

HİDROLİK SİSTEMLERİN MATLAB®-RTWT İLE GERÇEK ZAMANLI DENETİMİ

M. Burak GÜRCAN
İlhan BAŞÇUHADAR
Tuna BALKAN

ÖZET

Bu çalışmada MATLAB®/SIMULINK ortamında hazırlanan denetleç ile MATLAB®/RTWT (Real-Time Windows Target) yazılımı kullanılarak servo denetimli hidrolik sistemlerin gerçek zamanlı denetimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada örnek olarak, ASELSAN A.Ş. bünyesinde yürütülmekte olan bir projede, tank kulesinin stabilizasyon denetimi ele alınmıştır. Stabilizasyon testi sırasında tankın kulesine gelebilecek dış etkilerin benzetimini yapmak için, bu amaçla tasarlanan Hidrolik Simülatör kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle kulenin ve Hidrolik Simülatör'ün hem yan hem de yükseliş eksenlerinin denetimi yapılmıştır. Daha sonra üzerinde kule bulunan Hidrolik Simülatör, Stabilizasyon Test Parkuru'ndan toplanan hız verileriyle hareket ettirilmiştir. Bu sırada simülatör üzerinde bulunan tank kulesinin stabilizasyon denetimi yapılmıştır. Böylece, tankın Stabilizasyon Test Parkuru'na çıkmasına gerek kalmadan stabilizasyon performansını iyileştirmek için uygun denetleç türünün ve parametrelerinin seçilmesi mümkün olmuştur.

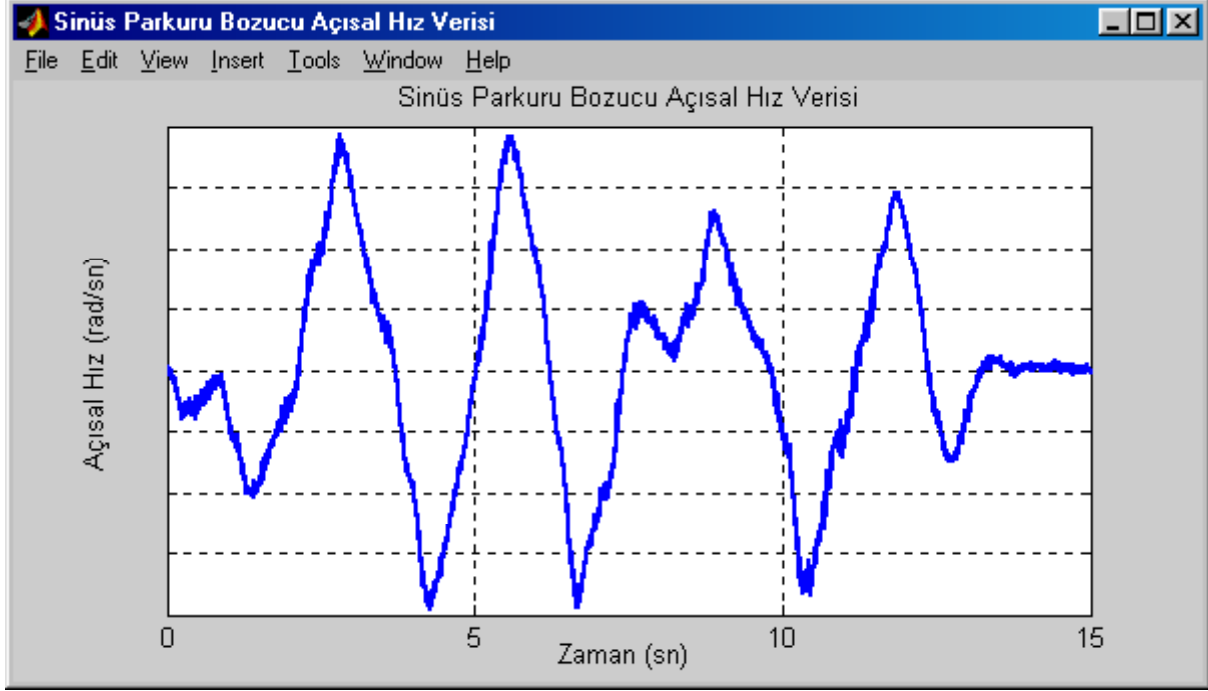
1. GİRİŞ

Bilgisayar ortamında hazırlanan denetleç döngülerine gerçek sistemlerin dahil edilmesi, denetleç performansının geliştirilmesi çalışmalarında bazı kolaylıklar sağlamaktadır. Böyle bir düzenele gerçek sistem, modelinin oluşturulmasına gerek kalmadan bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Böylece, farklı denetleç algoritmaları ve parametrelerinin denenmesi, eniyileme algoritmaları kullanılarak parametrelerin eniyilemesinin yapılması ve denetleç algoritmaları ve parametrelerindeki değişikliklerin gerçek sistem üzerindeki etkilerinin aynı anda incelenebilmesi olanaklı hale gelmektedir.

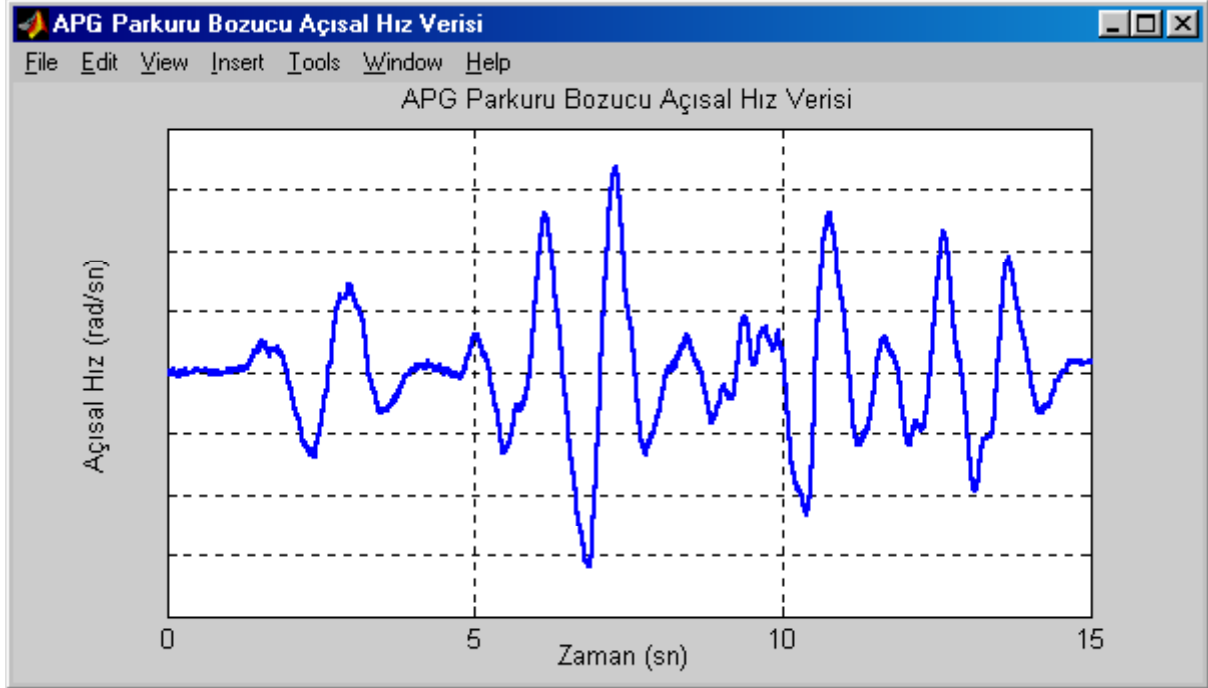
Bu çalışmada, ASELSAN A.Ş. bünyesinde yürütülmekte olan bir proje kapsamında, tank kulesinin stabilizasyon denetimi ele alınmıştır. Test düzeneği olarak Hidrolik Simülatör ve tank kulesi kullanılmıştır. Bu birimlerin denetimi, MATLAB®/SIMULINK [1,2] ortamında hazırlanan denetleç ile MATLAB®/RTWT [3] yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Tanklar için stabilizasyon testi APG (Aberdeen Proven Ground) Parkuru ve Sinüs Parkuru olmak üzere iki farklı parkurda yapılmaktadır [4]. APG Parkuru yaklaşık 130 m. uzunluğunda, üzerinde farklı aralıklarla yerleştirilmiş farklı yüksekliklerde engeller bulunan bir parkurdur. Engellerin yükseklikleri, dizilişleri arasındaki uzaklıklar ve tankın parkurdan geçiş hızı standartlarla belirlenmiştir. APG Parkuru tankın yükseliş ekseninin stabilizasyon testi için kullanılır. Parkurdan geçerken tank namlusunun yükseliş eksenindeki açısal konum değişimlerinin düşük olması, yükseliş eksenini stabilizasyon performansını göstermektedir. Tankın yan eksen stabilizasyon testleri için kullanılan Sinüs Parkuru genişliği yaklaşık 25 m olan sinüs dalgası şeklinde bir parkurdur. Parkurun şekli ve tankın parkurdan geçiş hızı standartlarla belirlenmiştir. Tankın yan eksen stabilizasyon performansı, Sinüs Parkuru'ndan

geçerken namlunun yan eksenindeki açısal konum değişikliklerinin düşük olmasıyla ölçülür. APG ve Sinüs Parkurları'ndan geçen kule üzerinde oluşan bozucu açısal hızlar kaydedilmiş ve Şekil 1.1'de gösterilmiştir. Oluşan bozucu açısal hızlar tankın parkurdan geçiş hızına bağlı olarak değiştiği için, Şekil 1.1'deki grafiklerde y-ekseni değerleri verilmemiştir.



(a)



(b)

Şekil 1.1. APG Parkuru'ndan geçen kule yükseliş ekseninde (a) ve Sinüs Parkuru'ndan geçen kule yan ekseninde

(b) oluşan bozucu açısal hız değerleri

Bu çalışma kapsamında, Hidrolik Simülator kullanılarak kule, stabilizasyon testi sırasında oluşacak dış etkilerin benzetimini yapacak şekilde hareket ettirilmiştir. Bu sırada, tank kulesine de stabilizasyon denetimi amacıyla yan ve yükseliş eksenlerinde sıfır hız isteği verilmiştir. Stabilizasyon denetimi kapsamında denetlecin çalışması regülatör problemine karşılık gelmektedir. Test sırasında namluda oluşan açısal konum değişimleri kullanılarak tankın stabilizasyon hassasiyeti performansı ölçülmüş, bu performansın iyileştirilmesi amacıyla denetleç algoritmasında ve denetleç parametrelerinde değişiklikler yapılmıştır.

2. TEST DÜZENEGİ

Tank kulesi ile Hidrolik Simülator'den oluşan test düzeneği Resim 2.1'de verilmiştir.



Resim 2.1. Test düzeneği

Stabilizasyon testi sırasında tankın kulesine gelebilecek dış etkenlerin benzetimini yapmak için hazırlanmış olan Hidrolik Simülator, hidrolik güç ünitesi ve iki eksenle hareket edebilen hidrolik test sehpası olmak üzere iki birimden oluşmaktadır.

Hidrolik güç ünitesi 45 kW ve 900 dev/dk özelliğine sahip bir elektrik motoru ve radyal pistonlu bir hidrolik pompadan oluşmaktadır. 80 cc/dev anma hacmine sahip pompa 70 lt/dk seviyesinde debi sağlamaktadır. Sistemde 450 lt kapasiteli bir yağ deposu bulunmaktadır. Çalışma basıncı 10 bar ile 300 bar aralığında ayarlanabilen sistemde 32 lt kapasiteli bir hidrolik akümülatör de bulunmaktadır. Sistem değişik test olanakları sağlayacak şekilde altı adet basınç ölçer ve bir adet debi ölçerle donatılmıştır.

Hidrolik test sehpası, üzerine yerleştirilen yaklaşık 12 ton ağırlığındaki tank kulesini yan ve yükseliş olmak üzere iki eksenle hareket ettirebilecek şekilde tasarlanmıştır. Sehpanın her iki eksendeki hareket aralığı $\pm 5^\circ$ 'dir. Sürücü olarak, üzerinde servovalf bloğu bulunan hidrolik pistonlar kullanılmaktadır. Sehpanın açısal hız ve ivme düzeyleri stabilizasyon testleri sırasında gerekecek değerler gözönüne alınarak belirlenmiştir. Eksenlerdeki açısal konumlar iki adet potansiyometre, açısal hızlar ise iki adet jiroskop tarafından algılanarak denetim birimine iletilmektedir.

Hidrolik test sehpasının üzerine yerleştirilen tank kulesi yan ve yükseliş olmak üzere iki eksenle hareket edebilmektedir. Yükseliş eksenindeki hareket hidrolik bir pistonun namluyu sürmesiyle sağlanır. Yan eksenindeki hareket ise hidrolik motor ve çember dişlisi tarafından sağlanır. Kulenin

hidrolik düzeneğinde pistonun ve motorun denetimi için birer servoblok bulunmaktadır. Servobloklar üzerinde, akışı yönlendiren makaranın konumunu algılayan LVDT (Linear Variable Differential Transducer) ile, yük basıncını algılayan basınç algılayıcı olmak üzere iki adet algılayıcı mevcuttur. Kule üzerinde eksenlerdeki açısal konumları algılayan iki adet açısal konum algılayıcı ile açısal hızları algılayan iki adet jiroskop bulunmaktadır. Ayrıca, hidrolik test sehpasının üzerinde bulunan iki adet jiroskoptan alınan bilgiler, kulenin denetiminde bozucu açısal hız bilgisi olarak kullanılmaktadır.

3. DENETİM DÜZENEĞİ

Hidrolik Simülasyon ve tank kulesinin denetimi PC üzerinde, MATLAB®/SIMULINK ortamında hazırlanan denetleç modeliyle yapılmıştır. Test düzeneği ile bilgisayar arasındaki veri aktarımı iki adet veri toplama kartı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

İki adet veri toplama kartından birisi sehpanın yan ve yükseliş eksenlerinin denetiminde, ikincisi de kulenin yan ve yükseliş eksenlerinin denetiminde kullanılmaktadır. Veri toplama kartı olarak National Instruments firmasının 64 adet analog girdi ve 2 adet analog çıktı kanalı olan PCI-6071E serisi kartları kullanılmıştır. Bilgisayarda PCI bus üzerinden çalışan bu kartların analog giriş ve analog çıkış sinyallerinin özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir [5].

Tablo 3.1. PCI-6071E serisi veri toplama kartlarının analog giriş ve çıkış sinyallerinin özellikleri

	Kanal Sayısı	Çözünürlük	Örnekleme Hızı	Çalışma Aralığı
Analog Giriş	64	12 bit	1.25 Ms/sn	$\pm 0.05 \text{ V} / \pm 10 \text{ V}$
Analog Çıkış	2	12 bit	1 Ms/sn	$\pm 10 \text{ V}$

Kartlar üzerinden Hidrolik Simülasyon'un iki eksen ve kulenin iki eksen olmak üzere toplam dört eksen için denetim sinyali gönderilmekte ve bu eksenlerden algılanan geri besleme sinyalleri de kartlar aracılığıyla sayısal ortama aktarılmaktadır.

Hidrolik Simülasyon ve denetim bilgisayarı arasındaki veri aktarımı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Veri toplama kartı üzerinden iki eksen için toplam sekiz sinyal bilgisayara alınmakta, bilgisayardan sisteme de iki sinyal gönderilmektedir. Bilgisayara alınan sinyaller LVDT, Basınç Algılayıcı, Jiroskop ve Potansiyometre sinyalleridir. Bilgisayardan da sisteme hız isteği sinyalleri gönderilmektedir. Hız isteği bilgisayardan verilebildiği gibi kumanda kolundan da verilebilmektedir. Kumanda kolundan bir istek geldiğinde bu istek denetim modeline girmekte ve bu model tarafından hız isteğine çevrildikten sonra eksen servovalflerine uygulanmaktadır.

Şekil 3.2'de kule ve denetim bilgisayarı arasındaki veri aktarımı görülmektedir. Hidrolik Simülasyon'da olduğu gibi, veri toplama kartı üzerinden bilgisayara toplam sekiz adet algılayıcı sinyali alınmakta, iki adet denetim sinyali de kuleye gönderilmektedir. Kulenin iki eksen için hız isteğinin bilgisayardan veya kumanda kolundan verilmesi mümkündür. Veri aktarımı açısından kulenin Hidrolik Simülasyon'dan farkı, kule denetim modeline bozucu açısal hız bilgisinin de girmesidir. Bu bilgi sehpa üzerinde bulunan jiroskoplardan Hidrolik Simülasyon veri toplama kartı aracılığıyla alınıp kule denetim modeline aktarılmaktadır.

Denetim düzeneğinde kullanılan bilgisayar Pentium-III 800 MHz işlemciye ve 256 Mb belleğe sahip bir PC'dir. Denetim düzeneği içinde Hidrolik Simülasyon ve kule için birer adet kumanda kolu bulunmaktadır. Kumanda kolları iki eksen analog çıktı verebilmektedir.

4. DENETİM MODELİ

MATLAB®/SIMULINK ortamında oluşturulan denetleç modelinin gerçek zamanlı olarak çalıştırılması için, MATLAB'in alt yazılımları olan Real-Time Workshop (RTW) ve Real-Time Windows Target (RTWT) yazılımları kullanılmıştır. Bu yazılımlardan RTW MATLAB/Simulink ortamında yaratılan denetleç modellerinden, gerçek zamanlı çalışan C-code yaratmak için kullanılmaktadır. Yaratılan C-code MATLAB/Simulink kullanılarak doğrudan üzerinde çalışılacak işlemciye aktarılmaktadır. RTWT yazılımı ise RTW ile yaratılan C-code ile kullanıcı arayüzü oluşturmak için kullanılmaktadır.

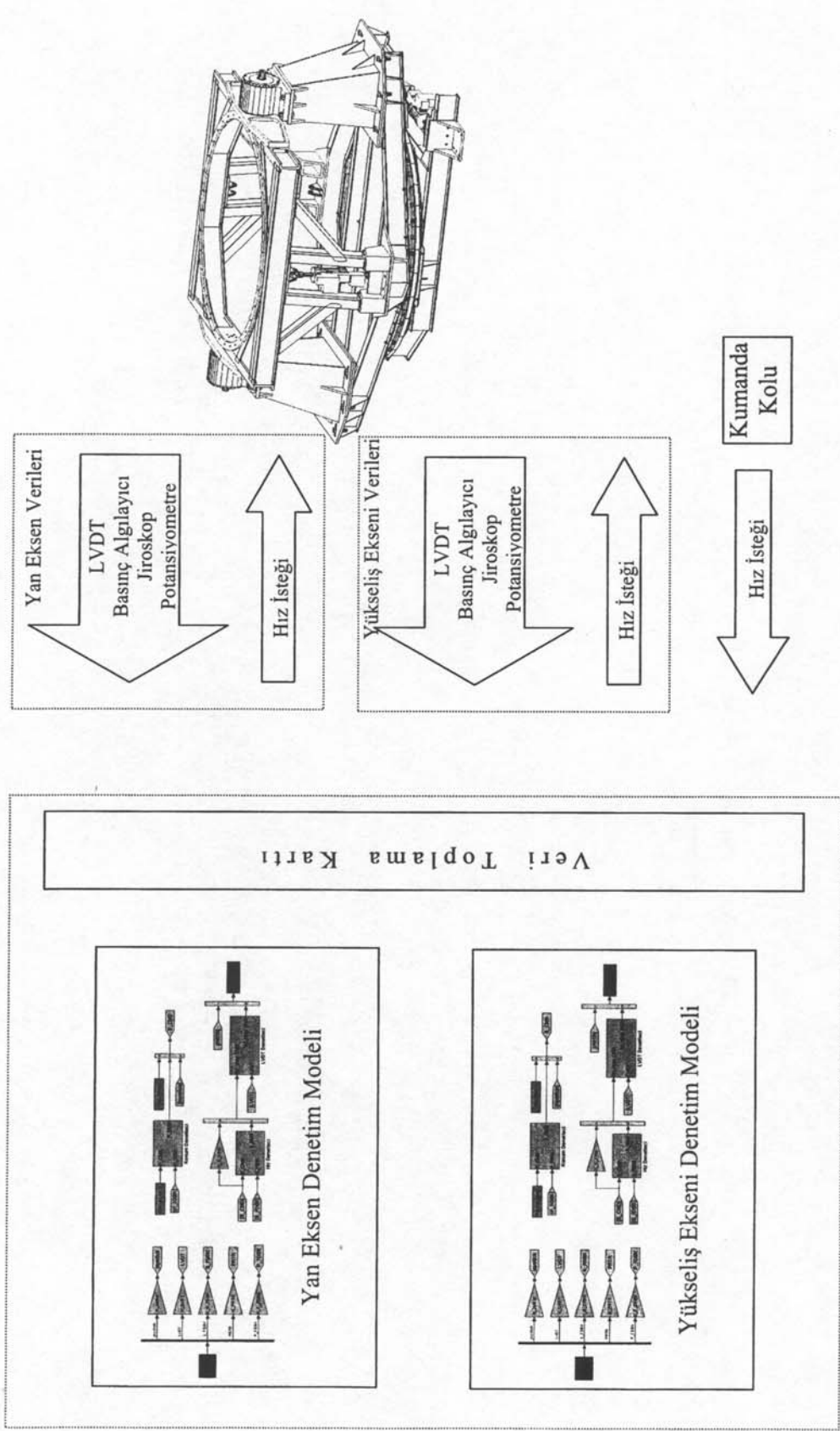
Bu yazılımlar kullanılarak Hidrolik Simülatör'ün ve tank kulesinin denetimi için hazırlanan denetleç modelleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu modellerle sistemin gerçek zamanlı denetiminin yapılması ve denetleç parametrelerinin sistem çalışır durumdayken değiştirilmesi mümkün olmaktadır. Şekil 4.1'de verilen modeller Hidrolik Simülatör'ün ve kulenin yükseliş eksenlerinin denetimi için hazırlanmıştır. Sistemlerin yan eksenlerinin denetim modelleri yükseliş eksenine ile aynı olduğu için şekilde gösterilmemiştir.

Hidrolik Simülatör'ün denetim modeli üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, MATLAB®/RTWT yazılımının "Analog Input" bloğu kullanılarak analog sinyaller veri toplama kartı üzerinden bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Bu sinyaller kumanda kolu sinyali (joystick), servoblok üzerinde bulunan LVDT ve basınç algılayıcıdan alınan sırasıyla, makara konumu (LVDT) ve yük basıncı bilgisi (PRTR) ve test sehpası üzerindeki potansiyometre ve jiroskoptan alınan sırasıyla, açısız konum (P_FDBK) ve açısız hız (S_FDBK) sinyalleridir. Denetim modelinin birinci bölümünde, bu sinyaller gerekli kazançlarla çarpılarak hız isteği ile karşılaştırılabilir duruma getirilmektedirler.

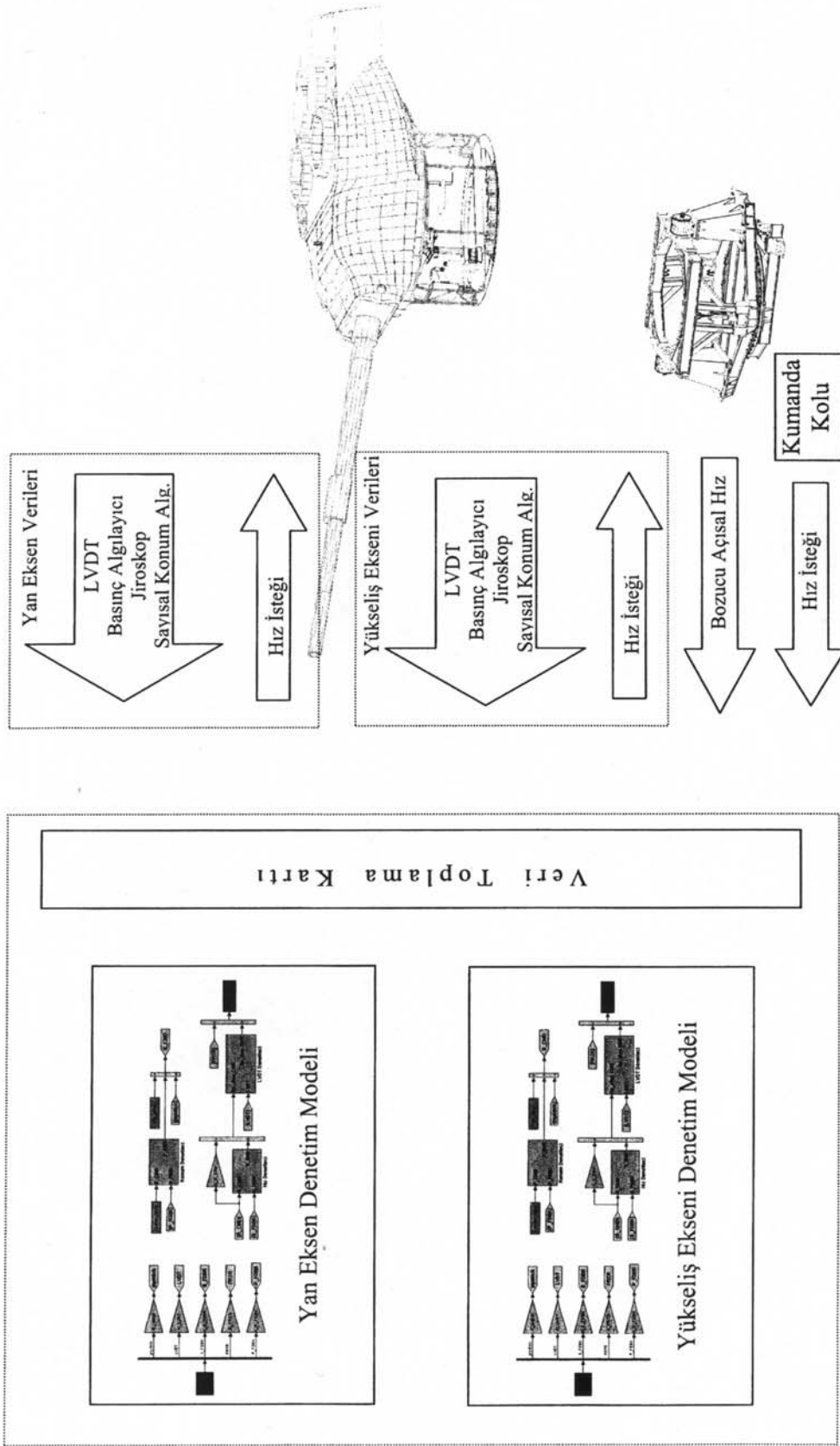
Hidrolik Simülatör denetim modelinin ikinci bölümünde ise, hız isteği bilgisi (S_CMD) oluşturulmaktadır. Herhangi bir konum isteği varsa, bu istek konum geribesleme bilgisine birlikte, bir PID denetleci olan konum denetlecine girmektedir. Denetleçten çıkan bilgi hız isteği ile toplanmaktadır. Ayrıca bu aşamada kumanda kolundan gelen bir istek varsa bu istek de diğer iki sinyale eklenmekte ve böylece hız isteği bilgisi oluşmaktadır.

Hız isteği bilgisi, denetim modelinin üçüncü bölümünde hız geri besleme (S_FDBK) sinyali ile karşılaştırılmak üzere yine bir PID denetleci olan hız denetlecine girmektedir. Buradan çıkan sinyal K kazancıyla çarpılarak gelen S_CMD bilgisi ile toplanmaktadır. S_CMD bilgisinin bir kazançtan geçirilerek toplanmasındaki amaç sürekli rejimdeki hatanın giderilmesidir. Bu toplama işleminin sonucu makara konumu (LVDT) bilgisiyle birlikte LVDT denetlecine girmektedir. Bu denetleç de klasik bir PID denetlecidir. Bu denetleçten çıkan sinyal yük basıncı (PRTR) bilgisi ile toplanarak servovalfe uygulanacak denetim sinyalini oluşturur. PRTR sinyali son toplama işlemine girmeden önce yüksek frekansları geçiren bir filtreden geçmektedir. Böylece sabit yük basıncı bilgileri toplama bloğuna sıfır olarak gelirken, sadece yük basıncındaki değişimler denetim sinyaline eklenmektedir. Oluşturulan denetim sinyali MATLAB®/RTWT yazılımının "Analog Output" bloğu kullanılarak veri toplama kartı üzerinden gerçek sisteme aktarılmaktadır.

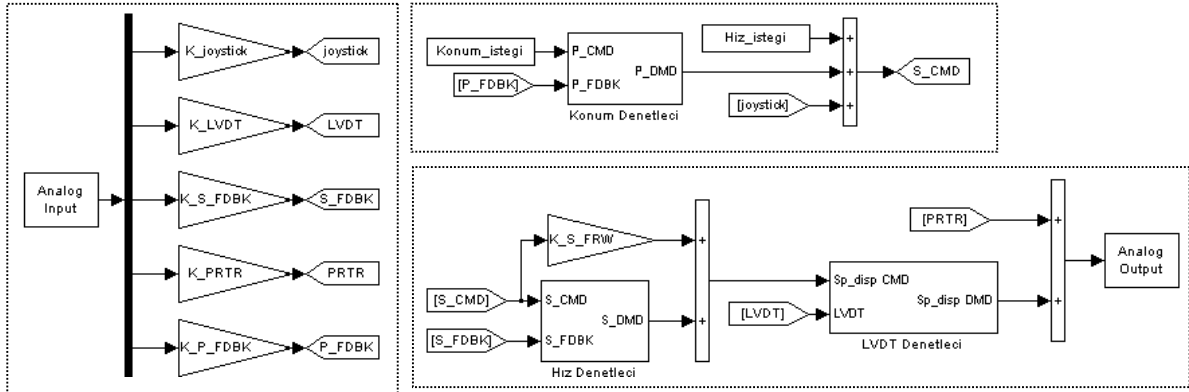
Kule için oluşturulan denetleç modeli de Hidrolik Simülatör denetleç modeline benzer şekilde hazırlanmıştır. Şekil 4.1'de görülebileceği gibi bu iki model arasındaki tek fark, kule denetim modelinde bozucu açısız hız bilgisinin (S_FRWD) hız denetleci çıkışındaki toplama bloğuna eklenmesidir. Bozucu açısız hız bilgisi kule üzerine gelen bozucu etkenlerden kaynaklanmaktadır. Kullanılan düzenekte bu bilgi Hidrolik Simülatör üzerinde bulunan jiroskoplardan alınmaktadır. Böylece, Hidrolik Simülatör denetim modelinde hız geri besleme bilgisi olarak kullanılan sinyaller aynı zamanda, kule denetim modelinde de bozucu açısız hız bilgisi olarak kullanılmaktadır.



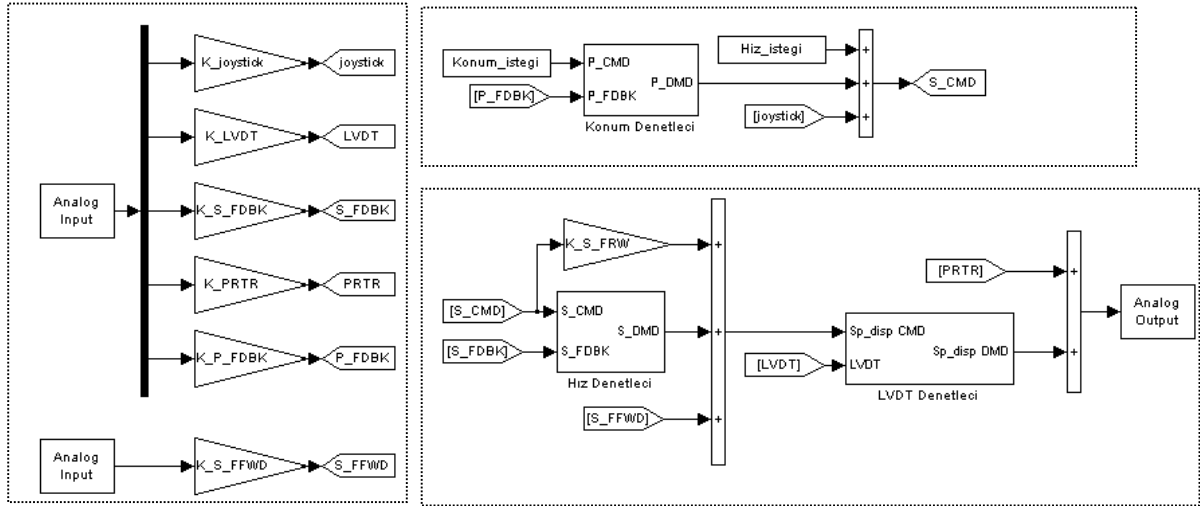
Şekil 3.1. Hidrolik simülatör ve denetim bilgisayarı arasındaki veri aktarımı



Şekil 3.2. Kule ve denetim bilgisayarı arasındaki veri aktarımı



(a)



(b)

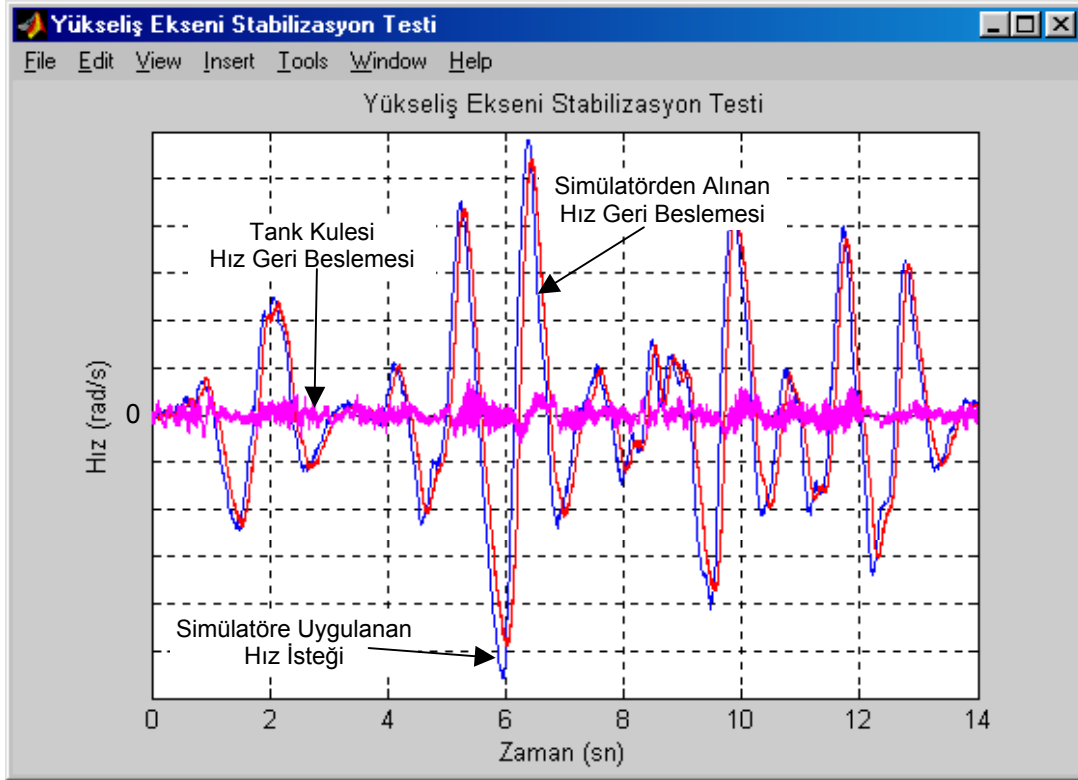
Şekil 4.1. Hidrolik Simülator'ün (a) ve tank kulesinin (b) denetimi için MATLAB®/SIMULINK ortamında hazırlanan denetleç modelleri

5. TESTLER VE SONUÇLARI

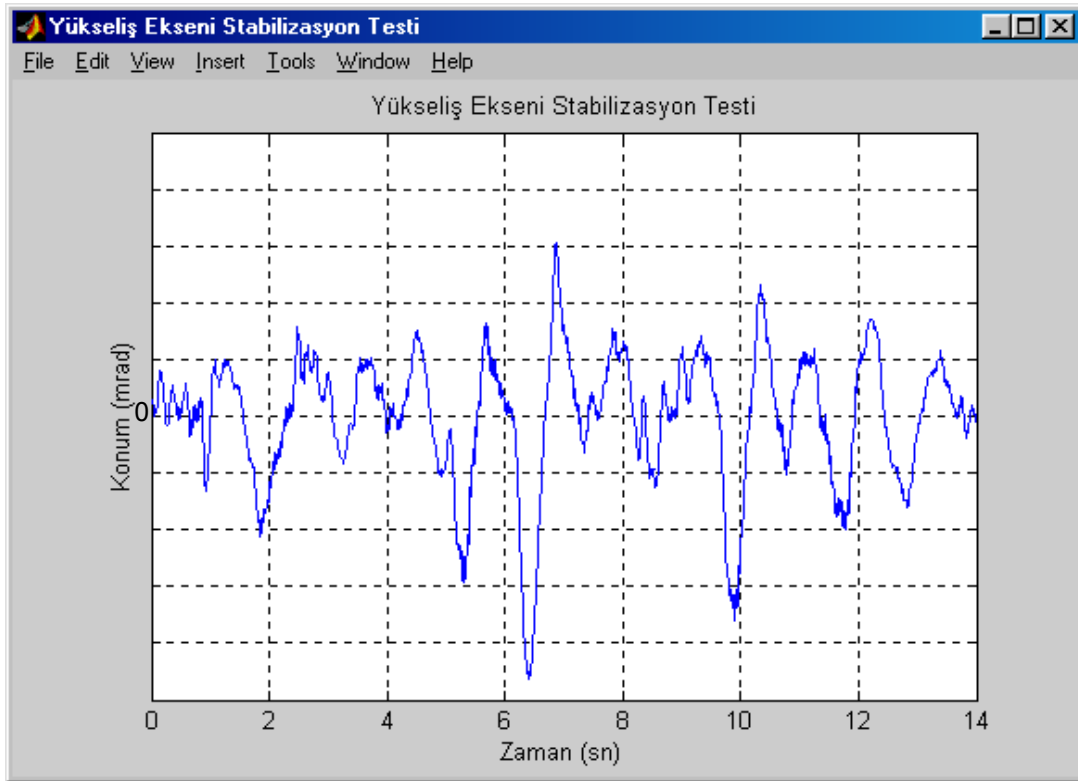
Hazırlanan düzenek kullanılarak kulenin stabilizasyon testleri yapılmıştır. Hidrolik Simülator'ün iki ekseninde birden stabilizasyon testi yapabilecek kapasitede olmasına karşın, stabilizasyon testleri prosedürüne uygun olarak testler iki eksen için ayrı ayrı yapılmıştır.

Yükseliş ekseninde yapılan stabilizasyon testlerinde Hidrolik Simülator'e APG Parkuru'ndan geçen kule üzerinde oluşan yükseliş eksenini bozucu açısal hız verisi uygulanmıştır. Şekil 5.1'de simülator verilen hız isteği ile simülator'den alınan hız geri beslemesi sinyalleri karşılaştırılmıştır.

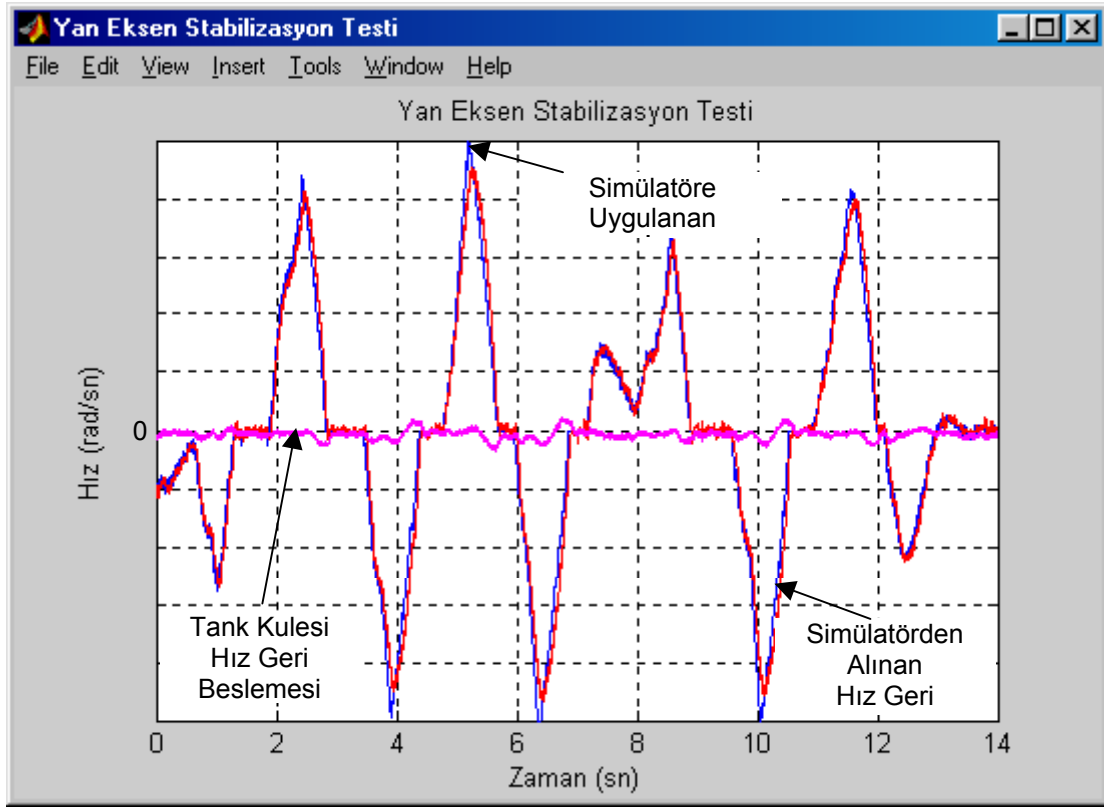
Bu sırada kulenin hareketsiz kalmasını sağlamak için kule yükseliş eksenine sıfır hız isteği verilmiştir. Uygulanan stabilizasyon denetimi sayesinde bu şartlar altında kulenin belirli bir hata aralığında hareketsiz kalması beklenmektedir. Test sırasında kule yükseliş ekseninde oluşan açısal hız bilgisi de Şekil 5.1'de verilmiştir. Bu bilgi yükseliş eksenini jiroskobundan toplanan sinyalden elde edilmiştir. Açısal hız değerleri tankın parkurdan geçiş hızına bağlı olarak değiştiği için, Şekil 5.1'deki grafikte y-ekseni değerleri verilmemiştir. Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilen grafiklerde de aynı durum geçerlidir.



Şekil 5.1. Yükseliş ekseninde hidrolik simülâtör'e uygulanan hız isteği, simülâtörden alınan hız geri beslemesi ve stabilizasyon denetimi altında tank kulesi hız geri beslemesi sinyalleri



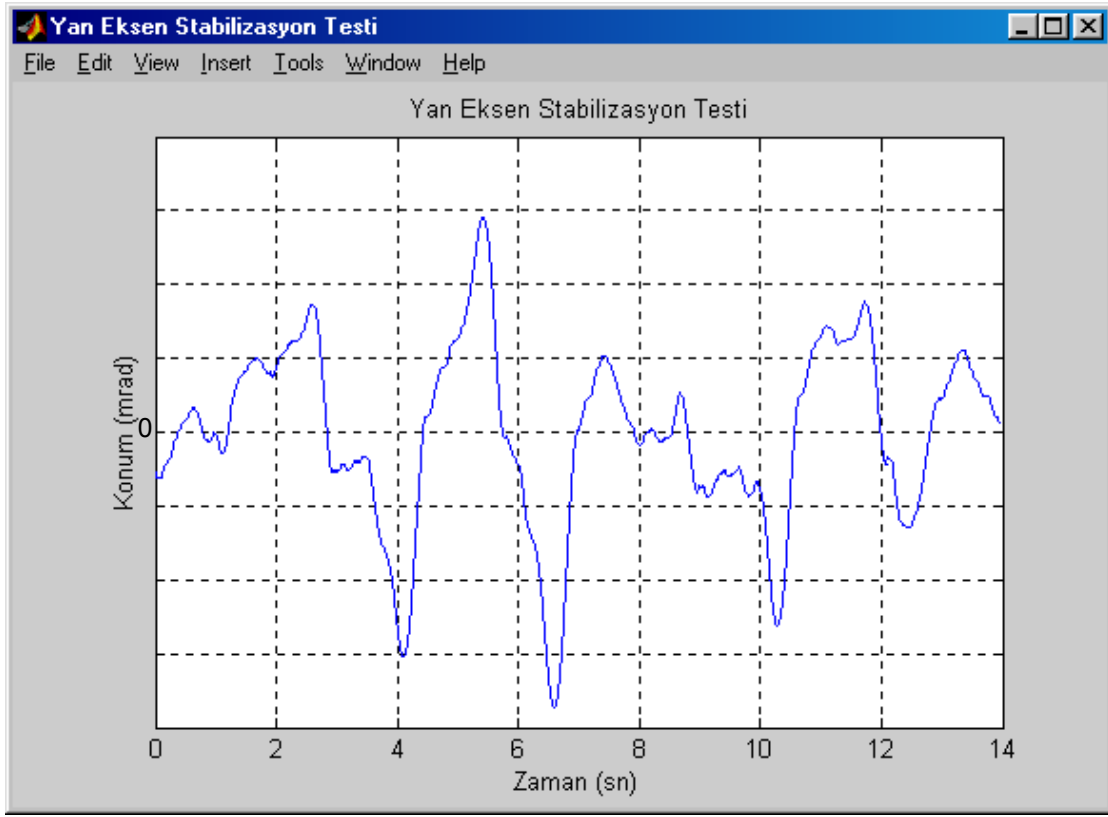
Şekil 5.2. Kule yükseliş ekseninde oluşan konum değişimi



Şekil 5.3. Yan eksen de hidrolik simülâtör'e uygulanan hız isteği, simülâtörden alınan hız geri besleme ve stabilizasyon denetimi altında tank kulesi hız geri besleme sinyalleri

Stabilizasyon performansının belirlenmesi için yükseliş eksenini jiroskobundan toplanan hız bilgisinin integrali alınarak bu eksenindeki açısal konum değışimini bulunmuştur. Şekil 5.2'de açısal konum bilgisi jiroskop üzerindeki kaymadan bağımsız olarak gösterilmiştir. Stabilizasyon performansı bu grafikten bulunan standart sapma değeri olarak tanımlanmıştır.

Yan eksen için yapılan stabilizasyon testlerinde de yükseliş eksenini testlerini yaparken izlenen yol izlenmiştir. Ancak bu test sırasında Hidrolik Simülâtör'e, Sinüs Parkuru'ndan geçerken kule üzerinde oluşan yan eksen bozucu açısal hız verisi uygulanmıştır. Yan eksen stabilizasyon testi sırasında simülâtöre verilen hız isteği ile simülâtörden alınan hız geri besleme sinyalleri ve kule yan ekseninde oluşan açısal hız bilgisi Şekil 5.3'de, yan eksenindeki açısal konum değışimini de Şekil 5.4'de verilmiştir. Yan eksen stabilizasyon performansı Şekil 5.4'te verilen grafikten bulunan standart sapma değeri olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5.4. Kule yan ekseninde oluşan konum değişimi

SONUÇ

Bu çalışmada, MATLAB®/SIMULINK ortamında hazırlanan denetleç ile MATLAB®/RTWT yazılımı kullanılarak hidrolik bir sistemin gerçek zamanlı denetiminin gerçekleştirilmesi, böylece farklı denetim algoritmaları ve denetim parametreleri kullanılarak sistemin performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Hidrolik Simülatör kullanılarak tank kulesi, stabilizasyon testi sırasında oluşacak dış etkilerin benzetimini yapacak şekilde hareket ettirilmiştir. Bu sırada kuleye de stabilizasyon denetimi uygulanmış ve namluda oluşan açısal konum değişimleri kullanılarak kulenin stabilizasyon performansı ölçülmüştür. Kullanılan denetleç PC ortamında oluşturulduğu için, farklı denetim algoritmaları ve denetim parametrelerini kolayca uygulamak ve sistemin performansını kısa sürede beklenen düzeye getirmek mümkün olmuştur. Stabilizasyon hassasiyeti değerleri beklenilenden daha fazla iyileştirilmiştir. Böylece, tankın Stabilizasyon Test Parkuru'na çıkmasına gerek kalmadan stabilizasyon performansını iyileştirmek için uygun denetleç türünün ve parametrelerinin seçilmesi mümkün olmuştur.

Çalışma sonucunda, bilgisayar ortamında hazırlanan döngülere gerçek sistemlerin dahil edilmesinin, hidrolik sistemlerin denetleç performansının geliştirilmesi çalışmalarında kolaylıklar sağladığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] "MATLAB® User's Guide", Version 2, The Mathworks Inc., 1993
- [2] "MATLAB®/SIMULINK Dynamic System Simulation Software, User's Guide", Version 2, The Mathworks Inc., 1993
- [3] "MATLAB®/Real-Time Windows Target, User's Guide, Version 2", The Mathworks Inc., 2000
- [4] "International Test Operations Procedure, Stabilization Accuracy", ITOP 3-2-836 (2.2.1), 1995
- [5] "National Instruments, Measurement and Automation Catalogue", National Ins., Texas, 1999

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkıda bulunan Proje Yöneticisi Sn. Faruk MENGÜÇ'e, Proje Teknik Yöneticisi Sn. Bülent Mete'ye ve ASELSAN A.Ş. Proje Ekibi'ne teşekkür ederiz.

ÖZGEÇMİŞLER

M. Burak GÜRCAN

1971 yılında Isparta'da doğdu. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1993 yılında "Lisans", 1997 yılında da "Yüksek Lisans" derecelerini aldı. Nisan 1999 tarihinde ASELSAN A.Ş. MST Grubu Mekanik Tasarım Müdürlüğü'nde çalışmaya başladı ve Kaideye Monteli Stinger ve Silah Sistemleri İçin Atış Kontrol Sistemi Geliştirme Projeleri'nde görev aldı. Tank İçin Atış Kontrol Sistemi Geliştirme Projesi'nde Araç İş Paketi PKD Yöneticisi'dir. Halen MST Grubu Mekanik Tasarım Müdürlüğü, Silah Sistemleri ve Elektro Optik Platform Entegrasyonu Uzmanlık Birimi'nde Baş Mühendis olarak görev yapmaktadır.

İlhan BAŞÇUHADAR

1964 yılında Ankara'da doğdu. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1986 yılında "Lisans", 1989 yılında da "Yüksek Lisans" derecelerini aldı. 1985 yılında ASELSAN A.Ş. Mekanik Tasarım Müdürlüğü'nde Geçici Teknik Eleman olarak göreve başladı ve robot kollar, adım motor kontrolü ve uygulamaları konularında çalışmalar yaptı. 1986-1993 yılları arasında 9600 VHF/FM Frekans Atlamalı Telsiz Ailesi Projesi'nde Mekanik Tasarım Mühendisi olarak çalıştı. 1993 yılından itibaren Kaideye Monteli Stinger Projesi'nde Taret Mekaniği ve Servo Sistemi PKD Yöneticiliği görevini sürdürmektedir. 1999 yılından itibaren de Tank İçin Atış Kontrol Sistemi Geliştirme Projesi'nde Servo Sistemi PKD Yöneticisi'dir. Halen MST Grubu Mekanik Tasarım Müdürlüğü, Silah Sistemleri ve Elektro Optik Platform Entegrasyonu Uzmanlık Birimi'nde Teknik Lider olarak görev yapmaktadır.

Tuna BALKAN

1957 yılında Manisa'da doğdu. Halen çalışmakta olduğu Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1979 yılında "Lisans", 1983 yılında "Yüksek Lisans", 1988 yılında da "Doktora" derecelerini aldı. 1985 yılında "Öğretim Görevlisi", 1988 yılında "Yardımcı Doçent", 1990 yılında "Doçent" ve 2000 yılında da "Profesör" ünvanını aldı. 1998 yılından beri ODTÜ Bilgisayar Destekli Tasarım İmalat ve Robotik Merkezi Başkan Yardımcılığı görevini yürütmekte ve ASELSAN A.Ş. Mekanik Tasarım Müdürlüğü'nde danışman olarak görev yapmaktadır. Çalışmaları sistem dinamiği, kontrol, sistem modellemesi, simülasyonu ve tanınması, akışkan gücü kontrolü, robotik ve uygulamaları alanlarında yoğunlaşmıştır.