yeni bir metot önermişlerdir[21]. Becan, hidrolik piston konum kontrolü problemine, bir bulanık sınır katmanıyla kayan tarzda kontrolü önermiştir. Asimetrik silindirli doğrusal olmayan bir elektrohidrolik sistem modellenmiştir. Daha sonra ise önerilen bu kontrol taslağı bu modele entegre edilmiştir[22]. Eryılmaz ve Wilson, kaçaklar ve ağızdaki akışı birleştirerek elektrohidrolik vana modelini geliştirmişlerdir. Bu model hata çıkış bilgileri yeniden değerlendirilerek yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir[23]. Karpenko ve Sepehri, servo hidrolik konumlama sistemi için hatadan etkilenmeyen kontrol (FTC) yöntemini geliştirmişlerdir[24]. An ve Sepehri, servo hidrolik sistemde kaçak sonucu oluşan hatanın tespiti ve analizi için genişletilmiş Kalman fitresi (EKF) yöntemini önermişlerdir[25]. Nikas ve

Sayles, en çok düz ya da dönel hidrolik silindirlerde bulunan, dik açılı veya toroidal şekilli esnek contaların düz yüzey elastohidrodinamik uygulaması için kalıcı durum önermişlerdir[26]. Sonrasında ise Shi ve diğerleri, uyarlanabilir bir eşik değeri ile model tabanlı hata bulmayı birleştirmek için pratik bir yaklaşım sunmuşlardır[27]. Cho ve Burton, yüksek performanslı hidrostatik hareketlendirici sistemin basit adaptif kontrol metodu (SAC) ile konum kontrolü üzerine çalışmışlardır[28]. Keles ve Ercan, darbe genişlik modüllü elektrohidrolik sistemin açık ve kapalı çevrim davranışlarını teorik ve deneysel olarak geliştirmişlerdir. Sistemin matematik modeli formüle edilmiş ve darbe genişlik modüllü girişlere karşın sistemin tepkisi ortaya çıkartılmıştır[29]. Milic, Situm ve Essert, elektrohidrolik sistemlerde dayanım tabanlı kontrol için sayısal matriks eşitsizliklerine dayalı tekniğin avantajlarına değinmişlerdir. Oransal vana ve elektrohidrolik silindir sisteminin doğrusal olmayan dinamik modelini geliştirmişlerdir. Geri besleme sisteminin kararlılığı için sistemin kararsız doğrusallaştırılmış bir modelini geliştirmiş ve bu geliştirilen kontrol algoritmaları laboratuvar ortamında elektrohidrolik sistem üzerinde deneysel olarak test edilmiştir[30]. Guan ve Pan, sistem eşitsizliklerinde ve bilinmeyen parametreli elektrohidrolik sistem üzerinde doğrusal olmayan, adaptif kayan kontrol metodunu önermişlerdir[31]. Şengirgin ve Yüksel, pilot kademesi hızlı anahtarlama vanai olan iki kademeli elektrohidrolik vana ile 3 gerçek zamanlı konum kontrolü olanaklarını hayata geçirebilmek için çalışma yapmışlardır. Pilot kademesinde disk vana şeklindeki bir hızlı anahtarlama elemanı olan vanain giriş işareti ile çıkış işareti arasında oransal denetim sağlamak amacıyla Darbe Genişlik Modülasyon tekniği üzerinde çalışmışlar ve bu teknikten yararlanmışlardır. Yüksüz halde, çift piston çubuklu silindir ile kurulu hidrolik sistem üzerinde gerçek zamanlı konum denetimini gerçekleştirmişlerdir[32]. Becan, Kuzucu ve Kutlu, yaptıkları çalışmada ilk olarak temel hidrolik konum kontrol sisteminin durum-uzay modelini geliştirmeyi başarmışlar ve elde ettikleri bu modeli de esneklik modülüne uyarlayarak, silindirin her iki tarafındaki hacim değişimlerine bağlı olan varyasyonlarını dikkate alarak kontrol katsayılarını belirlemişler ve esneklik modülü sabit olan modelle karşılaştırma yapıp sistemin davranışı üzerine çalışmışlardır. Sistem davranışını, benzetim programı sonuçlarına bağlı olarak daha gerçekçi bir model geliştirebilmek için yorumlamışlardır[33]. Pfeiffer, hidrolik sistemleri için yeni bir modelleme geliştirmiş ve performansını geniş endüstriyel örnekler üzerinde çalışarak açıklamıştır[34]. Eyres ve diğerleri, birtakım olası modelleme yöntemleri ve bypass borulu hidrolik amortisörün dinamik davranışı üzerinde çalışmışlar, yay dinamiği ve akışkan sıkıştırılabilirliğini de sisteme dâhil ederek daha karışık bir model

türetilmiştir[35]. Sağırlı ve diğerleri, Bond Graph metodu ile hareket ettirilen teleskopik döner vinç tasarımının teorik modelini elde etmişler, silindirler içindeki akışkanın sıkıştırılabilirliği model içinde geliştirilmiştir[36]. Bonchis ve diğerleri elektrohidrolik sistemin konum kontrolü ve sürtünmenin doğrusal olmayan sistem üzerindeki etkileri üzerine çalışmışlardır[37]. Hidrolik sistemlerde silindirler, akışkan basıncını doğrusal harekete ve torka çeviren önemli yapı taşlarıdır. Son zamanlarda hidrolik silindirler elektronik olarak kontrol edilen oransal ve aç kapa vanalarla beraber yaygın olarak kullanılmaktadır. İstenen önemli fonksiyonlardan biri doğru ve hassas akım ve konum kontrolüdür.

Geliştirilen modern kontrol tekniklerine rağmen, yapısal olarak basit olan Pİ ve PID kontrolcüler savunma sanayide, endüstriyel binek araçlar ve ağır vasıta otomotiv üretiminde, endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir[38]. PI ve PID kontrol algoritmalarının farklı uygulamalarda sürekli kullanım alanı bulmasının ana nedenlerinden birisi de, PI ve PID kontrolcülerinin yapılarının analizi basit, performanslarının dayanıklı olması, kolay anlaşılabilmeleri, birçok farklı uygulamada kullanılabilir olması, neredeyse 70 yıldan uzun süredir kullanılıyor olması ve bu kontrolcüler ile ilgili çok miktarda deneyim ve bilinen ayarların bulunması sayılabilir[39, 40]. Söz konusu kontrolcülerle ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda, Kutlu ve Güner, asimetrik silindirli elektrohidrolik sistemde dijital bir PD ve bir bulanık mantık kontrol tekniği üzerinde çalışmışlar ve uygulamışlardır. Bu uygulama sonucunda, bulanık mantık kontrolünün sistem parametrelerindeki değişimlerine daha az hassas olduğunu gözlemlemişlerdir[41]. Kutlu ve Büyüksavcı, asimetrik hidrolik bir silindir, oransal yön vanası ve lineer optik kodlayıcıdan oluşan bir deney tesisatında klasik PD kontrol ve kayan rejimli kontrol (KRK) tekniklerini uygulamışlardır. Her iki kontrolde de konum kontrolü hatası ve konum kontrolü hatasının değişimi geri besleme değerleri olarak kullanılmış ve deneysel sonuçları aşma, yerleşme süresi ve kararlı hal hatası açısından değerlendirilmiştir[42]. Yurdakul, yaptığı bir çalışmada kendinden ayarlanabilen ve kutup atamalı PID kontrol yapısı üzerinde çalışmıştır. Deneysel uygulamalar laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar klasik PID ve diğer bazı PID kontrol metotları ile karşılaştırılmış, böylece kendinden ayarlamalı PID kontrolün avantajları ve dezavantajları üzerinde çalışılmıştır[43]. Liu ve Daley, elektrohidrolik sistemler için en uygun şekilde tasarlanmış bir PID kontrolcü modellemişlerdir. Değişken kontrol parametrelerinin ayarlanabilmesi için hesaplanan bir kontrol modeli tasarlanmıştır[44]. Çetin ve Akkaya, dört yollu, üç konumlu oransal vana tarafından sürülen asimetrik hidrolik silindirden oluşan hareket sisteminin tasarlanması ve

konum kontrolü tasarımı üzerinde çalışmışlardır. Hidrolik sistemin konum kontrolü için Hibrid Bulanık, PID kontrolcü ve buna bağlı kurallar önererek, bulanık mantık ve PID kontrolcüyü bir araya getirmişlerdir[45]. Bu çalışmada, oransal vana ile sürülen hidrolik konum kontrol sisteminin, sızıntı debilerinin de hesaba katıldığı doğrusal olmayan bir tasarım modeli oluşturularak, gerçeğe yakın benzetimi ve sonrasında PID kontrolü için parametre araştırması yapılmıştır.

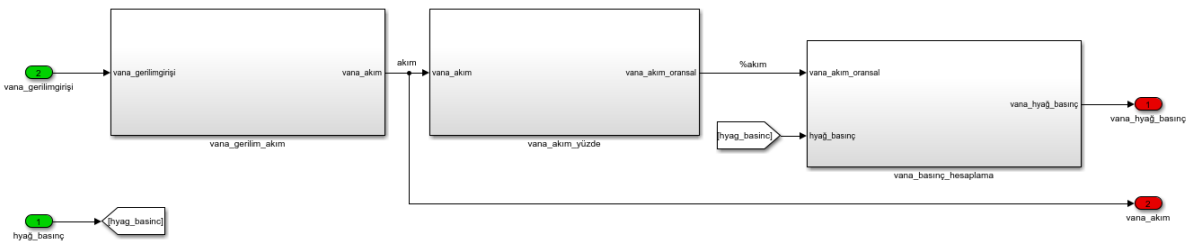
Ağır vasıta araçlarının günümüz teknolojisinde ortaya çıkan verimlilik, hassasiyet, gibi sorunların çözülebilmesi, askeri araçların tamamen yerli ve milli olması yolunda atılan adımlar, türk savunma sanayi için çok büyük önem teşkil etmektedir. Günümüz teknolojisi ve artan yerlilik ve millilik üzerine arge çalışmaları, türk savunma sanayi endüstrisinde kullanılan teknolojilerin sürekli yenilenmesi ve gereksinimlere bağlı olarak daha kısa zamanda daha verimli ve ihtiyaçlara daha hızlı cevap verebilen ağır vasıta araçlar üretimine fayda sağlamaya devam etmektedir. Bu tez çalışmasının amacı günümüz PID kontrol tekniklerini kullanarak otomatize edilmiş manuel şanzıman mimarisinin temel yapıtaşlarını oluşturan oransal vana ve piston tasarım modellerinin kontrolünü ve bu kontrol sonucunda hangi PID kontrol tekniğinin daha efektif olduğu konusundaki yorumlar, bu yorumların sonucunda ise bir sonraki çalışma konusu olan otomatize edilmiş manuel şanzıman mimarisinin akıllı kontrolcü ile kontrolü çalışmasını yapmaktır.

2 GENEL KISIMLAR

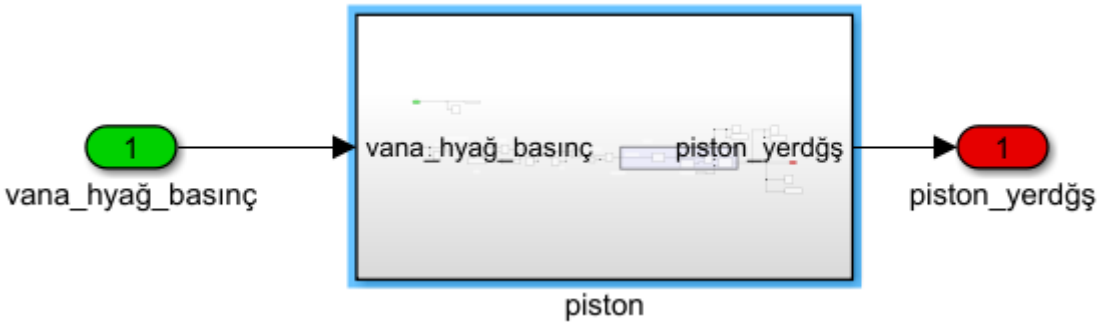
2.1 TASARIM MODELİ]

Farklı iletim türleri için birçok farklı iletim bileşeni topolojisi vardır. Bu tez çalışması, AMT tipi bir transmisyon bileşeni, bir vana ve bir piston üzerine odaklanmaktadır. AMT tipi transmisyon vanası için piston sistem modeli çok önemlidir, pistonların ne kadar açılıp kapanması gerektiğine karar vermek için direkt olarak çalışma prensibine izin veren 2 ana vana tipi (aç kapa, oransal) vardır. Ayrıca proje gereksinimlerine bağlı olarak vana açma-kapama vanası olarak çalışıyorsa, iletim sisteminin hassasiyeti konusunda büyük bir talep yoktur demektir. Bazı ağır hizmet tipi şanzıman türleri için sürüş hassasiyetinin öncelikli bir talebi yoktur. Binek araç tiplerinden farklı olarak, ağır vasıtalarda beklenen durum sürüş hassasiyetinden ziyade sistemin yüksek performansa ihtiyacıdır. Binek araçlarda sürüş konforu sistem isterlerinin büyük bir bölümünün temelini daha önemli olduğundan, ağır vasıtalarda beklenen şartlar geçerli değildir. Öte yandan oransal vana kullanmanın bazı avantajları vardır, en önemli avantajı oransal vanain kontrol edilebilmesidir. Özellikle akım kontrollü elektro-hidrolik vanaler için yüksek performans kontrolüne ihtiyaç duyulduğunda vanain kontrolü çok önemlidir.

Vana modeli oransal vana gibi davranır. Yani vana hidrolik yağ basıncını oransal olarak akım vasıtasıyla kontrol eder. Şekil 2.1 oransal vana tasarım modeli göstermektedir. Bu nedenle, bu tesis modeli, askeri savunma sisteminde ağır hizmet araçları için otomatik manuel şanzıman için mevcut kontrollü hidrolik yağ basıncına sahiptir. Şekil 2.2 piston tasarım modelini göstermektedir. Piston model, mevcut kontrollü hidrolik yağ basıncını alır ve bu basınç, pistonun hareket mesafesi uzunluğunu ayarlamasını sağlar.



Şekil 2.1 Oransal vana tasarım modeli



Şekil 2.2 Piston tasarım modeli

2.1.1 TASARIM MODELİ ÇALIŞMA PRENSİBİ

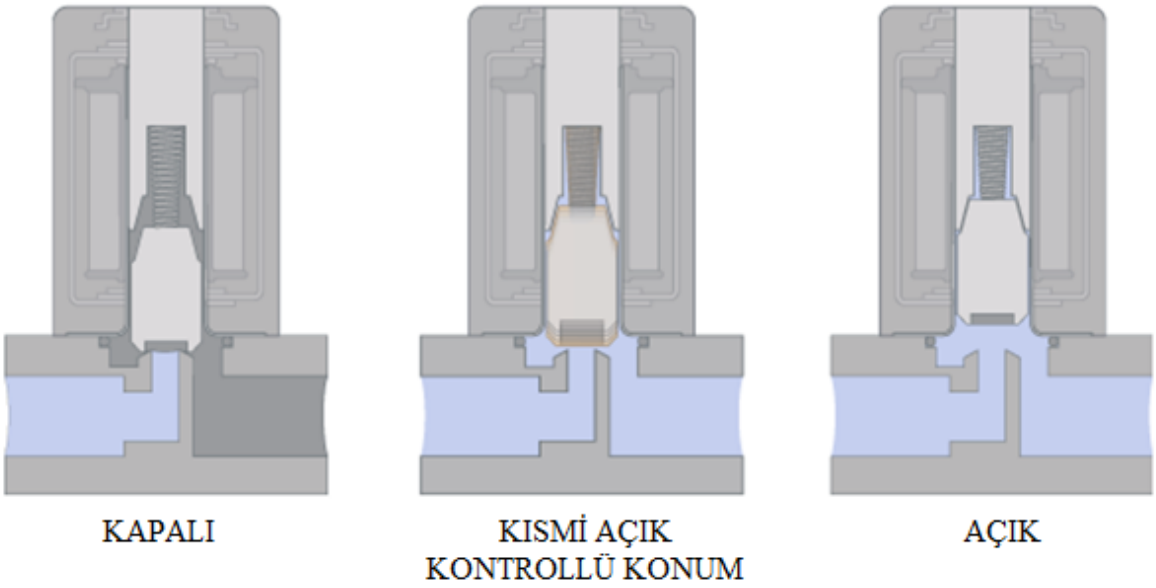
Bu tasarım enerjilendirilebilen, ayrı görevleri olan iki özdeş vananın akım çıktılarının sistemin hidrolik yağ basıncını kontrol ederek, kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vanalar sayesinde akım ile kontrol edilen hidrolik yağ basıncının ise pistonun yer değiştirmesini yani piston konum hareketini kontrol edebilmesi amacı ile tasarlanmış, devreye alınmış ve ağır vasıta savunma sanayi araçlarında aplikasyon kontrol yazılımı olarak hayata geçirilmiştir. Şekil 2.3, kontrol edilen pistonların bir örneğini göstermektedir. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston, mevcut kontrollü hidrolik yağ basıncını bar olarak alır, barı Pascal'a dönüştürür. (1) formülüyle kuvvete ulaşılır ve daha sonra (2) formülüyle ivme, ivme hızının integralinden ve ivmenin çift katlı integralinden hareket mesafesinin yer değiştirmesine ulaşılır.

$$F = P * A \qquad (1)$$

$$F = m * a \qquad (2)$$

1 kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem

kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olanpiston ve 2 kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olanvana tarafından kontrol edilir, birinci kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana, kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan pistonun vites büyütmesini kontrol eder ve ikinci kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana, kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan pistonun vites küçültmesini kontrol eder. Sonuç olarak, akım hidrolik yağ basıncını kontrol eder, kontrollü hidrolik yağ basıncı kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olanpiston hareket mesafesi istenen seviyede tutar.



Şekil 2.3 Kontrol edilebilen piston örneği

2.2 PID KONTROLÖR MODELİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ]

Üç temel kontrolör türü vardır; Aç- kapa, oransal ve PID. Kontrol edilecek sisteme bağlı olarak, tasarım süreci kontrol etmek için herhangi biri kullanılabilir. Konvansiyonel integral türev (PID) kontrolörü, sıcaklık, basınç, akış ve diğer proses değişkenlerini kontrol etmenin bir yolu olarak kullanılabilir. Adından da anlaşılacağı gibi, bir PID denetleyicisi, oransal kontrolü, ünitenin sistemdeki değişiklikleri otomatik olarak telafi etmesine yardımcı olan ek integral ve türev ayarlamaları ile birleştirir. Bir PID kontrolörünün amacı, geri beslemeyi bir ayar noktasıyla eşleşmeye zorlamaktır. PID kontrolörleri, nispeten küçük bir kütleye sahip olan ve sürece eklenen enerjideki değişikliklere hızlı tepki veren sistemlerde en iyi şekilde kullanılır. Yükün sıklıkla değiştiği ve ayar noktasındaki sık değişiklikler nedeniyle kontrolörün otomatik olarak kompanzasyon yapmasının beklendiği sistemlerde önerilir. Bir PID denetleyicisinin arkasındaki çalışma prensibi, oransal, integral ve türev terimlerinin ayrı ayrı ayarlanması gerektiğidir. Bu değerler arasındaki farka göre bir düzeltme faktörü hesaplanır ve girişe uygulanır. İşte üç adım:

a- Oransal ayar, farkla oransal bir hedefin düzeltilmesini içerir. Böylece hedef değere hiçbir zaman ulaşılamaz çünkü fark sıfıra yaklaştıkça uygulanan düzeltme de sıfıra yaklaşır.

b- İntegral ayarlama, düzeltme faktörünü artırmak için oransal "P" eyleminden kaynaklanan hata sonucunu etkin bir şekilde toplayarak bunu düzeltmeye çalışır. Ancak, hedefe ulaşıldığında

ısıtmayı durdurmak yerine, integral "I", kümülatif hatayı sıfıra indirmeye çalışır ve bu da bir aşım ile sonuçlanır.

c- Türevsel ayarlama, hedefe yaklaştıkça uygulanan düzeltme faktörünü yavaşlatarak bu aşımı en aza indirmeye çalışır.

2.3 KONVANSİYONEL PID KONTROLÖR MODELİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ]

PID ayarlayıcısı, PID kontrolör blokları için hızlı ve yaygın olarak uygulanabilir tek döngülü PID ayarlama yöntemi sağlar. Bu yöntemle, istenen yanıt süresine sahip sağlam bir tasarım elde etmek için kontrolör parametreleri ayarlanır. Konvansiyonel referans kontrolörü modeli Şekil 2.4'te verilmiştir.

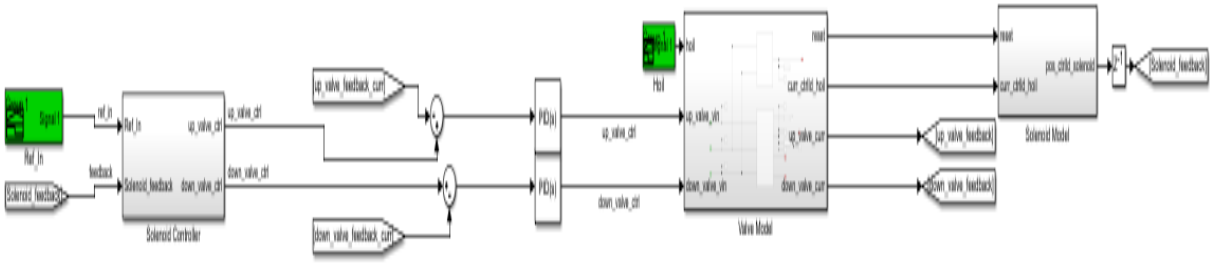


Şekil 2.4 Konvansiyonel PID Kontrolcü Modeli

PID kontrol yöntemi geri beslemeli kontrolcülerde en eski ve en çok kullanılan kontrol yöntemlerinin başında gelmektedir. Özellikle konvansiyonel PID kontrolcüler oldukça kolay kalibre edilebilen, sistem kullanıcıları tarafından kolaylıkla analizi yapılabilen, basit bir yapıya sahip olduklarından dolayı günümüze kadar birçok endüstriyel uygulamalarda kullanılmıştır. 1989 yılında işlem kontrol sistemleri üzerinde yapılan bir araştırmaya göre, kullanılan kontrol çevrimlerinin % 90' dan fazlası PID kontrolcüydü. Bu yaygın kullanım birçok araştırmacıyı PID kontrolcü tasarımı konusuna yönlendirmiştir. İki en yaygın PID kontrolcü tasarlama tekniği, nominal çalışma noktasında, oransal kontrol durumu için kapalı çevrim testleri ve basamak giriş testleri temeline dayalı teknikleri oluşturmaktadır. Bir PID kontrolcünün tasarımında amaç Kp, Kd, Ki (Oransal İntegral-Türev kazanç katsayıları) kazanç katsayılarının ayarlanması ve sistemde gerekli isterlere göre beklenen gerekli cevapların elde edilinceye kadar ayarlama yapılabiliyor olmasıdır. Yani çoğu defa PID tasarımı bir optimizasyon döngüsünce kontrol edilebilen bir süreç çerçevesinde gerçekleştirilir. [47]

Şekil 2.5. Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelini göstermektedir. Sistem tasarım modeli sarma önleyici (anti wind-up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinde olduğu gibi özdeş iki kontrol modeli tasarlanıp kontrol

tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vanadan oluşmakta olup, kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vanalardan biri kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan pistonun yukarıya doğru hareketinin kontrol edilebilmesi için, diğer kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana tasarımı ise kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan pistonun aşağıya doğru hareketinin kontrol edilebilmesi için tasarlanmıştır

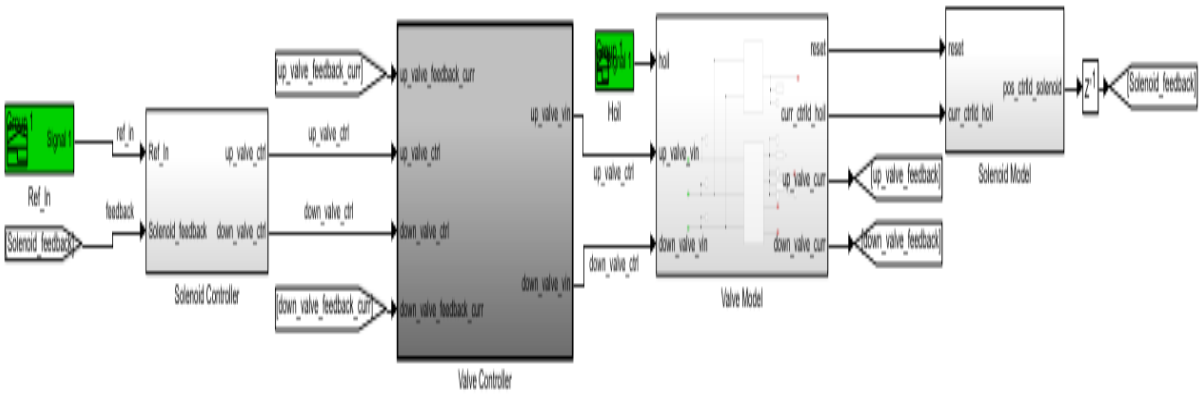


Şekil 2.5 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modeli

2.4 SARMA ÖNLEYİCİ (ANTI WIND UP) PID KONTROLÖR MODELİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ]

Şekil 2.6. Sarma önleyici (anti wind-up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modeli göstermektedir. Tasarım modeli iki vana ile oluşturulmuştur, biri pistonun yukarı kaydırması, diğeri pistonun aşağı kaydırması içindir. Yani özdeş iki kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vanadan biri kontrol modeli

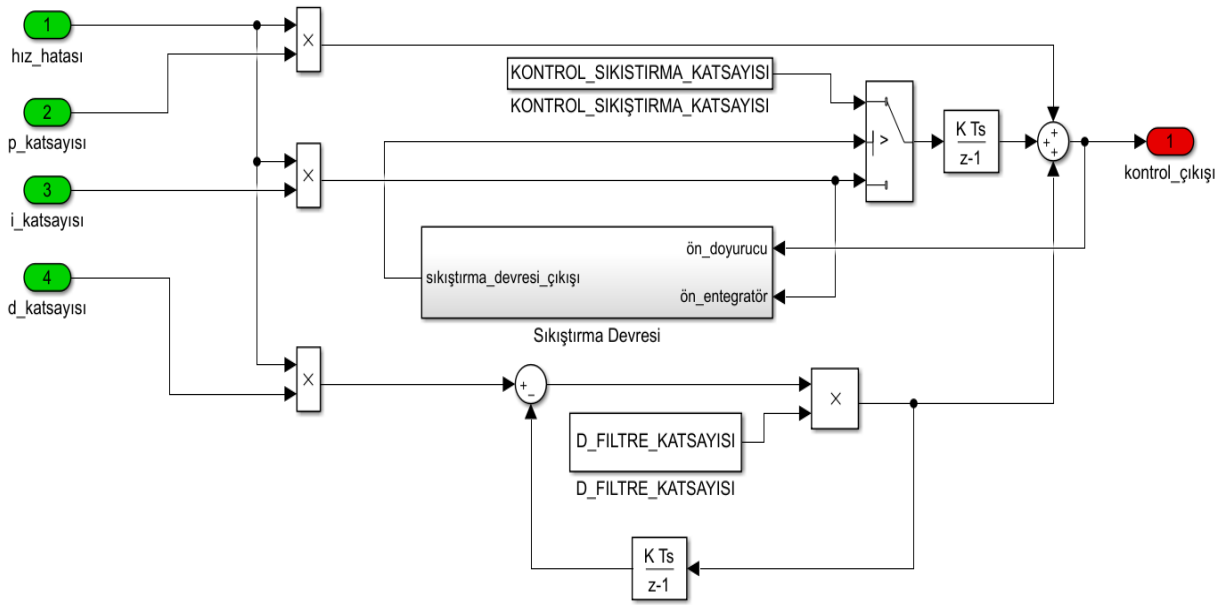
tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan pistonun yukarıya doğru hareketinin kontrol edilebilmesi için, diğeri kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana ise kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan pistonun aşağıya doğru hareketinin kontrol edilebilmesi için tasarlanmıştır



Şekil 2.6 Sarma önleyici PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modeli

Konvansiyonel PID kontrolünün hatayı yeniden hesaplama tekniği ile sarma-önleyici (anti-wind up) tekniğinin, artımlı algoritma ve geri hesaplama teknikleri karşılaştırıldığında sarma önleyici (anti-wind up) tekniğinin daha iyi referans izleme performansı sağladığını, kontrol eyleminin hesaplanmasında gürültülü ölçümlerin etkilerini dolayısı ile dalgalanmanın daha da azaltabildiğini ve böylece sonuç olarak ortaya da sistem isterleri göz önünde bulundurulacağı zaman referans inputunu izleyen kontrolcü outputuna göre daha efektif yani kontrolcü outputunun referans inputuna daha düşük kontrol ve işlem değişkenliğinde neredeyse tamamen oturduğu sonucunun çıktığını göstermektedir. [46]

Bu tez çalışması, anti-wind up ve konvansiyonel PID kontrol sonuçları ile PID denetleyicisi analiz edilmiştir. Şekil 2.7, sarmasız PID kontrolörü modelini açıklamaktadır (sıkıştırma devresi).



Şekil 2.7 Sıkıştırma Devresi ile PID Kontrolör Modeli

3 MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde 2 tasarım modeli üzerinde çalışılmış ve sonuçları ilerleyen bölümlerde anlatılmış olup bu tasarım modelleri savunma sanayi müsteşarlığından gelen sistem seviyesi isterlerinden kırılan tasarım seviyesi sistem isterlerine göre tasarlanmıştır. Tasarım seviyesi sistem isterlerine göre tasarlandıktan sonra prototip çalışmaları yapılmıştır. Prototip çalışmaları yapılırken önce aplikasyon kontrol yazılı MATLAB SIMULINK arayüzünde isterlerin karşılanması açısından yazılım testlerinden geçmiştir. Aplikasyon yazılımı, yazılım testlerinden geçtikten sonra gömülü yazılım ile haberleşmenin sağlanabilmesi için aplikasyon yazılım girdileri ve çıktıları gömülü sistem yazılım girdileri çıktıları ile entegre edilmiştir. Entegrasyonun tamamlanması tasarım seviyesi sistem isterlerine göre gerçekleştirilmiştir. Gömülü entegrasyon tamamlandıktan sonra elektronik kartın donanım ve yazılım testleri tekrar gerçekleşmiştir. Araç üzerinde test aşamasına gelindikten sonra sistem entegrasyonu ve araçları testleri de gerçekleştirilmiştir.

Tasarım seviyesi sistem isterlerine göre kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine karar verilmiştir. Bu karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana sistem modelinin 24V ile enerjilendirilebilmesi gerekmektedir. Ayrıca kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana sistem modelinin maksimum 1734 mA seviyesine kadar çıkması gerektiğine karar verilmiştir. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana sitem modelinin iki ayrı sistem modeli olarak tasarlanması planlanmıştır. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana sitem modelinin iki ayrı sistem modeli olarak tasarlanmasının planlanmasının nedeni iki yönlü pistonun karakteristik özelliğinden kaynaklanmaktadır. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin

karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston sistem modelinin iki yönlü olarak yukarı ya da aşağı şeklinde çalışması gerekmektedir. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston sistem modelinin iki yönlü yukarı ya da aşağı şeklinde çalışmasının nedenin piston boyunun maksimum 6000 mikrometre olması ile desteklenmektedir. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston sistem modelinin iki yönlü yukarı ya da aşağı şeklinde çalışarak maksimum konum seviyesine ulaşılabilip ulaşılamadığı üzerinde teknik modellemeler ve hesaplamalar yapılmıştır. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston sistem modelinin iki yönlü yukarı ya da aşağı şeklinde çalışarak maksimum konum seviyesine ulaşılabilip ulaşılamadığı üzerinde teknik modellemeler yapılması yapıldıktan sonra piston boyunun durumuna göre vites geçişi üzerinde yapılması planlanan gelecek çalışmalar üzerinde fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Akım üreteci karakteristik özelliğine sahip bir sistem modellemesi.ile çalışan yani enerjilendirilebilen ve ürettiği akım ile hidrolik yağ basıncını kontrol edebilmesi beklenen oransal vana modelleri, PID sarma-önleyici kontrolör tekniği ve konvansiyonel PID kontrolör tekniği kullanılarak kontrol edilmiştir. Akım üreteci karakteristik özelliğine sahip bir sistem modellemesi.ile çalışan yani enerjilendirilebilen ve ürettiği akım ile hidrolik yağ basıncını kontrol edebilmesi beklenen oransal vana modelleri, PID sarma-önleyici kontrolör tekniği ve konvansiyonel PID kontrolör tekniği kullanılarak kontrol edildikten sonraki analiz çalışmaları tamamlanmıştır. PID sarma-önleyici kontrolör tekniği ve konvansiyonel PID kontrolör tekniği kullanılarak kontrol edilmiştir. Akım üreteci karakteristik özelliğine sahip bir sistem modellemesi.ile çalışan yani enerjilendirilebilen ve ürettiği akım ile hidrolik yağ basıncını kontrol edebilmesi beklenen oransal vana modelleri, PID sarma-önleyici kontrolör tekniği ve konvansiyonel PID kontrolör tekniği kullanılarak kontrol edildikten sonraki analiz çalışmaları tamamlandıktan sonra sonuçlar bu tez çalışmasında gösterilmiştir.

Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana sitem modelinin ve piston modelinin kontrolü konusunda yapılan ön çalışmalardan sonra, iki farklı kontrolcü tasarım modellemesi yapılmasına karar verilmiştir. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana sitem modelinin ve piston sistem modelinin kontrolü konusunda yapılan ön çalışmalardan sonra, iki farklı kontrolcü tasarım modellemesi yapılmasına karar verildikten sonra bu kontrol modellerinden Konvansiyonel PID kontrol denetleyicisi ve sarma önleyici (anti wind up) kontrol denetleyicisi ile kontrol tasarım modellerinin tasarlanmasına karar verilmiştir.

Simulink, MATLAB programının grafiksel tasarım, simülasyon ve dinamik sistemlerin analizini yapan bir algoritma yazılım ve modelleme arayüzüdür. Karmaşık sistemlerin tasarlanması ve simülasyonu olanağı vermektedir. Sistemlerin tasarımında büyük oranda bilgisayar simülasyonlarından faydalanılmakta, tasarımın test aşamaları da bilgisayarlar yardımıyla yapılmaktadır. Bu da prototiplere olan ihtiyacı azaltarak maliyetlerin büyük oranda düşmesini sağlamaktadır. Günümüzde mühendislik alanında en çok kullanılan programlardan birisi MATLAB' dır. Simulink geniş bir tasarım arayüz kütüphanesini içermektedir. [48].

4 BULGULAR

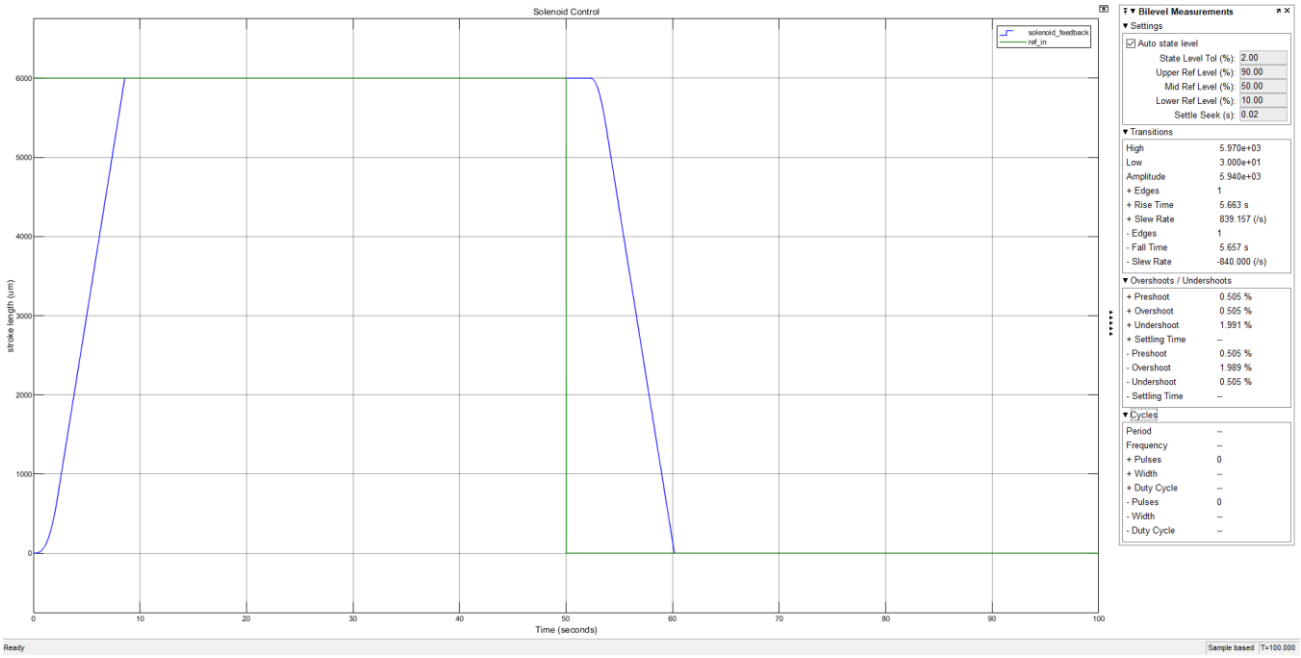
4.1 PID İLE KONTROL – SARMA ÖNLEYİCİ TASARIM SONUÇLARI

Bu bölümde sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modeli kontrolünün sonuçları anlatılmaktadır. Aynı zamanda her bir sistem tasarım kontrol sonuçları referans girdileri ve sistemin tepkisi ile kontrol edilen sistem tepkileri arasındaki açıklamalar tasarım sonuçları ile birlikte açıklanmaktadır. Her bir sistem modelinin yani kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston modeli ile kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana modelinin farklı kontrolcüler ile kontrol edildikten sonraki sistem tepkileri değerlendirilmektedir.

4.1.1 PİSTON KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI

Şekil 4.1 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin piston kontrolünün sonucunu göstermektedir. Kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston referans girdisi maksimum 6000 mikrometre olan pistonun, akım ile kontrol edilen hidrolik vanaların hidrolik yağ basıncı çıktısı ile kontrol edilen piston konum kontrolü şekil 4.1’de de görüldüğü gibi beklenilen konum seviyesine oturmuştur, konvansiyonel PID kontrolcüsüne göre kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan pistonun başlangıç konumuna gelişinde dalgalanma oldukça düşüktür. Böylelikle Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsünün konvansiyonel PID ile kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı

gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston tasarım modeline göre sistem isterlerinden önemli bir kriter olan dalgalanma seviyesinin düşüklüğü açısından daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

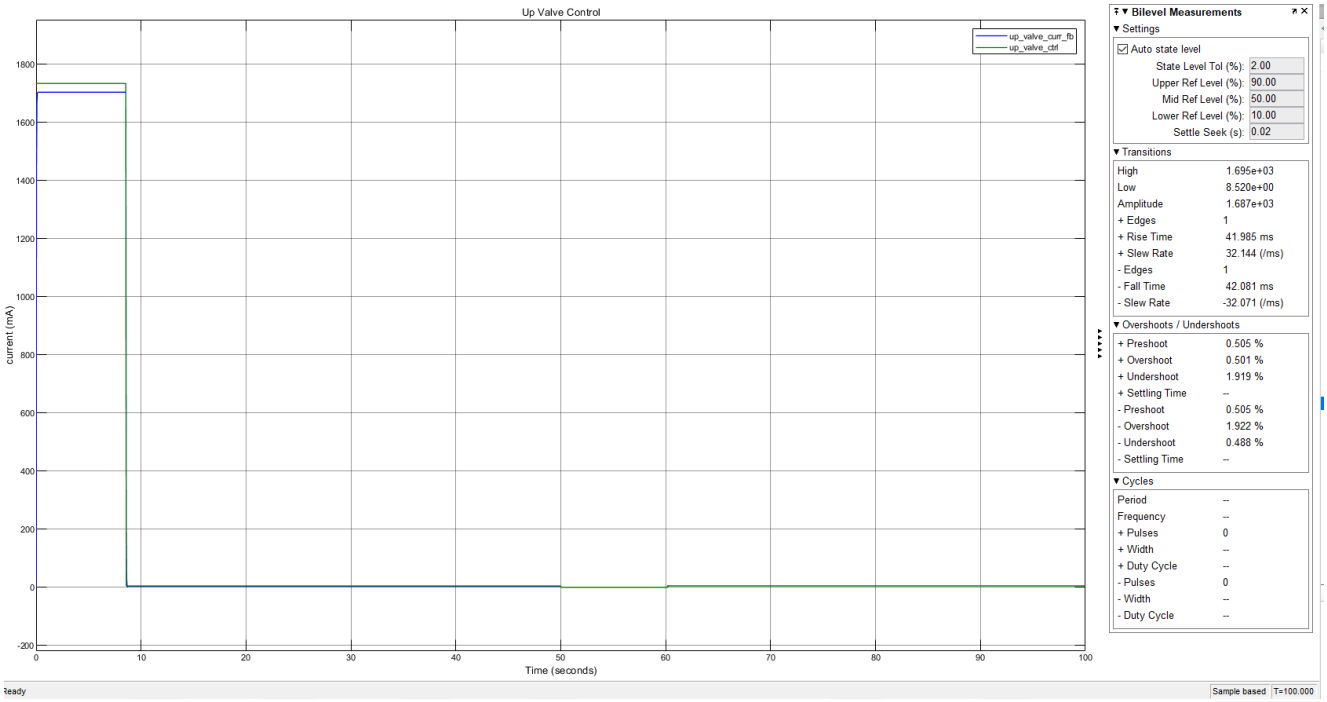


Şekil 4.1 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin piston kontrolünün sonucu

4.1.2 YUKARI İTEN VANA KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI

Şekil 4.2 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten vana kontrolünün sonucunu göstermektedir. Kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana referans girdisi maksimum 1734 mA olan akım ile kontrol edilen hidrolik yukarı iten kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana şekil 4.2'de da görüldüğü gibi beklenilen akım seviyesine neredeyse oturmuştur, konvansiyonel PID kontrolcüsüne göre yukarı iten vananın başlangıç akım seviyesine gelişinde

dalgalanma oldukça düşüktür. Böylelikle Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsünün konvansiyonel PID ile kontrol edilen yukarı iten vanayı kontrol tasarım modeline göre sistem isterlerinden önemli bir kriter olan dalgalanma seviyesinin düşüklüğü açısından daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

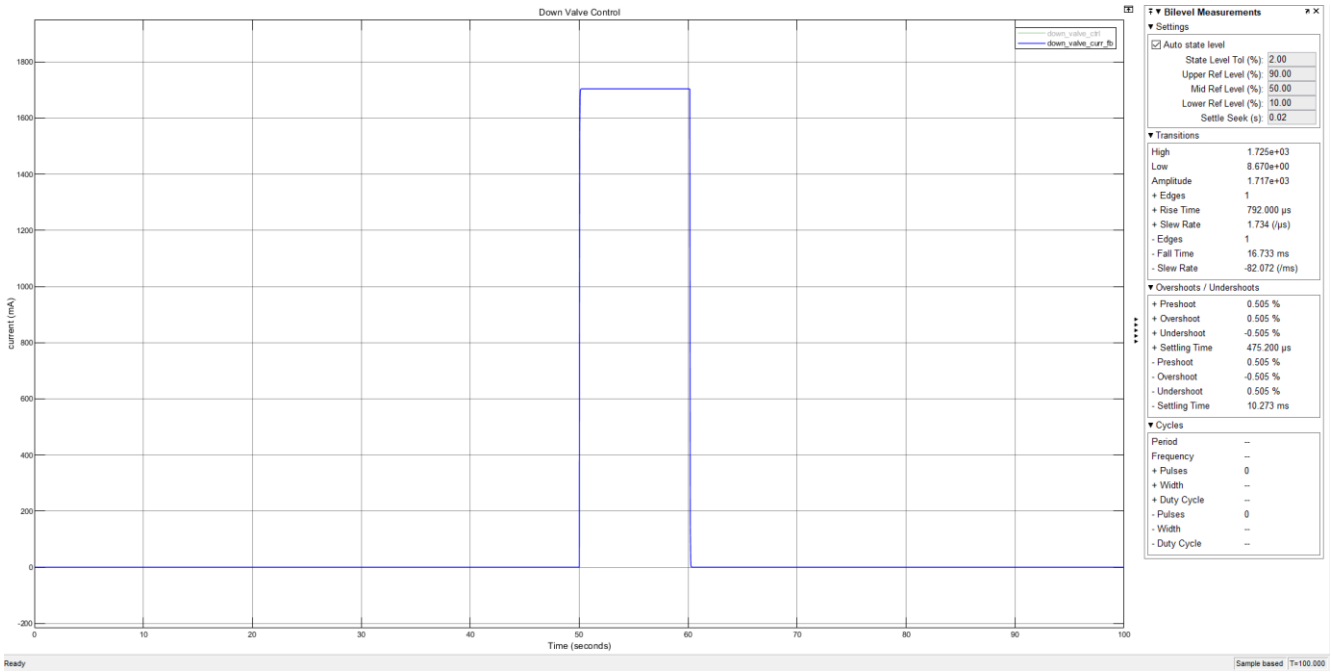


Şekil 4.2 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten vana kontrolünün sonucu

4.1.3 AŞAĞI İTEN VANA KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI

Şekil 10 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolünün sonucunu göstermektedir. Kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana referans girdisi maksimum 1734 mA olan akım ile kontrol edilen hidrolik yukarı iten kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana şekil 4.3'te de görüldüğü gibi beklenilen akım seviyesine oturmuştur, konvansiyonel PID kontrolcüsüne göre yukarı iten vananın başlangıç akım seviyesine gelişinde dalgalanma

oldukça düşüktür. Böylelikle Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsünün konvansiyonel PID ile kontrol edilen yukarı iten kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vanayı kontrol tasarım modeline göre sistem isterlerinden önemli bir kriter olan dalgalanma seviyesinin düşüklüğü açısından daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.3 Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolünün sonucu

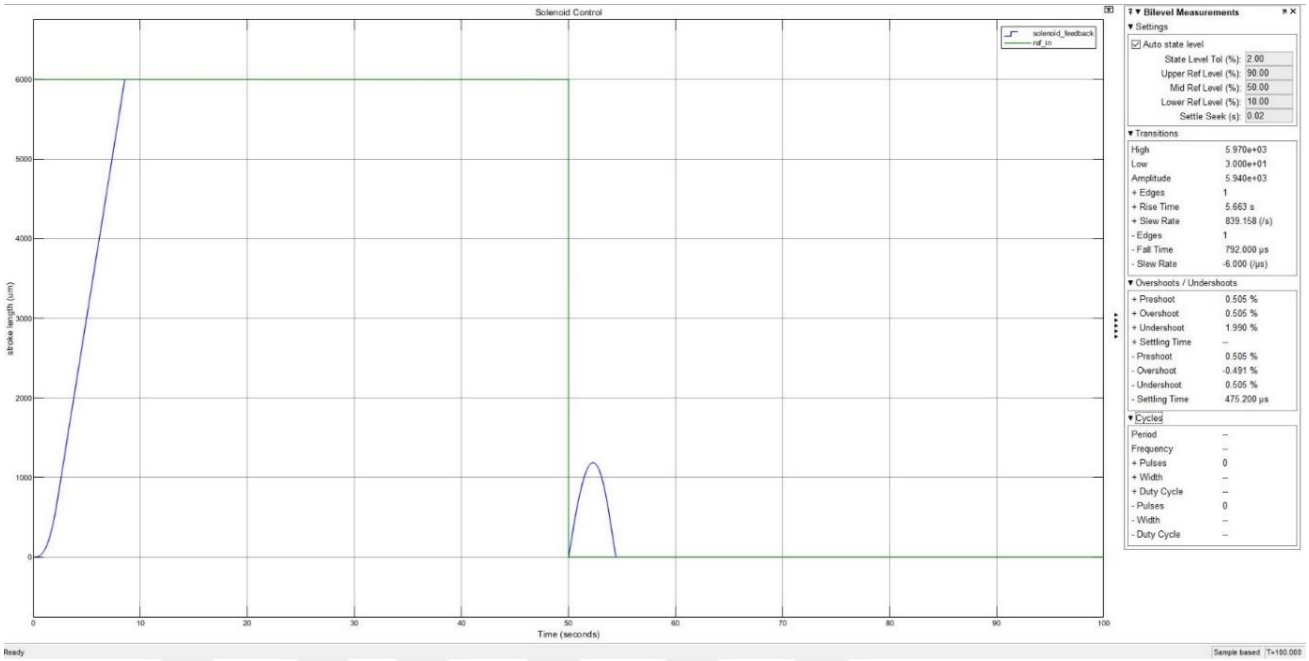
4.2 PID İLE KONTROL – KONVANSİYONEL TASARIM SONUÇLARI

Bu bölümde konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modeli kontrolünün sonuçları anlatılmaktadır. Aynı zamanda her bir sistem tasarım kontrol sonuçları referans girdileri ve sistemin tepkisi ile kontrol edilen sistem tepkileri arasındaki açıklamalar tasarım sonuçları ile birlikte açıklanmaktadır. Her bir sistem modelinin yani kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin

karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana ve piston modellerinin farklı kontrolcüler ile kontrol edildikten sonraki sistem tepkileri değerlendirilmektedir.

4.2.1 PİSTON KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI

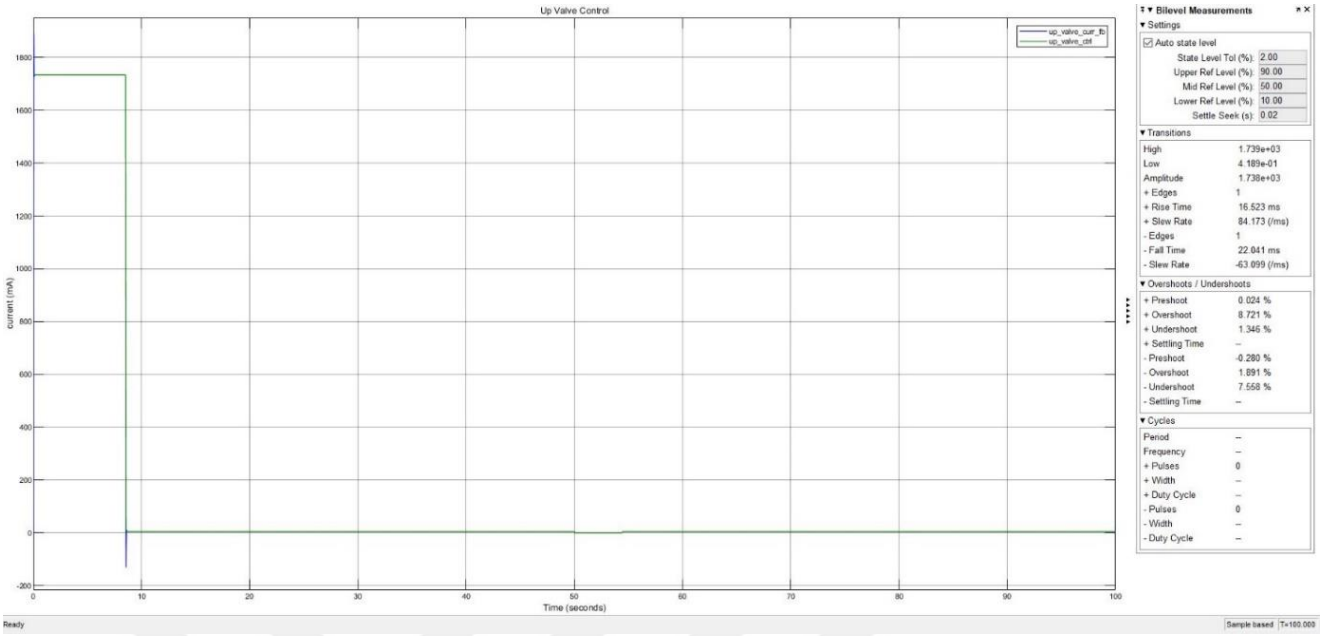
Şekil 4.4 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin piston kontrolünün sonucunu göstermektedir. Kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston referans girdisi maksimum 6000 mikrometre olan pistonun, akım ile kontrol edilen hidrolik vanaların hidrolik yağ basıncı çıktısı ile kontrol edilen piston konum kontrolü şekil 4.4'de de görüldüğü gibi beklenilen konum seviyesine oturmuştur, Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsüne göre pistonun başlangıç konumuna gelişinde dalgalanma gözlenmektedir. Böylelikle Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsünün konvansiyonel PID ile kontrol edilen kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan piston tasarım modeline göre sistem isterlerinden önemli bir kriter olan dalgalanma seviyesinin düşüklüğü açısından daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.4 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin piston kontrolünün sonucu

4.2.2 YUKARI İTEN VANA KONTROLÜ TASARIM SONUÇLARI

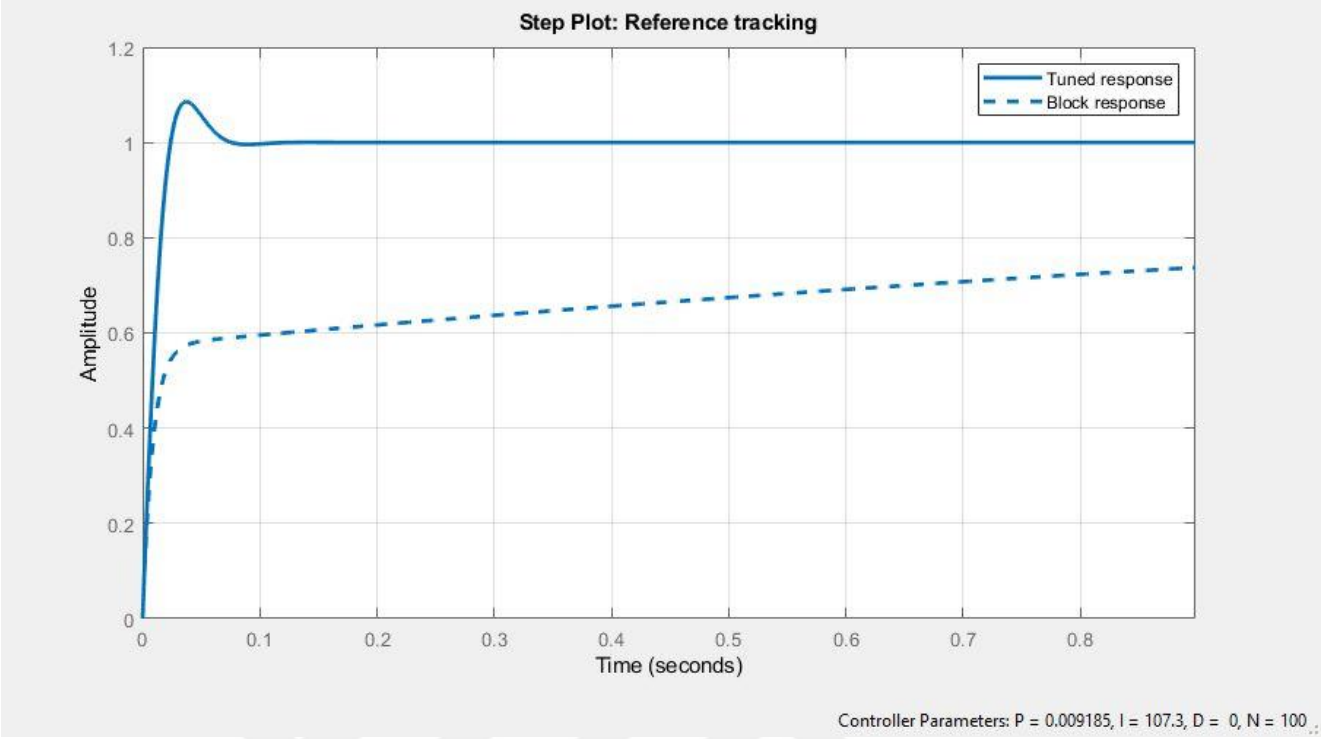
Şekil 4.5 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten vana kontrolünün sonucunu göstermektedir. Kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana referans girdisi maksimum 1734 mA olan akım ile kontrol edilen hidrolik yukarı iten kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana şekil 4.5'te de görüldüğü gibi beklenilen akım seviyesine neredeyse oturmuştur, sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsüne göre yukarı iten vananın başlangıç konumuna gelişinde dalgalanma gözlenmektedir. Böylelikle Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsünün konvansiyonel PID ile kontrol edilen yukarı iten vanayı kontrol tasarım modeline göre sistem isterlerinden önemli bir kriter olan dalgalanma seviyesinin düşüklüğü açısından daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.5 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten vana kontrolünün sonucu

4.2.3 YUKARI İTEN VANA, AYARLANMIŞ PID TASARIM SONUÇLARI

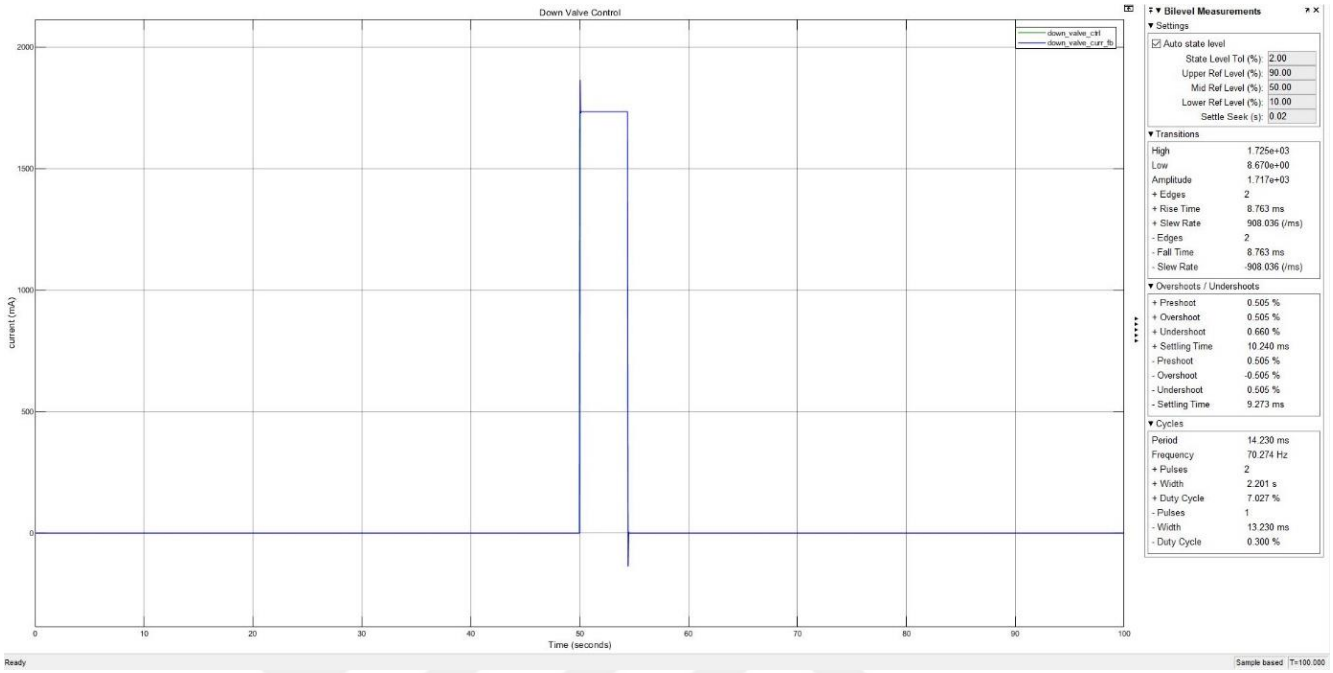
Şekil 4.6 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana kontrolcüsünün ayarlanmış sistem cevabını içeren P, I ve D kontrolcü katsayılarını göstermektedir. Şekil 4.6'da da görüldüğü gibi ayarlanmış P,I ve D katsayıları ile kontrol konvansiyonel PID kontrolcü tekniği kullanılarak kontrol edilen sistemde beklenilen akım seviyesine neredeyse oturmuştur, sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsüne göre yukarı iten vananın başlangıç konumuna gelişinde dalgalanma gözlenmektedir. Böylelikle Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsünün konvansiyonel PID ile kontrol edilen yukarı iten vanayı kontrol tasarım modeline göre sistem isterlerinden önemli bir kriter olan dalgalanma seviyesinin düşüklüğü açısından daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.6 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin yukarı iten vana kontrolcüsünün ayarlanmış P, I ve D kontrolcü katsayıları sonucu

4.2.4 AŞAĞI İTEN VANA KONTROLÜ SONUÇLARI TASARIM SONUÇLARI

Şekil 4.7 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolünün sonucunu göstermektedir. Kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vana referans girdisi maksimum 1734 mA olan akım ile kontrol edilen hidrolik aşağı iten vana şekil 4.7'de de görüldüğü gibi beklenilen akım seviyesine neredeyse oturmuştur, sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsüne göre yukarı iten vananın başlangıç konumuna gelişinde negatif dalgalanma gözlenmektedir. Böylelikle Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsünün konvansiyonel PID ile kontrol edilen aşağı iten kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vanayı kontrol tasarım modeline göre sistem isterlerinden önemli bir kriter olan dalgalanma seviyesinin düşüklüğü açısından daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

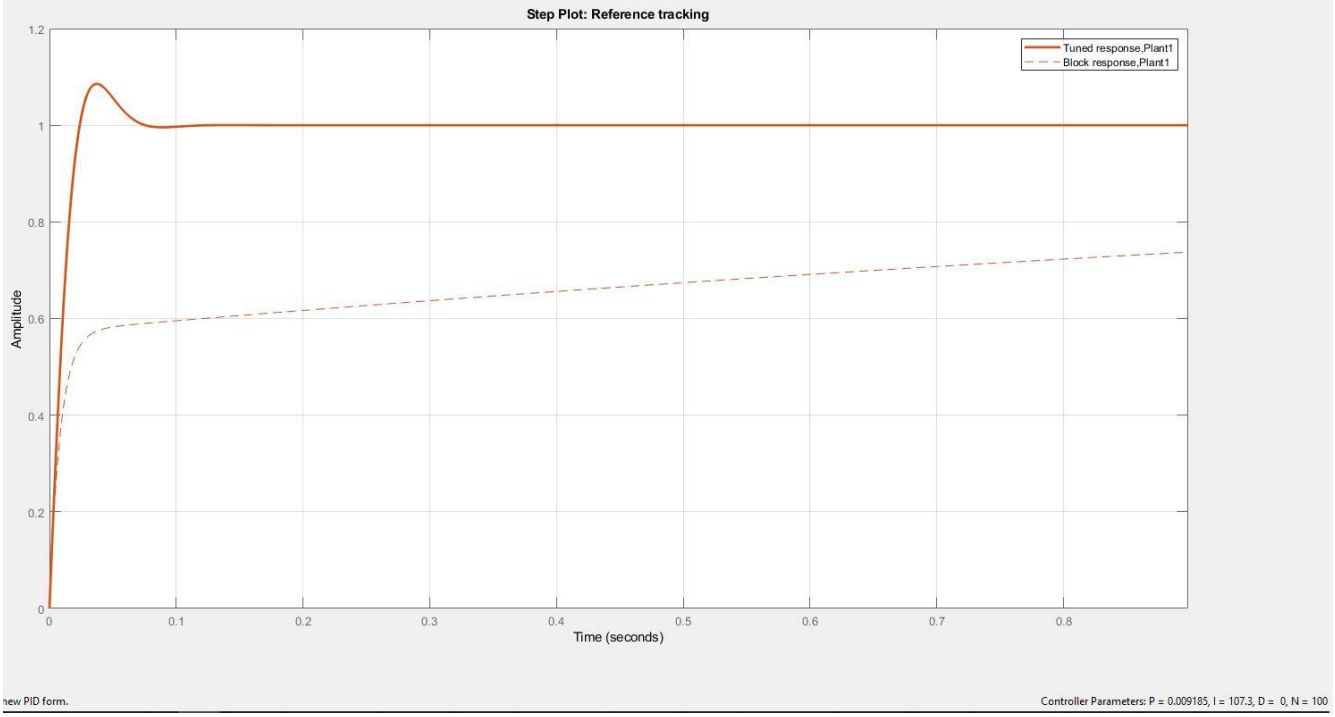


Şekil 4.7 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolünün sonucu

4.2.5 AŞAĞI İTEN VANA, AYARLANMIŞ PID TASARIM SONUÇLARI

Şekil 4.8 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolcüsünün ayarlanmış sistem cevabını içeren P, I ve D kontrolcü katsayılarını göstermektedir. Şekil 4.8'de de görüldüğü gibi ayarlanmış P,I ve D katsayıları ile kontrol konvansiyonel PID kontrolcü tekniği kullanılarak kontrol edilen sistemde beklenilen akım seviyesine neredeyse oturmuştur, sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsüne göre aşağı iten kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vananın başlangıç konumuna gelişinde dalgalanma gözlenmektedir. Böylelikle Sarma önleyici (Anti Wind-Up) PID kontrolcüsünün konvansiyonel PID ile kontrol edilen aşağı iten kontrol edilen kontrol modeli tasarlanıp kontrol tasarımı gerçekleştirilecek olan sistem modellerinin karakteristik özelliklerine göre alınan karar doğrultusunda aplikasyon yazılımında sistem kontrolü üzerinde yapılacak olan çalışma ışığında tasarlanacak olan ve sonuçta elde edilecek olan vanayı kontrol tasarım modeline göre sistem isterlerinden önemli bir

kriter olan dalgalanma seviyesinin düşüklüğü açısından daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.8 Konvansiyonel PID kontrolcüleri ile kontrolcü ve sistem tasarım modelinin aşağı iten vana kontrolcüsünün ayarlanmış P, I ve D kontrolcü katsayıları sonucu

5 TARTIŞMA VE SONUÇ

Hidrolik ve elektronik sistemlerin bir araya gelmesi ile oluşan elektrohidrolik sistemlerin endüstrinin pek çok alanında yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Söz konusu sistemlerden özellikle otomotiv sektörü ve savunma sanayi ağır vasıta araçlar için elektronik sistem özelinde beklenen en önemli fonksiyonlar efektif ve hassas akım ve konum kontrolünü sağlamak üzerinedir. Elektrohidrolik sistemler, son yıllarda geliştirilen, elektronik olarak kontrol edilen aç-kapa, oransal vanalar ve pistonlar ile birlikte kullanılmaktadır. Elbette doğru ve hassas akım ve konum kontrolü için uygun bir kontrol stratejisi kullanmak gerekmektedir. Geliştirilen akıllı kontrol tekniklerine rağmen, yapılarının basit ve kolay analiz edilebilir, performanslarının ağır hizmet araçlarının çalışma prensibine bağlı olarak dayanıklı olması gibi nedenlerle PID kontrolcüler hala endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Bu çalışmada, ilk olarak elektrohidrolik sistemlerin geçmişten günümüze gelen ihtiyaçlarından kaynaklanan akıllı kontrol tekniklerinin gelişme ihtiyaçlarına doğrudan ya da dolaylı olarak katkısı olan bilim insanlarından ve bu bilim insanlarının akıllı kontrol teknikleri ile ilgili yaptıkları çalışmalardan bahsedilmiştir. Ayrıca elektrohidrolik sistemlerin tasarımları ve bu sistemlerin akıllı kontrol teknikleri kullanılarak kontrolleri ile ilgili temel kavramlardan bahsedilmiştir. Doğrusal olmayan modellerin tasarımlarından ve bu modellerin sistem isterleri doğrultusunda akım ve konum kontrolü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen doğrusal olmayan matematik modeller MATLAB Simulink'te tasarlanmıştır. Son olarak, tasarlanan modele farklı PID kontrol algoritma teknikleri uygulanarak kapalı çevirim kontrol sistemi oluşturulmuş ve farklı PID katsayıları için parametre iyileştirilmesi yapılmıştır ve sistem çıktıları analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yukarıda, ilgili bölümlerde anlatılmaktadır.

Globalde hızla gelişen teknoloji ile birlikte ülkemizde de özellikle savunma sanayi sektöründe ARGE faaliyetleri yükselen bir ivme ile devam etmektedir. Türkiye'de savunma sanayiide özellikle Türk Silahlı kuvvetlerinden gelen isterler doğrultusunda yerli ve milli araç üretimi konusunda çok ciddi mali yatırımlar bulunmaktadır. Bu yatırımların ışığında birçok arge faaliyetleri ağır vasıta hizmet araçları üzerinde yapılmaktadır. Bu bağlamda özet kısmında da bahsedilen ağır vasıta projeleri; ARMA Zırhlı Muharebe Aracı, ALTAY Milli Tankı, KİRPİ, COBRA Zırhlı Tekerlekli Araç, PARS Zırhlı Muharebe Aracı vb. şeklinde devam etmektedir. Çoğu yüzde 100 Türk mühendislik tasarımına sahiptir. Türk savunma sanayisine yapılan

yatırım, yakın gelecekte tüm ağır hizmet askeri araçlarının tamamen yerli mühendislik tasarımlarına ait olması sonucunu doğuracaktır. Bu çalışmanın amacı, farklı şanzıman sistemlerine sahip ağır hizmet araçlarından biri olan savunma sanayii için tasarlanmış bir ağır hizmet aracının kullanacağı AMT şanzıman yazılım ve kontrol sisteminin uygulama yazılımına ve kontrolüne farklı bir bakış açısı sunmaktır. Özellikle ağır hizmet araçlarında yerli ve milli tasarımlar üzerine yapılan teknik çalışmalar ve bu çalışmaların devreye alınması sürecinin kapsadığı, tasarım modellerin kontrol edilmesi için ve kontrol modelinin modellenmesi ve analizi için kullanılan birçok uygulama yazılım programı bulunmaktadır.

Bu tez çalışması savunma sanayinde kullanılması planlanan ve hãla ARGE faaliyetleri devam eden bir takım ağır vasıta hizmet araçlarının AMT mimarisinin kapsadığı transmisyon bileşeninin yapıtaşlarını oluşturan enerjilendirilebilen elektrohidrolik tasarım modellerinin modellenmesi ve gelişen farklı kontrol tekniklerine dayanarak bu yapıtaşlarının farklı kontrolcüler ile kontrol edilip, sonuçlarının analiz edilmesine odaklanmaktadır.

Bu tez çalışması, ağır hizmet araçlarının şanzıman modellenmesinde kullanılan bileşenlerden bir kaçını tanıtmaktadır. İkinci olarak, bu tez çalışması, bu bileşenlerin tasarım modelini açıklamak ve bu modeli kontrol etmek için modellenmiş PID kontrolörlere odaklanmaktadır. Üçüncü olarak, bu PID kontrolörlerinden biri olan konvansiyonel kontrolör açıklanıp tasarım mimarisi üzerinde yapılan çalışmalar açıklanmaktadır. Dördüncü olarak, bu PID kontrolörlerinden biri olan anti wind up kontrolörü açıklanıp tasarım mimarisi üzerinde yapılan çalışmalar açıklanmaktadır. Sonrasında ise iki farklı kontrolörün tasarım modelleri üzerindeki kontrol edilen sonuçları alınıp, bu sonuçların analizi yapılmaktadır. Böylelikle bu ağır iş bileşeninin çıktıları açıklanmaktadır.

Açıklanan çıktılar doğrultusundaki analizlere göre yakın gelecekte tasarımı ve prototipi üzerinde çalışmalara yapılacak olan AMT mimarisini oluşturan diğer bileşenler de gelecek çalışması olarak hedeflenmektedir. Bu tez çalışmasında gelecekteki çalışmalar için, bir bütün AMT modeli olarak diğer şanzıman bileşenleri; akım ile hidrolik yağ basıncını kontrol edebilen vanalar, ve pistonun efektif yer değiştirme kontrolü çalışması sayesinde her bir piston için 2 vites geçişi tasarımı, ayrıca manuel vites tasarımı için de vites değiştirme modelleri farklı kontrol teknikleri kullanılarak tasarlanması ve kontrol edilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda bu tez çalışmasının sonucu olarak en efektif kontrol tekniği olan Sarma Önleyici tekniği ile Anti Wind-Up PID kontrolcüsünün kullanılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Balcı, H. (2013). Determination of Technology Transfer Method Selection Criteria for Defense Industry and Selection of Appropriate Method with AHP Technique, (Unpublished Master's Thesis), T.C. Turkish Military Academy Defense Sciences Institute, Ankara.

[2] Ersnt&Young, Türkiye ve Dünyada, Savunma Sanayi Sektörü, http://www.vergidegundem.com/tr/c/document_library/get_file?uuid=03b1d7cc-107- 41a1-a1ca-70239263dc4f, Erişim tarihi: 10.04.2018.

[3] Baran,T 20.12.2018, "INVESTIGATION OF DEFENSE INDUSTRY IN TURKEY AND EVALUATION OF THE EFFECTS OF DEFENSE INDUSTRY SPENDING ON THE ECONOMY", https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/599833

[4] Baran,T 20.12.2018, "INVESTIGATION OF DEFENSE INDUSTRY IN TURKEY AND EVALUATION OF THE EFFECTS OF DEFENSE INDUSTRY SPENDING ON THE ECONOMY",https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/599833

[5] Balcı, H. (2013). Determination of Technology Transfer Method Selection Criteria for Defense Industry and Selection of Appropriate Method with AHP Technique, (Unpublished Master's Thesis), T.C. Turkish Military Academy Defense Sciences Institute, Ankara.

[6] İ. İstif, K .Kutlu, "Oransal Vana Kontrollü Hidrolik Silindir Sisteminin Konum Kontrolü", İTÜ Dergisi/d Mühendislik Cilt:3, Sayı:2-3-4-5, 77-86, Ekim/2004.

[7] M. Kalyoncu, M. Haydim, "Mathematical Modelling and Fuzzy Logic Based Position Control of an Electrohydraulic Servosystem With İnternal Leakage", Mechatronics 19 (2009) 847–858, 2009.

[8] B. F. Öztaşkın, "Elektrohidrolik Sistemler ve Tasarım Kriterleri", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007.

[9] J. Zeb, “Mathematical modeling of a position control electrohydraulic servosystem”, In: Second international Bhurban conference on applied sciences and technology, pp. 564–574. 2003

[10] R. Schidl, B. Manhartsgruber, “On the dynamic behavior of servo-hydraulic applied to hydraulic drivers”, Nonlinear Dynam 1998;17:247–68, 1998.

[11] E. Deticek, “A fuzzy self-learning position control of hydraulic drive. Cybernet Syst.”, Cybernet Syst: Int J 2000;31:821–36, 2000.

[12] E. Jones, A. Dopson, “Roskilly AP. Design of a reduced-rule self organizing fuzzy logic controller for water hydraulic applications” Proc. Inst. Mech. Eng.2000; 214:371–8, 2000

[13] M. Karpenko, N. Sepehri, “Robust position control of an electrohydraulic actuator with a faulty actuator piston seal” J. Dynam. Syst. Measure Control 2003;125(3):413–23, 2003.

[14] SY. Lee, HS. Cho. “A fuzzy controller for an electrohydraulic fin actuator using phase plane method” Control Eng. Pract. 2003;11(6):697–708, 2003.

[15] MY. Kim, C. Lee. “An experimental study on the optimization of controller gains for an electrohydraulic servo system using evolution strategies.” Control Eng. Pract. 2006;14(2):137–47, 2006.

[16] J. Shao. L. Chen, Y. Ji, Z. Sun, “The application of fuzzy control strategy in electrohydraulic servo system” In: IEEE international symposium on communications and information technology, Iscit 2005, vol. 1, pp. 165–170 2005.

[17] Q. Zhang, D.R. Meinhold, JJ. Krone, “Valve transform fuzzy tuning algorithm for open-centre electrohydraulic systems” J. Agric. Eng. Res. 1999;73:331–9 1999.

[18] S. O. Chang, J.K. Lee, “The design of a real-time simulator on the hydraulic servo system” Int. J. Korean Soc. Precision Eng. 2003;4(1):9–14, 2003.

[19] B. Eryılmaz, , B.H. Wilson, “Modeling the internal leakage of hydraulic servo valves” In: Proceedings of the ASME dynamic systems and control division, ASME international mechanical engineering congress and exposition, DSC 69.1, pp. 337–343, 2000.

[20] M. Mihajlov, V Nikolic, D. Antic, “Position control of an electrohydraulic servo system using sliding mode control enhanced by fuzzy PI controller” Facta Universitatis, Series: Mech. Eng 2002;1(9):1217–30, 2002.

[21] H. Li, S. Xiong, “Fuzzy internal model control for electrohydraulic servo system.” In: Proceedings of the 27th Chinese control conference, Kunming, Yunnan, China, July 16–18, pp. 372–376, 2008.

[22] M. R. Becan., “Fuzzy boundary layer solution to nonlinear hydraulicposition control problem” World Enformatika Society, Enformatika V5. Transactions on Engineering, Computing and Technology V5, Istanbul, pp.206–209, 2005.

[23] B. Eryılmaz, BH. Wilson, “Combining leakage and orifice flows in a hydraulic servovalve model. J. Dynam. Syst. Measur. Control 2000;122:576–9, 2000.

[24] M. Karpenko, N. Sepehri, “Fault-tolerant control of a servohydraulic positioning system with crossport leakage” IEEE Trans Control Syst. Tech. 2005;13(1):155–61, 2005.

[25] L. An, N. Sepehri, “Leakage fault identification in a hydraulic positioning system using extended Kalman Filter” In: Proceeding of the 2004 American control conference, Boston, Massachusetts, June 30–July 2, pp. 3088–3093, 2004.

[26] G.K. Nikas, R.S. Sayles, “Study of leakage and friction of flexible seals for steady motion via a numerical approximation method.” Tribol Int. 2006;39:921– 36, 2006.

[27] Z. Shi, F. Gu, B. Lennox, A. D. Ball, “The development of an adaptive threshold for model-based fault detection of a nonlinear electrohydraulic system” Control Eng. Pract. 2005;13:1357–67, 2005.

[28] S.H. Cho, R. Burton, “Position Control of High Performance Hydrostatic Actuation System Using A Simple Adaptive Control (SAC) Method”, Mechatronics 21 (2011) 109–115, 2010.

[29] Ö. Keles, Y. Ercan, “Theoretical and Experimental İnvestigation Of A Pulse- Width Modulated Digital Hydraulic Position Control System”, Control Engineering Practice 10 (2002) 645–654, 2001.

[30] V. Milic, Z. Situm, M. Essert, “Robust H∞ Position Control Synthesis Of An Electro-Hydraulic Servo System”, ISA Transactions 49 (2010) 535542, 2010.

[31] C. Guan, S. Pan, “Adaptive Sliding Mode Control of Electro-Hydraulic System With Nonlinear Unknown Parameters”, Control Engineering Practice 16 (2008) 1275– 1284, 2008.

[32] M. Şengirgin, İ. Yüksel, “Hızlı Anahtarlama Elemanlı Bir İki Kademeli Elektrohidrolik Vana ile Gerçek Zamanda Konum Denetiminin İncelenmesi”, DEÜ Fen ve Müh. Der. Cilt:5 Sayı:2 sh.53-60, 2003.

[33] M. R. Becan, A. Kuzucu, K. Kutlu, “Hidrolik Konum Kontrol Sistemlerinin Gerçeğe Yakın Benzetimi”, Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences, 22 (1998) 125-130, 1998.

[34] F. Pfeiffer, “Deregularization of a smooth system-example hydraulic”, Nonlineer Dyn.47, 219-233, 2007.

[35] R. D. Eyres, A.R. Champneys, N.A.J. Lieven, “Modelling and dynamic response of a damper with relief valve.”, Nonlineer Dyn.40, 119-47, 2005.

[36] A. Sağırlı, , M.E. Boğoçlu, V.E. Ömürlü, “Modelling the Dynamics and kinematics of a telescopic rotary crane by the Bond Graph method (Part I)” Nonlineer Dyn.33, 337-351, 2003.

[37] A. Bonchis, P. I. Corke, D. C. Rye, Q. P. Ha, “Variable structure methods in hydraulic servo systems control”, Automatica 37, 589-595, 2001.

[38] G.A. Sohl, J.E. Bobrow, “Experiments and simulations on the nonlineer control of a hydraulic system.”, IEEE Trans. Control Syst. Technol. 7(2), 238-247, 1999

[39] A.V. Akkaya, Ş. Çetin, “Self tuning fuzzy logic control of a hydraulically actuating system”, In: Proceedings of 2nd International Conference on Intelligent Knowledge Systems, pp. 154-158, 2005.

[40] C. Onat, S. E. Hamamcı, S. Obuz, “A Practical PI Tuning Approach For Time Delay Systems”, Proceedings of the 10-th IFAC Workshop on Time Delay Systems The International Federation of Automatic Control Northeastern University, Boston, USA. June 22-24, 2012.

[41] K. Kutlu, H. Güner, “Comparison of digital PD and fuzzy control theory on a hydraulic servosystem. In: IFAC-symposium on design methods of control systems, Zurich, Switzerland, vol. 1, pp. 159–162, 1991.

[42] K. Kutlu, M. Büyüksavcı, “Hidrolik Bir Servo Sistemin Kayan Rejimli Konum Kontrolü”, 1. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, 1999.

[43] S. S. Yurdakul, “Kendinden Ayarlamalı PID Kontrol ve Deneysel Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2009.

[44] G. P. Daley, G. P. Liu, “Optimal tuning nonlinear PID control of hydraulic systems.”, Control Eng. Pract. 8, 1045–1053, 2000.

[45] Akkaya, A.V., Çetin, Ş., “Simulation and Hybrid Fuzzy-PID Control For Positioning of a Hydraulic System.”, Nonlineer Dyn. (2010) 61:465-476, 2010

[46] Lucian R . da Silve, Rodolfo C.C. Flesch, Julio E. Normey- Rico, 2018, “Analysis of Anti-windup tecniques in PID Control of Processes with Measurement Noise”, DOI:10.1016/j.ifacol.2018.06.100

[47] Özal GÜCEYÜ (Mart 2013) BİR HİDROLİK SİSTEMİN PID ALGORİTMALI KONUM KONTROLÜ.

[48] Özal GÜCEYÜ (Mart 2013) BİR HİDROLİK SİSTEMİN PID ALGORİTMALI KONUM KONTROLÜ.

EKLER