

MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM

SİSTEMİ TASARIMI

Yüksek Lisans Tezi

Canan ULU

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım - 2010

MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİ TASARIMI

Canan ULU

Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca

Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. N. Serdar TUNABOYLU

Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman ÜNSAL

Kasım – 2010

KABUL ve ONAY SAYFASI

Canan ULU'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı MATLAB Tabanlı Sıvı Seviye Denetim Sistemi Tasarımı başlıklı bu çalışma jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğın ilgili maddeleri uyarınca değeriendirilerek kabul edilmiştir.

04/ 11 /2010

Üye : Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. N.Serdar TUNABOYLU (Danışman)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman ÜNSAL (Ortak Danışman)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan GÜN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Alpaslan DUYSAK

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun/...../2010 gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Atalay KÜÇÜKBURSA
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİ TASARIMI

Canan ULU

Elektrik Elektronik Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2010

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. N. Serdar TUNABOYLU

Yardımcı Danışman: Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman ÜNSAL

ÖZET

Bu çalışmada değişik kontrol uygulamalarında deney amaçlı kullanılmak üzere geliştirilmiş olan bir sıvı seviye düzeneğinin MATLAB tabanlı gerçek zamanlı kontrolü sağlanmıştır.

Öncelikle gerçek zamanlı kontrolü sağlanan deney düzeneği açıklanmış ve sistemi oluşturan donanımlar hakkında genel bilgi verilmiştir. Sistem düzeneğinde kullanılan elemanlar tanıtılmıştır. Daha sonraki aşamada sistemin donanım yapısıyla Simulink ortamının arasındaki haberleşmenin nasıl sağlandığı üzerinde durulmuştur. MATLAB araç kutusu olan gerçek zamanlı Windows hedefi (Real Time Windows Target) haberleşme blokları sistemin Simulink modeline eklenmiştir. Bu aşamadan sonra sistemin Simulink modeli üzerinden otomatik kod üretimi sağlanmıştır. Otomatik kod üretimi yine MATLAB araç kutularından biri olan Real Time Workshop tarafından gerçekleştirilmiştir. Otomatik kod üretiminden sonra sistemin donanım yapısıyla Simulink modeli arasında veri toplama kartı aracılığıyla veri iletişimi sağlanmış ve böylece gerçek zamanlı kontrol gerçekleştirilmiştir.

Sistemin gerçek zamanlı kontrolü gerçekleştirilirken Simulink üzerinde açık çevrim ve kapalı çevrim modelleri oluşturulmuştur. Kapalı çevrim modelde PID kontrolör kullanılmıştır. PID parametreleri belirlenerek kapalı çevrim kontrol gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DAQ, Gerçek Zamanlı Kontrol, PID, Real Time Workshop, Real Time Windows Target, Sıvı Seviye Kontrol Sistemi.

MATLAB BASED LIQUID LEVEL CONTROL SYSTEM DESIGN

Canan ULU

Electrical Electronics Engineering, M.S. Thesis, 2010

Thesis Supervisor: Assist.Prof. N.Serdar TUNABOYLU

Thesis Co-Supervisor: Assist.Prof. Abdurrahman ÜNSAL

SUMMARY

In this work a liquid level control system is established by using real-time control via MATLAB for various experimental control applications.

Firstly real-time experiment mechanism is explained and hardware of the system is presented. The components which are used in the system are discussed. And then the communication between the hardware of the system and Simulink is explained. The necessary communication blocks under Real Time Windows Target, MATLAB toolbar, are added to the system Simulink model. After this step, automatic code production is obtained over the system Simulink model. Automatic code production is get by using Real Time Workshop which is one of the MATLAB toolboxes. After getting this code, data communication is established between the system hardware and simulation model by using DAQ card, thus real time control is done.

By using the real-time controlled Simulink model of the system, open and closed loop models are formed. For the closed loop PID is used as controller. The closed loop control is achieved using PID parameters.

Keywords: DAQ, Real-Time Control, PID, Real Time Workshop, Real Time Windows Target, Fluid Level Control.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince rehberlikleri, yorumları ve önerileri için danışmanlarım Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman ÜNSAL' a ve Yrd. Doç. Dr. Serdar TUNABOYLU' ya teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamın amacına ulaşması için, çalışmalarımı değerlendiren, tavsiye ve yorumları ile katkıda bulunan Yrd. Doç. Dr. Bekir MUMYAKMAZ' a ve Yrd. Doç. Dr. Yusuf ÖZOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bana sağladıkları manevi destek ve bana duydukları sarsılmaz inançlarından dolayı aileme, eşime, asistan arkadaşlarıma ve dostum Arş.Gör.Derya DELİKTAŞ' a şükran borçluyum.

Canan ULU

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	ii
SUMMARY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	i
2. MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNİN GENEL YAPISI VE SİSTEM ELEMENLARI	3
2.1. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Genel Yapısı.....	3
2.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminde Kullanılan Yapılar	5
2.2.1. MF 624 veri toplama kartı (DAQ).....	6
2.2.2. TB 620 terminal bordu	7
2.2.3. İndüksiyon motor ve pompa.....	7
2.2.4. Motor sürücüsü.....	8
2.2.5. Ultrasonik seviye sensörü.....	9
2.2.6. Simulink	10
2.2.7. Real Time Workshop	10
2.2.8. Real-Time Windows Target.....	11
3. MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNİN DONANIM VE YAZILIM YAPISININ KURULUMU	13
3.1. MATLAB Tabanlı Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Donanım Yapısının Kurulumu	13
3.2. MATLAB Tabanlı Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Yazılım Yapısının Kurulumu	15
3.2.1. DAQ kart sürücüsünün kurulumu	15
3.2.2. Sıvı seviye denetim sistemiyle sistemin Simulink modeli arasındaki gerçek zamanlı veri iletişimi	15
4. SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNİN AÇIK ÇEVİRİM KONTROLÜ	20
4.1. Açık Çevrimli Kontrol Sistemleri (Geribeslemesiz Sistemler).....	20
4.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Açık Çevrim Simulink Modeli.....	20
4.3. Sıvı Seviye Denetim Sisteminde Açık Çevrim Deney Çalışmasının Gerçekleştirilmesi.	27
4.4. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Açık Çevrim Cevabı	31
5. MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNİN KAPALI ÇEVİRİM KONTROLÜ	36
5.1. Kapalı Çevrim Kontrol Sistemleri (Geribeslemeli Sistemler).....	36

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (devamı)

Sayfa

5.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Kapalı Çevrim Simulink Modeli.....	36
5.3. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Simulink Modeli Üzerindeki ‘Sistem’ Bloğunun Modellenmesi	39
6. PID İLE KONTROL YÖNTEMİ VE PID KONTROL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN ZİEGLER-NİCHOLS METODU	42
6.1. PID ile Kontrol Yöntemi.....	42
6.2. PID kontrol Parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan Ziegler-Nichols metodu	43
7. SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNDEKİ PID PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI	46
7.1. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Açık Döngü Birim Basamak Tepkisinin İncelenmesi ..	46
7.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin PID parametrelerinin hesaplanması	48
7.3. Kapalı Çevrim Grafikleri	51
8. SİSTEMDEN ELDE EDİLEN GRAFİKLERİN YORUMLANMASI	59
8.1. Açık ve Kapalı Çevrimin Karşılaştırılması	59
8.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminde Gürültünün Sebeplerinin Araştırılması ve Gürültünün Giderilmeye Çalışılması	61
8.2.1. Sıvının üzerine düz bir plaka konulması	61
8.2.3. Sıkıştırma kısıpçalarının konumunun sistem üzerindeki etkisi	63
SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR DİZİNİ	66
EKLER	67
Ek 1: MF 624 Veri Toplama Kartı Bilgileri.....	67
Ek 2: Siemens Micromaster 420 Marka Motor Sürücü Bilgileri.....	69
Ek 3: Sonar Bero Ultrasonik Sensör Özellikleri.....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim sistemi.	3
2.2. MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim sistemi elemanları.	5
2.3. MF 624 veri toplama kartı.....	6
2.4. TB 620 terminal bordu.	7
2.5. İndüksiyon motor ve pompa.....	8
2.6. Siemens Micromaster 420 inverter.....	9
2.7. Ultrasonik seviye sensörü.	9
2.8. Sensörün bağlantı noktaları.....	10
2.9. Gerçek zamanlı kontrol blokları.....	12
3.1. Veri toplama kartının bilgisayar slotlarına yerleştirilmesi.	13
3.2. Veri toplama kartı ile arayüz kart bağlantısı.....	14
3.3. Sensör bağlantı noktaları.....	14
3.4. Humusoft MF 624 veri toplama kartının sisteme tanıtılması.....	16
3.5. Variable step seçeneğinin fixed step olarak değiştirilmesi.	16
3.6. “grt.tlc” dosyasının “rtwin.tlc” olarak değiştirilmesi.	17
3.7. External seçeneğinin seçilmesi.	17
3.8. Kod üretiminde kullanılan ‘Build’ butonu.	18
3.9. Kod üretimi başladığında oluşan ekran görüntüsü.	19
3.10. Kod üretimi sonlandığında oluşan ekran görüntüsü.....	19
4.1. Açık çevrim kontrol sistemi öğeleri.	20
4.2. Sıvı seviye sisteminin açık çevrim Simulink modeli.	21
4.3. Sensörden okunan gerilim bilgisinin sıvı seviye bilgisine dönüştürülmesinde kullanılan bloğun iç yapısı.	22
4.4. Referans seviye bilgisinin sürücü gerilimine dönüştürülmesinde kullanılan bloğun iç yapısı.	23
4.5. Referans seviye bilgisinin sürücü gerilimine dönüştürülmesinde kullanılan deneysel veriler tablosu (Vana kısık Ç.N.1).....	24
4.6. Referans seviye bilgisinin sürücü gerilimine dönüştürülmesinde kullanılan deneysel veriler tablosu (Vana açık).	25
4.7. Referans seviyeye karşılık sürücü gerilimi (vana kısık).	26
4.8. Referans seviyeye karşılık sürücü gerilimi (vana açık).	27
4.9. Vana kısık konumundayken ölçülen seviyenin referans seviyeye göre değişimi.....	28

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.10. Vana kısık konumundayken ölçülen seviyenin sensör gerilimine göre değişimi.	29
4.11. Vananın açık konumu için ölçülen seviyenin referans seviyeye göre değişimi.	30
4.12. Vananın açık konumu için ölçülen seviyenin sensör gerilimine göre değişimi.....	31
4.13. Sıvı seviye denetim sistemine darbe üreticinin uygulanması.	32
4.14. Sıvı seviyesinin 0'dan 10 cm'e arttırılması.....	33
4.15. Sistem girişine uygulanan farklı seviyelere karşılık sistem cevabı (1).	34
4.16. Sistem girişine uygulanan farklı seviyelere karşılık sistem cevabı (2).	35
5.1. Kapalı çevrim kontrol sistemi öğeleri.	36
5.2. Sıvı seviye denetim sistemi kapalı çevrim Simulink modeli.	37
5.3. Sistem bloğunun iç yapısı	38
5.4. Sıvı seviye ve sensör gerilimine bağlı grafik.	40
5.5. Sıvı seviye ve sensör gerilimine bağlı fonksiyonun elde edilmesi.....	41
6.1. Açık döngü basamak tepkisi.	44
7.1. Sisteminin açık döngü basamak tepkisinin incelenmesi.	46
7.2. 1,7 volt sürücü gerilimi için sistem cevabı.....	47
7.3. 2 volt sürücü gerilimi için sistem cevabı.....	47
7.4. 1,7 volt için sistem birim basamak cevabının parametrelerinin hesaplanması.	48
7.5. 2 volt için sistem birim basamak cevabının parametrelerinin hesaplanması.	49
7.6. Sıvı seviye denetim sisteminde kontrol verilerinin incelenmesi.	51
7.7. Seviye, hata ve kontrol işaretlerinin incelenmesi.....	52
7.8. PID ile sıvı seviyesinin 5 cm'den 10 cm'e ve 10 cm'den 0'a değişimi.	53
7.9. Sıvı seviyesinin 0 cm'den 7 cm'e değişimi.....	54
7.10. Sıvı seviyesinin 0 cm'den 10 cm'e değişimi.....	55
7.11. Sıvı seviyesinin 0 cm'den 13 cm'e değişimi.....	55
7.12. Sıvı seviyesinin 0 cm'den 18 cm'e değişimi.....	56
7.13. Sıvı seviyesinin 0 cm-5cm-18 cm aralığında değişimi.	57
7.14. Sıvı seviyesinin 3 cm-5cm-12cm-18cm aralığında değişimi.	58
8.1 a) Açık Çevrimde b) Kapalı Çevrimde Sıvının 0 cm'den 7 cm'e yükseltilmesi.	59
8.2. a) Açık Çevrimde b) Kapalı Çevrimde sıvının 0 cm'den 10 cm'e yükseltilmesi.	60
8.3. a) Açık Çevrimde b) Kapalı Çevrimde sıvının 0 cm'den 18 cm'e yükseltilmesi.	61
8.4. a) Sıvının üzerinde plaka varken b) Sıvının üzerinde plaka yokken 0-7 cm için gürültünün incelenmesi.	62

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
8.5. a) Sıvının üzerinde plaka varken b) Sıvının üzerinde plaka yokken 0-10cm için gürültünün incelenmesi.....	62
8.6. Sıkıştırma kısılacının pozisyonu değiştirilerek 12 cm için gürültünün incelenmesi.	63
8.7. a) Vana açık b) Vana kısık sıkıştırma kısılacının pozisyonu değiştirilerek 10 cm için sonuçların incelenmesi.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. MF 624 veri toplama kartının genel özellikleri.....	6
2.2. İndüksiyon motorun genel özellikleri.	8
2.3. Ultrasonik seviye sensörü teknik özellikleri.	10
4.1. 1.Çalışma noktası için elde edilen deneysel veriler (Vana kısık konumunda)	28
4.2. 2.Çalışma noktası için elde edilen deneysel veriler (vana açık konumda).....	30
5.1. Sensör ve seviye bilgisi verileri.	39
6.1. k_p, k_i ve k_d parametrelerinin sistem cevabına etkisi.	43
6.2. Ziegler-Nichols sürekli titreşim yöntemine göre PID ayar kuralları.....	44
6.3. Süreç reaksiyon eğrisi için Ziegler-Nichols kural tablosu.	45
7.1. Farklı sürücü gerilimleri için PID kontrol edici parametreleri.....	49
7.2. Sıvı seviye deney sistemi PID parametreleri.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

k_c	Oransal kazanç.
k_p	Oransal kazanç.
k_i	İntegral kazanç.
k_d	Türevsel kazanç.
T_i	İntegral zamanı.
T_d	Türev zamanı.
τ_d	Ölü zaman sabiti.
K_U	Bastırılmış salınım kazancı.
ε	Zaman sabiti
r	Referans giriş
u	Kontrol işareti
$U(s)$	Kontrol edici çıkışı
$E(s)$	Hata sinyali

Kısaltmalar

Açıklama

DAQ	Data Acquisition (Veri Toplama Kartı)
PID	Proportional, Integral and Derivative Controller (Orantısal, İntegral veTürevsel)
ASD	Adjustable Speed Drives (Ayarlanabilir Hız Sürücüleri)
RTWT	Real Time Windows Target (Gerçek Zaman Windows Hedefi)
RTW	Real Time Workshop
PCI	Pheripheral Components Interconnect (Çevresel Bileşen)

1. GİRİŞ

Teknolojinin ve çağdaş yaşamın oldukça ilerlemesi ve gelişmesi ile birlikte kontrol sistemlerinin önemi de hızla artmıştır. Kontrol sistemleri ile yaşamın her alanında karşılaşılabılır. Kontrol mühendisliği, toplum için kullanışlı ekonomik ürünler geliştirmek üzere sistem olarak adlandırılan çevre birimlerinin algılanması ve denetlenmesi ile ilişkilidir. Bir kontrol sistemi, istenilen sistem cevabını üretecek bir sistem konfigürasyonunu biçimlendiren bileşenlerin karşılıklı bağlantısıdır [1]. Son yıllarda kontrol sistem yapıları üzerinde ayrıntılı olarak çalışılabilmesi için farklı kontrol metodları uygulamaları için çeşitli deney düzenekleri geliştirilmiştir.

Foulloy ve diğ. (2006), çalışmalarında bulanık kontrollerin tasarımı için bir eğitim deney düzeneği geliştirmişlerdir. Bu deney düzeneğinde MATLAB/Simulink paket programı içindeki fuzzy arayüzleri kullanılarak kontrol yöntemleri incelenmiştir. Bu laboratuarda gerçekleştirilen tüm uygulamalar kontrol mühendisliği alanında kullanılabilecek yapıda gerçekleştirilmiştir [2].

Ayasun ve diğ. (2005), çalışmalarında MATLAB/Simulink programını kullanarak indüksiyon motorun yüklü ve yüksüz durumdaki performansını incelemişlerdir. Yapılan çalışma lisans derslerinde eğitim amaçlı olarak kullanılabilecek bir yapıya sahiptir [3].

Moallem, M. (2004), çalışmasında gömülü sistemlerde gerçek zamanlı kontrol üzerinde çalışmıştır. Yapılan çalışmada bir termal sistem yapısının internet üzerinden kontrolü sağlanmıştır. Burada gerekli arayüzler oluşturulmuştur. Bu arayüzler aracılığıyla kullanıcıların internet üzerinden sistemin kontrolünü gerçek zamanlı olarak gerçekleştirmesi sağlanmıştır [4].

Mese (2006), çalışmasında motor sürücü dizaynının elektriksel ve mekanik kuralları üzerinde çalışarak, bu kuralların elektrik mühendisliği eğitiminde öğrencilere aktarılması amaçlamıştır. Ayrıca oluşturulan deney düzeneğinde bu kurallar pratik olarak öğrencilere aktarılmıştır [5].

Ioannides (2004), çalışmasında indüksiyon motorun PLC tabanlı olarak kontrolünü gerçekleştirmiştir. İndüksiyon motor performansına ağırlık olarak elde edilen deneysel verilere dayanarak kontrol sistemi donanım ve yazılım olarak gerçekleştirilmiştir. İndüksiyon motorun yüklü ve yüksüz durumdaki çalışma parametreleri PLC tarafından üretilmekte olup, V/f kontrolüyle PLC kontrolü kıyaslandığında PLC kontrolörün daha yüksek doğruluğa sahip olduğu gözlemlenmiştir [6].

İlca (2007), çalışmasında değişik kontrol uygulamalarında deney amaçlı kullanılmak üzere sıvı seviye deney düzeneği geliştirmiş ve sisteme PID kontrol ve bulanık kontrol uygulamıştır. Bulanık kontrolün verdiği sonuçlar, PID kontrol ile karşılaştırılmıştır. Bulanık kontrolde üyelik fonksiyonu ve kurallar iyi ayarlandığında yüksek başarılı sonuçların alındığı görülmüştür [7].

Bu çalışmada ise İlca tarafından geliştirilen sıvı seviye deney düzeneği MATLAB tabanlı olarak kontrol edilmiştir. Bu çalışmadaki MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim sistemi, lisans ve lisansüstü kontrol sistemleri derslerinde kullanılabilecektir. Gerçekleştirilen kontrol sisteminde MATLAB/Simulink tabanlı açık çevrim yapısı ve kapalı çevrim yapısı incelenmiştir. Kapalı çevrimde PID kontrolör olarak kullanılmıştır. Sistem, MATLAB üzerinden PID ile kontrol edilebilirliğinin yanı sıra bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi kontrol metotları uygulanabilecek bir yapıya sahiptir.

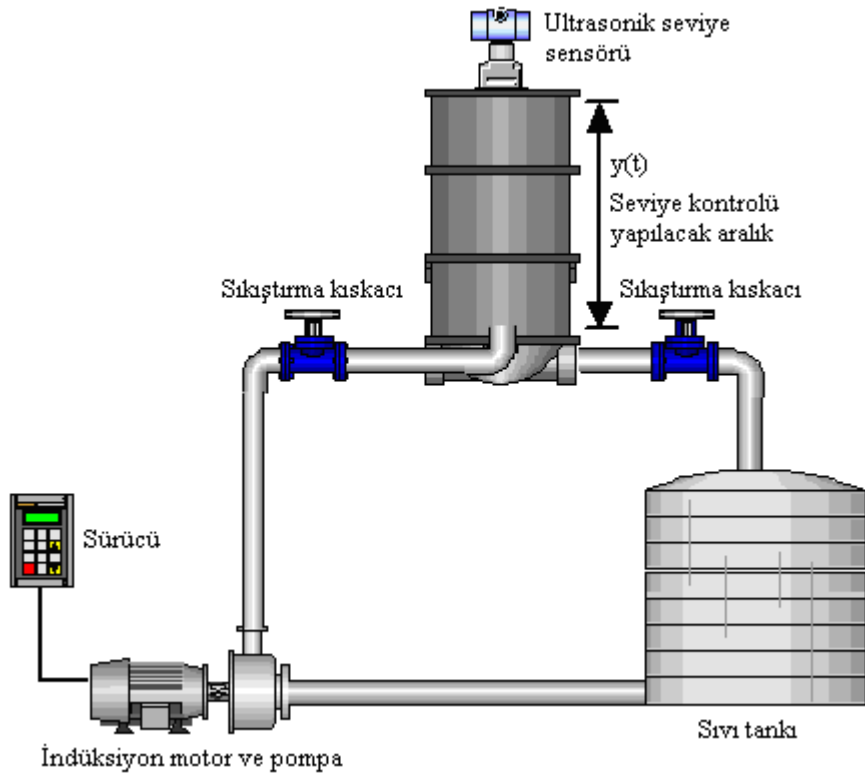
Tezin planı aşağıdaki gibidir:

Bu çalışmanın ikinci bölümünde gerçek zamanlı kontrol edilen sıvı seviye deney düzeneği açıklanmış sistemi oluşturan yapılar hakkında genel bilgi verilmiş ve sistemin fiziksel modeli tanımlanmıştır. Üçüncü bölümde sıvı seviye sisteminin donanım ve yazılım olarak kurulumu anlatılmış ve sistemde kullanılan elemanların bağlantılarının nasıl yapıldığı açıklanmıştır. Dördüncü bölümde sistemin açık çevrim yapısı incelenmiştir. Beşinci bölümde sistemin kapalı çevrim Simulink modeli ve deneysel çalışmaları anlatılmıştır. Altıncı ve yedinci bölümlerde kapalı çevrim esnasında kontrolör olarak kullanılan PID yapısı ele alınmış ve deneysel çalışmalar açıklanmıştır. Sekizinci bölümde ise sistemdeki gürültünün hangi etkenlerden kaynaklandığı araştırılmış ve gürültünün azaltılması için bazı yöntemler denenmiştir. Son olarak sonuç ve öneriler bölümünde ise yapılan çalışmalar hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNİN GENEL YAPISI VE SİSTEM ELEMANLARI

2.1. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Genel Yapısı

Bu çalışmada Ilıca tarafından geliştirilen sıvı seviye sistemi kullanılmıştır. Sıvı seviye sistemi indüksiyon motoru, motor sürücüsü, ultrasonik seviye sensörü, sıvı seviye tüpü, atık sıvı tankı ve sıkıştırma kısıpçlarından oluşmaktadır. Sıvı seviye sisteminin donanım yapısı genel olarak incelendiğinde sıvının sıvı tankından seviye tüpüne aktarılması için sistemde indüksiyon motor ve buna akuple bağılı pompa kullanılmıştır [7]. Seviye tüpünün içindeki sıvının miktarının ölçülerek buna bağılı analog bir gerilim değeri üretilebilmesi için seviye tüpünün üstüne ultrasonik seviye sensörü bağlanmıştır. Sistemde indüksiyon motorun kontrolü motor sürücüsü tarafından sağlanmaktadır. Sistemde sensörden alınan gerilim bilgisinin Simulink modeli üzerine aktarılabilmesi için veri toplama kartı kullanılmıştır. Simulink model üzerinde üretilen kontrol işareti ise ayarlanabilir motor sürücüsünün analog girişlerine uygulanmaktadır. Sıvı seviye denetim sisteminin genel yapısı Şekil 2.1’de görölmektedir [7].



Şekil 2.1. MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim sistemi.

Sıvı seviye denetim sisteminin çalışma prensibinde indüksiyon motoru/pompa sıvıyı sıvı tankından seviye tüpüne transfer etmekte, seviye tüpü içerisindeki sıvı tüp tabanındaki çıkış ağzından tekrar sıvı tankına akmaktadır. Seviye tüpünde; eğer çıkış akış oranı giriş akış oranından fazla ise sıvı seviyesi düşmektedir. Eğer giriş akış oranı çıkış akış oranına eşitse sıvı seviyesi sabit kalmaktadır. Eğer giriş akış oranı çıkış akış oranından fazla ise sıvı seviyesi azalmaktadır [8].

Tüp içindeki sıvının seviyesi ultrasonik seviye sensörü ile ölçülmektedir. Siemens marka ultrasonik seviye sensörü, ayarlandığı seviye ya da mesafe aralığında ölçtüğü seviye ile ters orantılı olarak 0-10 V çıkış gerilimi vermektedir. Sıvı seviyesi 0 mm civarındaysa sensör 10 volt, sıvı seviyesi 210 mm civarındaysa sensör çıkış gerilimi 0 V değerine yaklaşmaktadır. Ultrasonik sensörün ürettiği gerilim sıvı seviyesini ölçmek için kontrol sistemine geri besleme sinyali olarak kullanılmaktadır. Sensor ölçüm aralığı 0-210 mm olarak ayarlanmıştır.

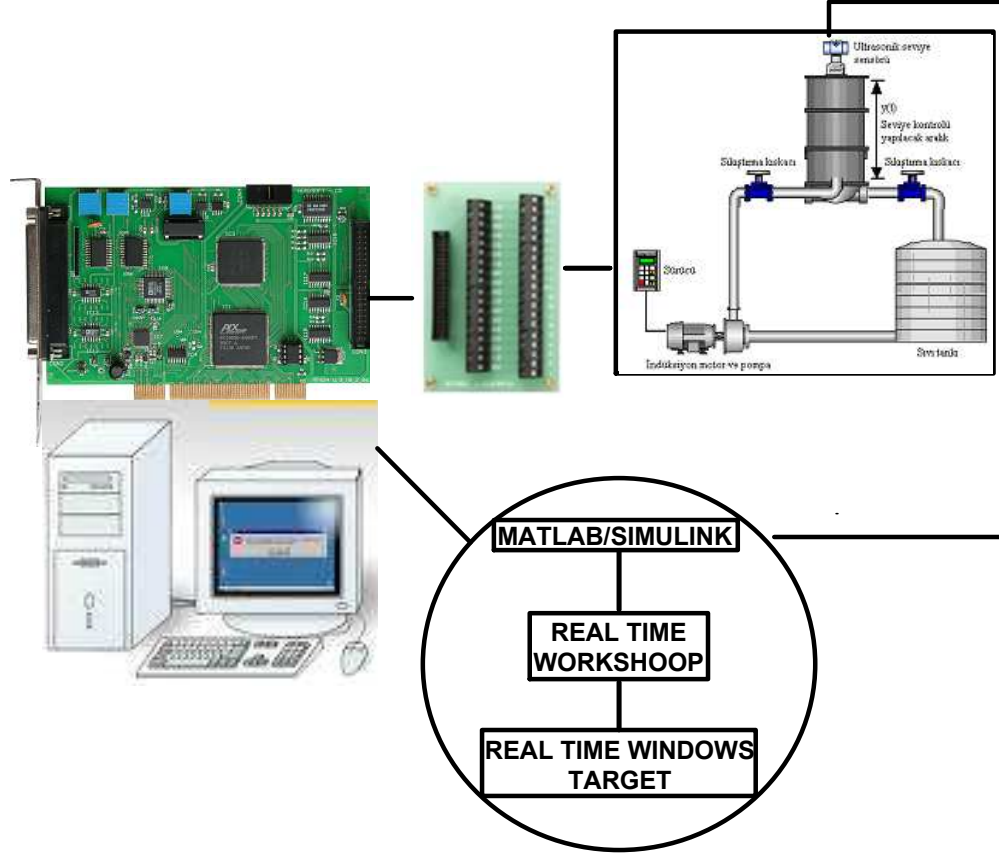
Sıvı tankı ile seviye tüpü arasında sıvı transferini sağlayan pompa sürtme pervaneli tip olup indüksiyon motor tarafından tahrik edilmektedir. İndüksiyon motoru ve sıvı pompası düzeneği aynı mil üzerinde akuple bağlıdır. İndüksiyon motoru, üç fazlı 370 W gücünde ve ayarlanabilir motor sürücüsü tarafından sürülmektedir [7].

İndüksiyon motoru süren ayarlanabilir motor sürücüsü Siemens Micromaster 420 marka 750 W gücünde bir faz giriş ve üç faz çıkışa sahiptir. Sürücü parametreleri indüksiyon motor etiket değerlerine göre ayarlanabilmektedir. Sürücü 220 V bir faz ile beslenmektedir. Analog girişlerine uygulanan 0-10 V kontrol gerilimi ile kontrol edilmektedir. Çıkışından 0-220 V ve 0-50 Hz değerinde (V/f sabit) bir gerilim elde edilmektedir.

Sıvı seviye sisteminde sıvı hareketi kapalı döngü oluşturacak şekilde sürekli hareket halindedir. Seviye tüpünün girişinden sıvı girmekte çıkışından ise sürekli atık tanka boşalmaktadır. Tank içindeki sıvı pompa ile seviye tüpünün girişine iletilmektedir. Sıvı hareketini sağlayan pompa kesintisiz çalışmaktadır. Tüp içerisine gönderilen sıvı miktarı ayarlanabilir motor sürücüsünün girişlerine uygulanan kontrol işareti ile üç fazlı asenkron motor pompa tarafından kontrol edilmektedir.

Sistemin kapalı çevrim kontrolünü sağlayan ve ayarlanabilir motor sürücüsü girişlerine uygulanan analog kontrol işareti PID kontrolör tarafından üretilmektedir.

2.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminde Kullanılan Yapılar



Şekil 2.2. MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim sistemi elemanları.

Sıvı seviye denetim sistemi motor sürücüsü, indüksiyon motoru seviye sensörü, seviye tüpü, veri toplama kartı ve kontrol için kullanılan MATLAB programından oluşmaktadır. Sıvı seviye denetim sisteminde kullanılan elemanların genel yapısına baktığımızda Simulink kullanılarak tasarlanan sistem modeli üzerinden alınan kontrol sinyali veri toplama kartı aracılığıyla sürücünün analog girişlerine uygulanmaktadır. Seviye tüpündeki sıvının miktarı 0-210 mm arasında değişmekte olup sıvı seviyesi 0 mm olduğunda sensör çıkışından 10 V elde edilmektedir. Sıvı seviyesi 210 mm civarına yaklaştığında ise sensör çıkışında 0 V elde edilmektedir.

Sistemde sensör tarafından ölçülen sıvı seviye bilgisi veri toplama kartı aracılığıyla Simulink ortamına aktarılmaktadır. Alınan sensör bilgisi sıvı seviye bilgisine dönüştürülerek ölçülen seviye ile referans seviye karşılaştırılmaktadır. Sistemde kullanılan yapılar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

2.2.1. MF 624 veri toplama kartı (DAQ)

Simulink kullanılarak simülasyon amacıyla sistemler analiz edilebileceği gibi gerçek zamanlı olarak yani bir veri toplama kartı ya da seri veya paralel port gibi bir aygıttan verilerin alınması ve aynı anda Simulink ortamına alınan verilerin aktarılması ve işlenmesi sağlanmak üzere analizler yapılabilir ve sistemler kontrol edilebilir [9].

MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim gerçek zamanlı kontrolü sırasında Humusoft firmasının MF 624 isimli veri toplama kartı kullanılmıştır.



Şekil 2.3. MF 624 veri toplama kartı.

MF 624 veri toplama kartı dış ortamdan alınan gerçek sinyallerle bilgisayar ortamındaki sinyallerin birbirleriyle haberleşmesini sağlayan kartlar olarak tasarlanmıştır. Kart standart veri toplama ve kontrol uygulamalarında Simulink içindeki gerçek zamanlı araç kutuları ile birlikte kullanılmaktadır. Veri toplama kartına olan bağlantıların daha kolay sağlanması için bir arayüz olarak TB 620 isimli terminal bordu kullanılmıştır [10]. MF 624 veri toplama kartının genel özellikleri Çizelge 2.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. MF 624 veri toplama kartının genel özellikleri.

Analog Giriş Sayısı	8
Analog Çıkış Sayısı	8
Analog Dijital Dönüştürücü	8 kanal 14 bit ADC
Dijital Giriş Sayısı	8
Dijital Çıkış Sayısı	8
Veri alış verişi	1.6µs 1 kanal
Çözünürlük	20ns 32 bit
Giriş voltajı	(+,-) 10 volt
Güç Tüketimi	500 mA@+5V, 150 mA@+12V, 150 mA@-12V
Çalışma Sıcaklığı	0°C dan +70°C

Sıvı seviye denetim sisteminin kontrolü sırasında ise sensörden alınan analog sinyaller veri toplama kartı aracılığıyla Simulink ortamına aktarılmaktadır. Simulink ortamından alınan kontrol sinyali ise yine bu kart aracılığıyla indüksiyon motor sürücüsünün analog girişlerine uygulanmaktadır.

2.2.2. TB 620 terminal bordu

MF 624 veri toplama kartı direk olarak ana bilgisayarın kasasının slotlarına bağlanarak kullanıldığı için dışarıdan alınan veri kablolarının veri toplama kartına olan bağlantıları zorluk oluşturmaktadır. Bu sıkıntının ortadan kaldırılması için bir arayüz bağlantı kartı olarak TB 620 terminal bordu kullanılmıştır [11]. Veri toplama kartı ile terminal bordunun bağlantı pinleri aynı sayıdadır. İki kartın birbiriyle olan bağlantısı yapılırken soketli kablounun bir ucu veri toplama kartına diğer ucu ise veri toplama kartının bilgisayar üzerindeki girişine takılarak iki kartın bağlantısı gerçekleştirilmiş olur.



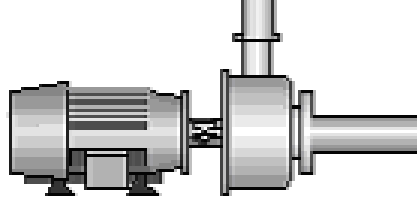
Şekil 2.4. TB 620 terminal bordu.

2.2.3. İndüksiyon motor ve pompa

Elektrik makinaları dünya endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Bu motorlar düşük üretim maliyetleri, yüksek verim ve güvenilirlikleri, basit ve dayanıklı yapıları, düşük işletme maliyetleri ile en çok kullanılan motorlardır. Özellikle sincap kafesli indüksiyon motorlar endüstride yaygın bir kullanım alanı bulmuştur [12].

Bu çalışmada kullanılan indüksiyon motor ise üç fazlı 370 W gücünde ve ayarlanabilir motor sürücüsü tarafından sürülmektedir. İndüksiyon motor ve sıvı pompası düzeneği aynı mil üzerinde akupple bağlıdır. Sıvı tankı ile seviye tüpü arasında sıvı transferini sağlayan pompa, sürtme pervaneli tip olup indüksiyon motor tarafından tahrik edilmektedir. Ayarlanabilir motor sürücüsü (ASD) güç girişi bir fazlı 220 V, 50 Hz şebekeye bağlı, çıkışı ise üç fazlı 0-220 V (fazlar arası) gerilim ve 0-50 Hz frekans (V/f sabit) üç fazlı asenkron motorun girişlerine bağlıdır. ASD analog kontrol girişlerine gelen kontrol sinyali ile indüksiyon motorun hızını

kontrol etmektedir. İndüksiyon motor miline bağlı bulunan sıvı pompası, motor hızı ile orantılı olarak sıvı debisini ayarlamaktadır [7].



Şekil 2.5. İndüksiyon motoru ve pompa.

Çizelge 2.2. İndüksiyon motorun genel özellikleri.

Faz Sayısı	3	
Gücü (W)	370	
Üçgen Bağlı Fazlar Arası Gerilim ve Akım	Gerilim (V)	Akım (A)
	220	1,73
Yıldız Bağlı Fazlar Arası Gerilim ve Akım	Gerilim (V)	Akım (A)
	380	1
Frekans (Hz)	50	
Devir (d/d)	2800	
Cos α	0,84	

2.2.4. Motor sürücüsü

Sabit (AC) gerilimi değişken (AC) gerilime dönüştürebilen, frekansı ve gerilimi birbiriyle bağımlı olarak (V/f sabit) ayarlayabilen düzeneklere motor sürücü sistemleri adı verilmektedir [13]. Motor sürücü sistemleri mikro işlemciler tarafından kontrol edilen ve teknoloji harikası Yalıtılmış Çift Kutuplu Geçit Devreli Transistör (IGBT) tekniğini kullanmaktadırlar. Bu özellik onları güvenilir ve çok yönlü yapmaktadır. Frekansı değiştirilebilen özel bir pals genişliği modülasyon yöntemi sayesinde motorların sessizce çalışması sağlanmaktadır. Geniş çaplı koruma fonksiyonları sürücü ve motorun mükemmel şekilde korunmasını sağlamaktadır [14]. Bu çalışmada Siemens Micromaster 420 motor sürücüsü kullanılmaktadır.

Sistemin kontrolünü sağlayan ve ayarlanabilir motor sürücüsünün analog girişlerine uygulanan analog kontrol işareti sıvı seviye sisteminin Simulink modeli üzerindeki Proportional Integral Derivative (PID) kontrolör tarafından üretilmektedir.



Şekil 2.6. Siemens Micromaster 420 inverter.

2.2.5. Ultrasonik seviye sensörü

Ultrasonik sensörler, endüstride, askeri ve ticari alanlarda uzaklık ölçmek amacıyla sıkça kullanılan ve diğer sensör çeşitlerine göre birçok avantajı bulunan bir sensör çeşididir. Ultrasonik sensör diğer sensörlere göre; hareket eden nesneleri tespit edebilen, renkten ve yüzey şekillerinden etkilenmeyen, ortam sıcaklığı, gürültü gibi çevre koşullarına karşı daha dirençli olan bir sensör türüdür [15].



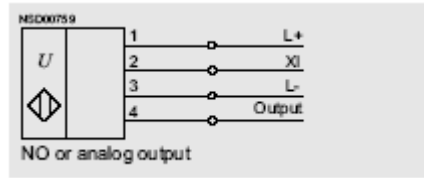
Şekil 2.7. Ultrasonik seviye sensörü.

Bu çalışmada tüp içindeki sıvının seviyesi ultrasonik seviye sensörü ile ölçülmektedir. Siemens marka 3RG6342-3JK00 ultrasonik seviye sensörü, ayarlandığı seviye ya da mesafe aralığında, ölçtüğü seviye ile ters orantılı olarak 0-10 V bir gerilim sinyali vermektedir. Ultrasonik sensörün ürettiği gerilim sıvı seviyesini ölçmek için veya kontrol sistemine geri besleme sinyali olarak kullanılmaktadır. Sensör ölçüm aralığı 0-210 mm olarak ayarlanmıştır. Sıvı seviyesi 0 mm civarındayken 10 V, sıvı seviyesi 210 mm civarındayken ise 0 V yakın bir çıkış gerilimi üretmektedir. Kullanılan sensörün teknik özellikleri Çizelge 2.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Ultrasonik seviye sensörü teknik özellikleri.

Model	3RG6342-3JK00
Ölçüm Aralığı	6.....30 cm
Analog Çıkış Voltajı	0.....10 V
Cevap Süresi	70 ms
Çalışma Sıcaklığı	0....55°
Çalışma Akımı	100 mA
Ultrasonik Frekans	400 kHz

Sensörün bağlantı uçları aşağıdaki Şekil 2.8’ de görülmektedir [16].



Şekil 2.8. Sensörün bağlantı noktaları.

Bağlantı şemalarına bağlı olarak sensörün çalışması için öncelikle sensör çıkışındaki 1ve 3 numaralı bağlantı uçlarından sensörün 24 V ile beslenmesi gerekmektedir. Bundan sonra 4 numaralı bağlantı noktasından ise analog çıkış gerilimi alınmaktadır.

2.2.6. Simulink

Simulink gerçek dinamik sistemlerin modellenmesi, analiz edilmesi ve simülasyonu için kullanılan etkileşimli bir simülasyon ve prototipleme ortamıdır. Simulink blok kümeleri adı verilen ek ürünler, konuya özel modelleme ve tasarım, kod üretme, algoritma uygulama, test ve doğrulama gibi alanlarda Simulink ortamını daha da geniş kılmaktadır [17]. Bu çalışmada Simulink MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim sisteminin modellenmesinde kullanılmıştır. Sistemin Simulink üzerinde açık ve kapalı çevrim modelleri oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra Simulink yapısında bulunan Real Time Workshop ve Real Time Windows Target araç kutularıyla sistemin Simulink modelleri ile donanım yapısı arasında veri alış verişi sağlanmıştır.

2.2.7. Real Time Workshop

Bir sistemin MATLAB/Simulink üzerinden gerçek zamanlı kontrolünün yapılabilmesi için Simulink modellerinden C/C++ kodu üretilebilir. Real Time Workshop Simulink modelleri ve gömülü MATLAB kodları içindeki algoritmaların geliştirilebilmesi ve test edilebilmesi için bağımsız C kodları üretmektedir. Üretilen kod birçok gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı

olmayan uygulamalarda kullanılabilmektedir. Simulink bloklarını ve analiz özelliklerini kullanarak üretilen kodlar üzerinden gerekli ayarlamalar ve gözlemler yapılabilir. Üretilen kodlar MATLAB ve Simulink etkileşimli çalışabilmektedir. Kod otomatik olarak Real Time Workshop ürünü tarafından üretilir. Oluşturulan kod herhangi bir mikroişlemci veya gerçek zamanlı işletim sistemi üzerinde kullanılabilir. Real Time Workshop kodun koşturulacağı hedef platforma göre eniyilemeler ve ayarlamalar yapar. Hedef olarak tek görevli/çok görevli çalışan gerçek zamanlı işletim sistemleri seçilebileceği gibi PC tabanlı donanımlar veya çeşitli endüstriyel bilgisayarlar da seçilebilir. Real Time Workshop Simulink modeline eklenen önceden yazılmış C/C++ kodlarını da otomatik koda ekleyebilme Simulink içinde veya haricinde, kod üzerinde parametre değişimi ve işaret izleme yapabilme özelliklerine sahiptir [18].

Simulink ile bir veri toplama kartına erişmek ve bu kart ile gerçek zamanlı veri giriş/çıkışı yapabilmek için bilgisayarda MATLAB'ın desteklediği C derleyicilerinden birisi yüklü olmalıdır. MATLAB için desteklenen bazı derleyiciler şunlardır:

- Borland C++ Builder 4
- Borland C++ Builder 5
- Borland C++ Builder 6
- Microsoft Visual Studio 5.0
- Microsoft Visual Studio 6.0
- Microsoft Visual Studio .NET

MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim sisteminin Simulink üzerinde oluşturulan açık ve kapalı çevrim modellerinden Real Time Workshop ürünü ile otomatik olarak kodlar üretilmiştir. Oluşturulan bu kodlar aracılığıyla sistemin Simulink modeliyle donanım yapısı arasında bağlantı sağlanmıştır. Simulink modeli üzerinden otomatik olarak kod üretiminin nasıl gerçekleştirildiği ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

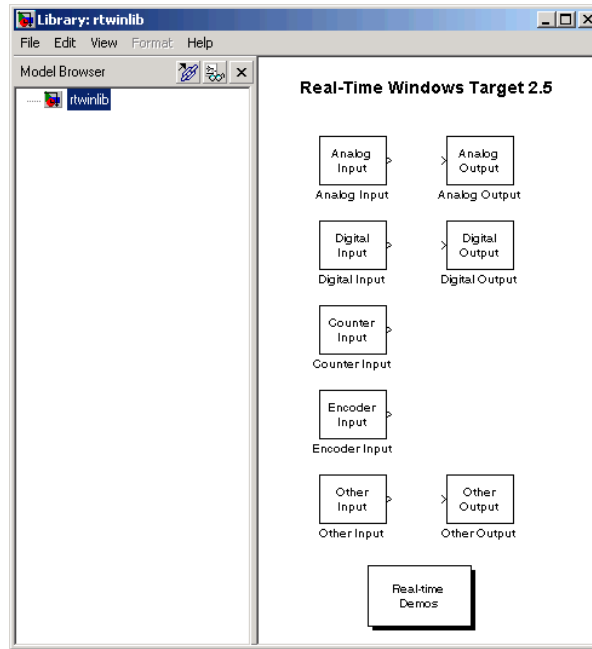
2.2.8. Real-Time Windows Target

Real Time Windows Target sistemlerin gerçek zamanlı kontrolünün sağlanması için bilgisayar tabanlı olarak çözüm sunan bir yapıdır. Bu yapı sistemden alınan bilginin veri toplama kartı aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarılabilmesi ve bilgisayar ortamından alınan verinin yine veri toplama kartı aracılığıyla sisteme aktarılmasını sağlayan blokları sunan bir ortamdır [19].

Bir sistemin Simulink üzerindeki modelinin oluşturulmasının ardından Real Time Workshop ürünü tarafından otomatik olarak kod üretimi sağlanır. Kod üretimi gerçekleştirildikten sonra gerekli ayarlamalar yapılarak gerçek sistemle bağlantı kurulabilir.

Real Time Windows Target araç kutusuyla;

- Sistemden alınan sinyaller Simulink üzerindeki scope bloklarıyla izlenebilir.
- Sistem gerçek zamanlı olarak çalışırken Simulink model üzerindeki bloklardan sistemde yapılması gereken değişiklikler yapılabilir.
- Real Time Windows Target özelliğinin çalışabilmesi için Real Time Kernel yapısının sisteme tanıtılması gerekmektedir.



Şekil 2.9. Gerçek zamanlı kontrol blokları.

MATLAB tabanlı sıvı seviye denetim sisteminde dış ortamdan alınan verilerin Simulink ortamına aktarılması ve Simulink ortamından alınan verilerin de dış ortama aktarılması için Simulink modellerine gerçek zamanlı kontrol blokları eklenmiştir. Bu yapı ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

3. MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİ DONANIM VE YAZILIM KURULUMU

Sıvı seviye denetim sistemi düzeneğinin donanım ve yazılım olarak kurulumu aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.1. MATLAB Tabanlı Sıvı Seviye Denetim Sistemi Donanımının Kurulumu

Sistemin donanım kurulumu gerçekleştirilirken öncelikle motor sürücüsü, motor, seviye tüpü, sıkıştırma kısıkaçları ve sensör yapısal olarak birbirine bağlandıktan sonra elektriksel olarak birbirleriyle olan bağlantıları aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle veri toplama kartının ana bilgisayara bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Kartın bilgisayarla olan bağlantısının sağlanması için herhangi bir anahtar ya da kabloya ihtiyaç duyulmamaktadır. Veri toplama kartının bilgisayar üzerindeki PCI (Peripheral Components Interconnect) çevresel bileşen slotlarıyla bağlantısı Şekil 3.1’ deki gibi yapılmıştır.



Şekil 3.1. Veri toplama kartının bilgisayar slotlarına yerleştirilmesi.

Veri toplama kartının bağlantısı gerçekleştirilirken aşağıdaki aşamalar gerçekleştirilir.

- Bağlantı yapılacak bilgisayarın tüm enerjisi kesilir.
- Bilgisayarın kasası açılarak boş bir PCI slotuna MF624 kartının yüzü üste gelecek şekilde yerleştirilir.
- Daha sonra bilgisayar kapatılarak tekrar enerji bağlantıları yapılmalıdır.

İkinci aşama olarak veri toplama kartıyla TB 620 arayüz kartının bağlantısı yapılmıştır. Veri toplama kartı ile diğer donanım bileşenlerinin bağlantısının daha kolay yapılabilmesi için TB 620 isimli bir arayüz kartı kullanılmıştır. İki kartın birbirine olan bağlantısı Şekil 3.2’ deki gibi bir veri kablosuyla sağlanmaktadır.

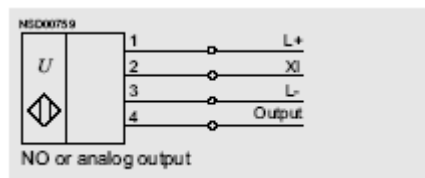


Şekil 3.2. Veri toplama kartı ile arayüz kart bağlantısı.

Kablonun mavi uçlu kısmı veri toplama kartının bilgisayarla olan bağlantı soketlerine siyah kısım ise TB 620 arayüz kartı soketine bağlanır. Bu sayede veri toplama kartına dış ortamdan kolaylıkla bilgi gönderilmiş olur.

Daha sonraki aşamada ise sürücü-motor bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Sürücünün güç ve motor bağlantıları yapıldıktan sonra sürücünün veri toplama kartıyla olan bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Sürücünün analog girişlerindeki 3 ve 4 numaralı bağlantı uçlarına arayüz kartının analog çıkış uçları olan 10 ve 29 (toprak) numaralı pinleri bağlanmıştır. Böylece sürücü ve veri toplama kartı arasındaki elektriksel bağlantı sağlanmış olur.

Ultrasonik seviye sensörünün elektriksel bağlantıları gerçekleştirilirken sensörün besleme uçları olan 1 ve 3 numaralı noktalarına DC bir kaynaktan 24 V gerilim uygulanmıştır. Sensörün sıvı seviyesine bağlı olarak ürettiği analog gerilimin Simulink ortamına aktarılması için veri toplama kartının analog girişleri olan 1 ve 9 (toprak) numaralı uçlarla sensörün analog çıkışları olan 1 ve 3 numaralı uçları birbirine bağlanmıştır.



Şekil 3.3. Sensör bağlantı noktaları.

3.2. MATLAB Tabanlı Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Yazılım Yapısının Kurulumu

Sıvı seviye denetim sistemini oluşturan elemanların mekanik ve elektriksel olarak birbirleriyle olan bağlantısı tamamlandıktan sonra sistemin yazılım kurulumu aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. DAQ kart sürücüsünün kurulumu

Hedef bilgisayar ile DAQ kart arasında donanımsal ve elektriksel bağlantısı gerçekleştirildikten sonra kart sürücüsünün kurulumu aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir [10].

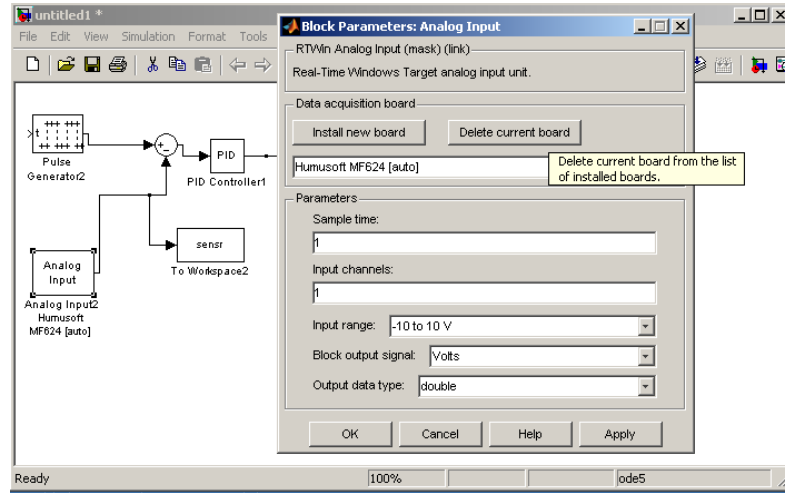
- DAQ kart bilgisayara donanım olarak bağlandıktan sonra bilgisayarın güç kabloları bağlanarak bilgisayar açılır.
- Bilgisayarın ve Microsoft Windows'un açılımla beraber MF 624 isimli veri toplama kartı sistem tarafından otomatik olarak tanınmaktadır.
- Açılan 'Add Hardware Wizard' penceresinde Next butonuna tıklanır.
- Daha sonra sistem kurulum disketi kurulum yapılacak bilgisayara takılır ve açılan 'Found New Hardware Wizzard' penceresinde 'Install the software automatically' seçeneği tıklanarak 'Next' butonuna basılır.
- Bu aşamadan sonra karşımıza gelen ekranda sürücü kurulum lokasyonu kısmına 'A:\' yazılarak 'Next' butonuna tıklanır.
- Son olarak ise 'Completing the Found New Hardware Wizard' ekranında 'Finish' butonuna tıklanarak sürücü kurulumu gerçekleşmiş olur.

3.2.2. Sıvı seviye denetim sistemiyle sistemin Simulink modeli arasındaki gerçek zamanlı veri iletişimi

Bir sistemin MATLAB/Simulink tabanlı gerçek zamanlı kontrolünün sağlanması için öncelikle bir dizi düzenlemenin yapılması gerekmektedir. Bu düzenlemeler yapılırken MATLAB/Simulink araç kutularından bazılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar; bir veri toplama kartına ulaşmak için gerekli blokları içinde bulunduran Real Time Windows Target araç kutusu ve oluşturulan blok yapılardan otomatik olarak kod üretimini sağlayan Real Time Workshop araç kutusudur [16].

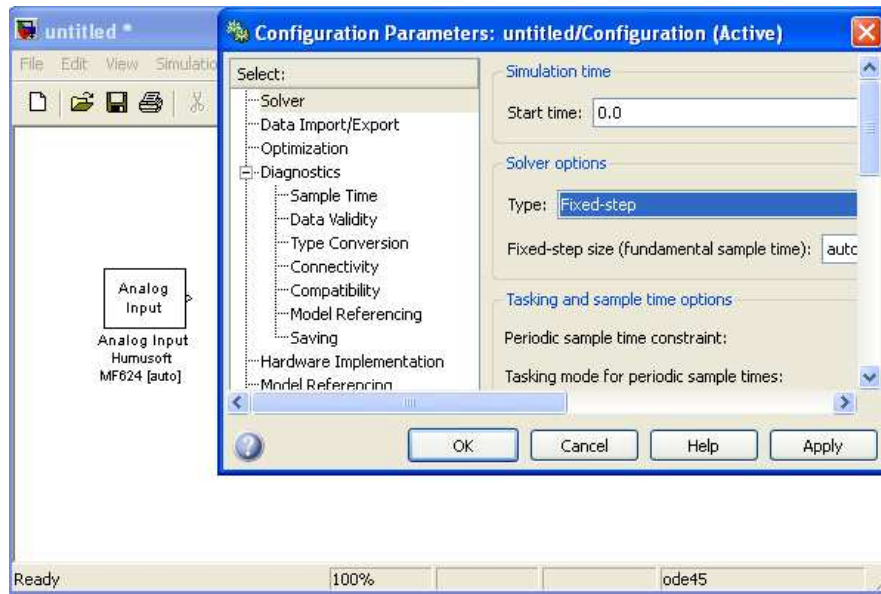
Sıvı seviye denetim sisteminin donanımıyla Simulink modeli arasında gerçek zamanlı iletişimin sağlanması sırasında öncelikle Simulink' te yeni bir mdl dosyası açılmıştır. Sıvı seviye sisteminden alınan sensör bilgisinin dijital ortama aktarılması için "Analog Input" bloğu mdl dosyasına eklenmiştir. Analog Input bloğu çift tıklanarak "Install New Board"

seçeneğinden bilgisayarda takılı olan DAQ kartı seçilmiştir. Bu menüde ayrıca örnekleme zamanı ve kullanılacak kanal seçimi de yapılmış böylece blok ayarları tamamlanmıştır [9].



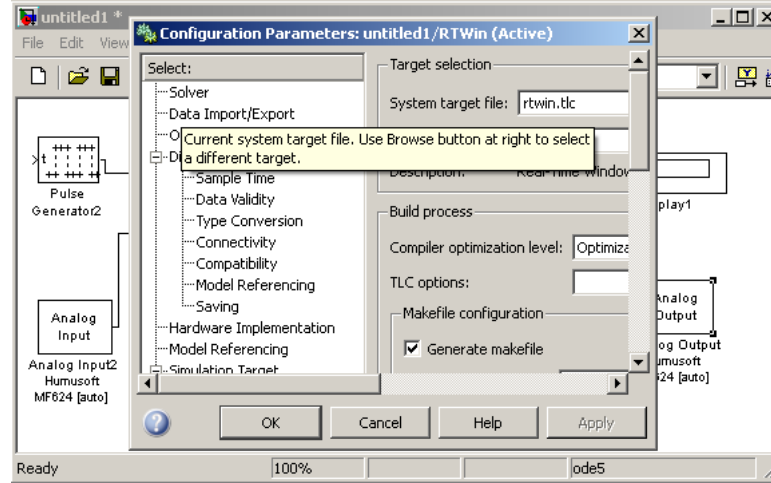
Şekil 3.4. Humusoft MF 624 veri toplama kartının sisteme tanıtılması.

Üstteki menüden “Simulation>Configuration Parameters” seçilir. “Solver” sekmesindeki “variablestep” seçeneği “fixed-step” olarak değiştirilmelidir.



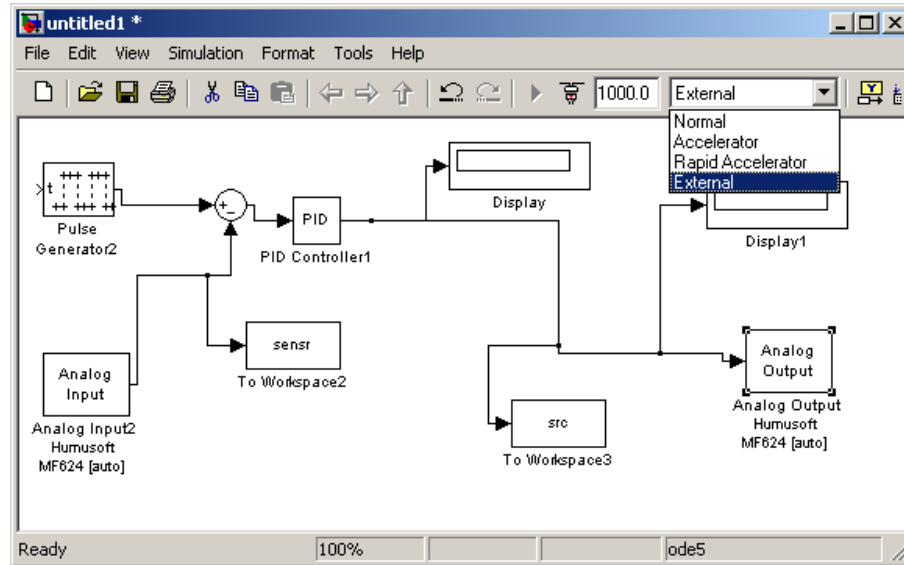
Şekil 3.5. Variable step seçeneğinin fixed step olarak değiştirilmesi.

Real-Time Workshop sekmesinde seçili olan “grt.tlc” dosyası “rtwin.tlc” yapılmıştır. Bu ayarlamalar yapıldıktan sonra pencere kapatılmıştır.



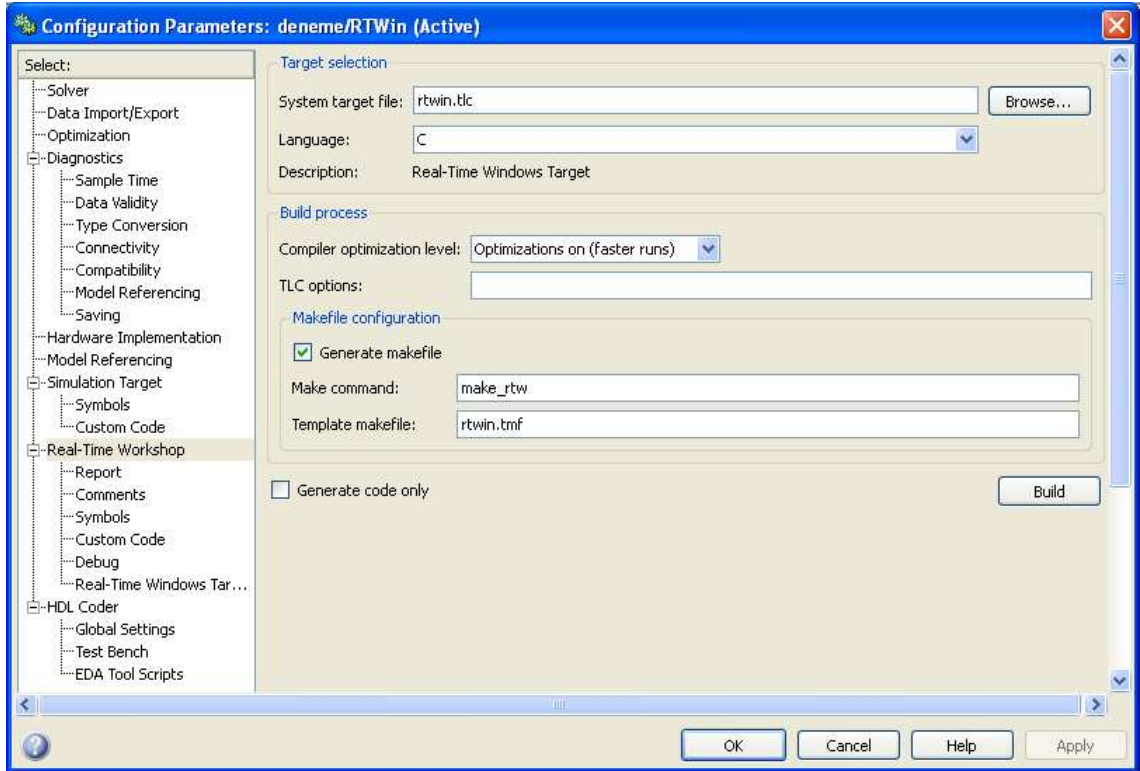
Şekil 3.6. “grt.tlc” dosyasının “rtwin.tlc” olarak değiştirilmesi.

Model dosyasının üst kısmında bulunan “Normal” seçneği “External” yapılmış ve böylece tüm ayarlamalar tamamlanmıştır.



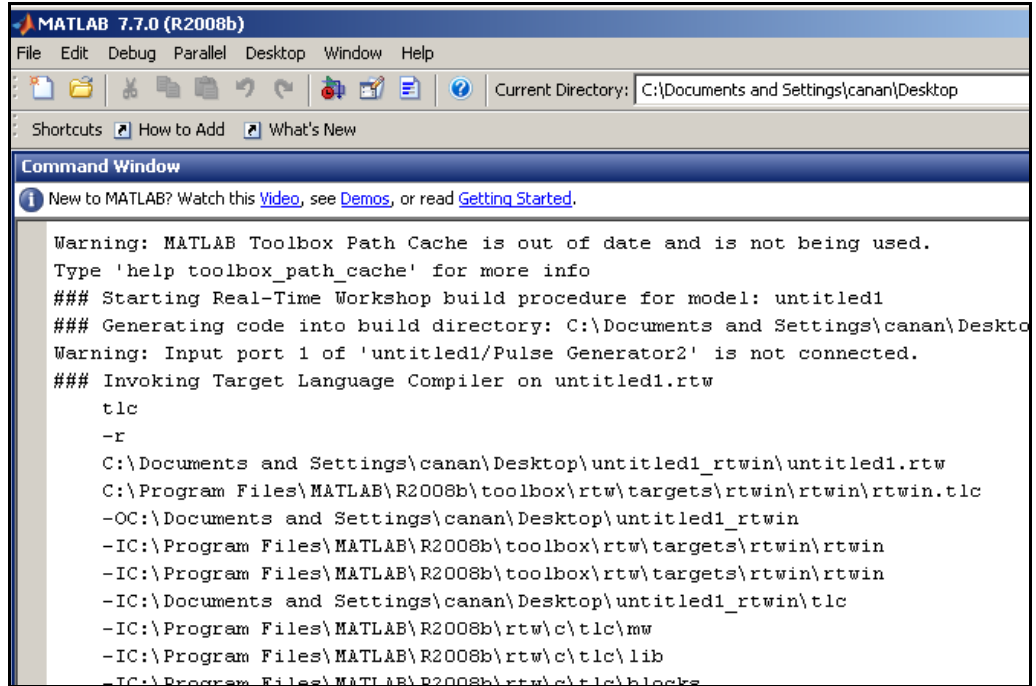
Şekil 3.7. External seçeneğinin seçilmesi.

Oluşturulan model üzerinden otomatik olarak kodu üretmek için “Build” butonunu kullanmaya ihtiyaç vardır.



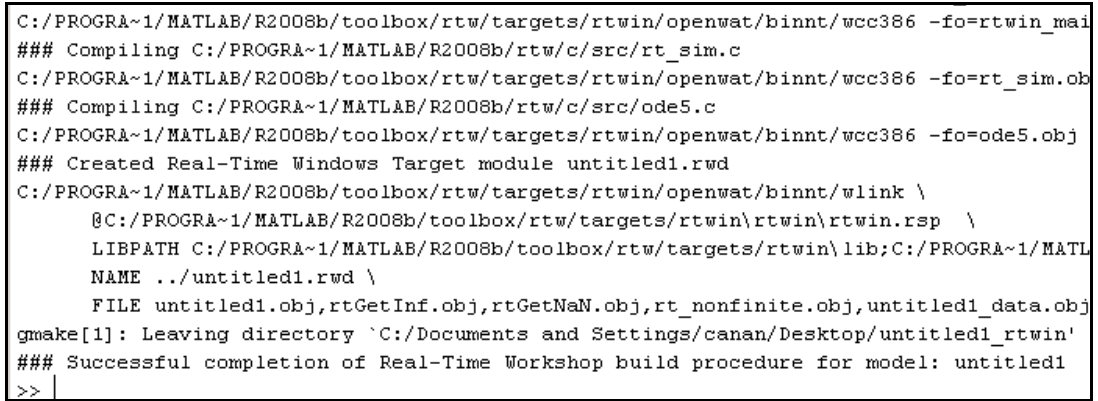
Şekil 3.8. Kod üretiminde kullanılan “Build” butonu.

Build butonuna tıklandıktan sonra MATLAB çalışma ekranda oluşturulan kod görülmeye başlanacaktır. Sistem kod üretmeye başladıktan sonra MATLAB çalışma ekranında aşağıdaki görüntü elde edilir.



Şekil 3.9. Kod üretimi başladığında oluşan ekran görüntüsü.

Kod üretimi “Successful” mesajıyla son bulmaktadır.



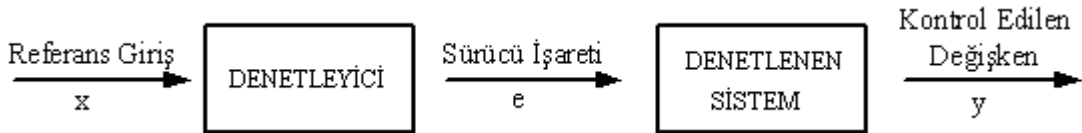
Şekil 3.10. Kod üretimi sonlandığında oluşan ekran görüntüsü.

Derleme yapıldıktan sonra sistemle bağlantı kurulabilmesi için Şekil 3.7’deki “External” seçeneğinin seçilmesi, hedef sisteme bağlantı yapılarak ve “Start Simulation” komutuyla sistemin çalıştırılması gerekir. Bu işlemler yapıldıktan sonra sistemin Simulink modeliyle donanım yapısı arasında gerçek zamanlı iletişimi sağlanmış olur.

4. SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNİN AÇIK ÇEVİRİM KONTROLÜ

4.1. Açık Çevrimli Kontrol Sistemleri (Geribeslemesiz Sistemler)

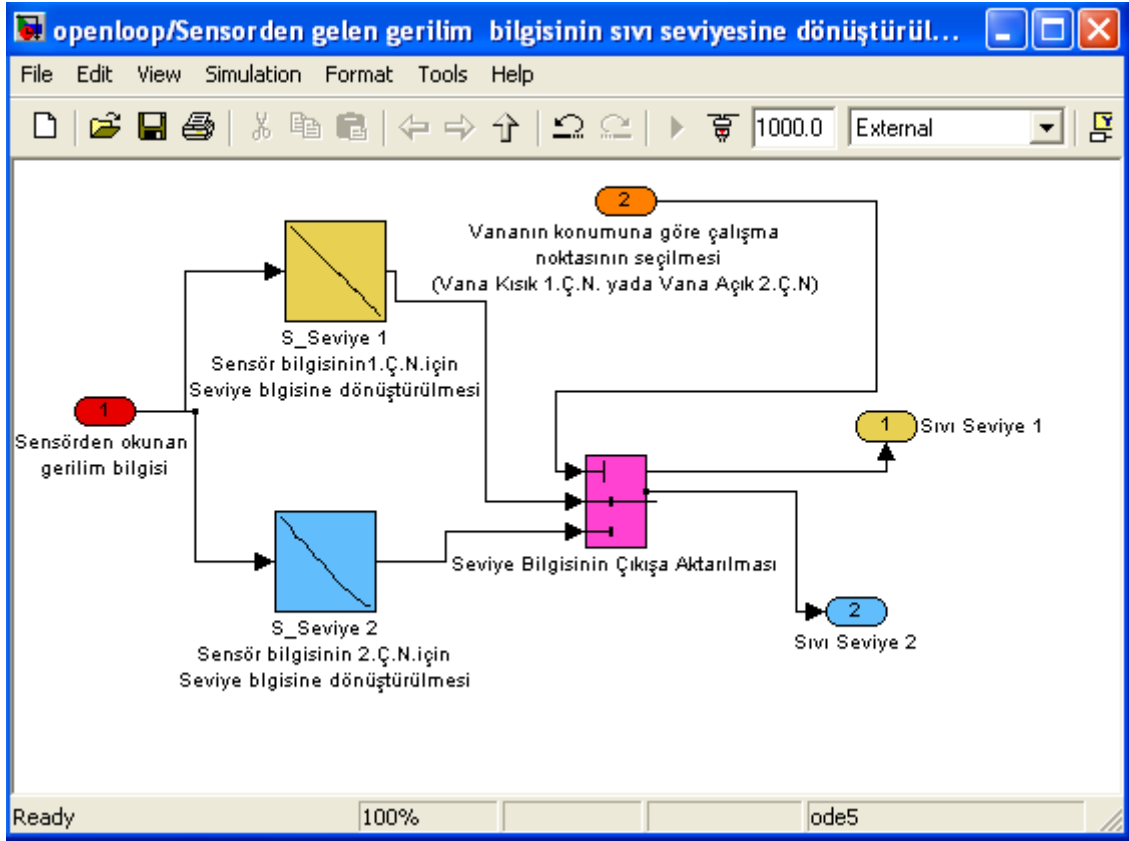
Açık çevrimli kontrol sistemi Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi denetleyici ve denetlenen bir sistemden oluşmaktadır. e çıkışı olan kontrol ediciye x komutu (giriş işareti de denilebilir) uygulanır. Bu sürücü işaret, denetlenen sistem çıkışındaki y işaretini daha önce tanımlanan şartlara göre etkiler. Basit olarak kontrolör, bir filtre, kuvvetlendirici, ya da başka bir kontrol elemanı olabilir ya da daha karmaşık durumlarda kontrolör bir mikroişlemci olabilir. Bu tür kontrol sistemlerine basit yapısı ve ekonomik oluşundan ötürü karmaşık olmayan birçok uygulamada rastlamak mümkündür.



Şekil 4.1. Açık çevrim kontrol sistemi blok şeması

4.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Açık Çevrim Simulink Modeli

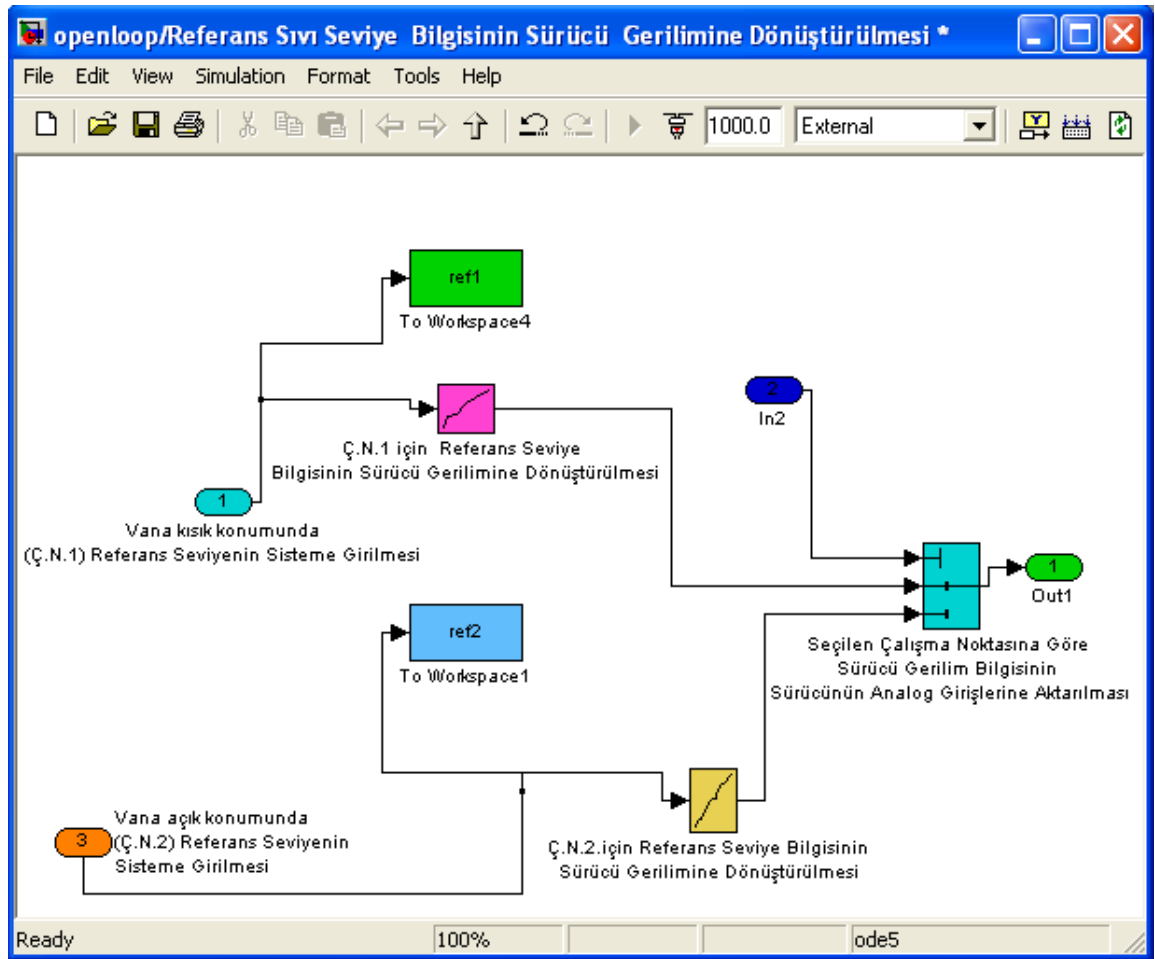
Sıvı seviye denetim sisteminin açık çevrim Simulink modeli Şekil.4.2.'de gösterilmektedir. Sistemin açık çevrim modeli tasarlanırken sistemde bozucu etken olarak kullanılan boşaltım vanasının açık yada kısık konumlarına göre tasarım yapılmış, vananın konumu değiştirilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre sağlıklı ölçümlerin yapıldığı vananın konum aralığı belirlenerek en kısık ve en açık olarak seçilen 2 farklı nokta için sistemin açık çevrim modeli oluşturulmuştur. Vananın kısık olduğu durumda gerçekleştirilen deneysel çalışma noktası 1. Çalışma Noktası (Ç.N.1), vananın açık olduğu durumda gerçekleştirilen deneysel çalışma noktası da 2. Çalışma Noktası (Ç.N.2) olarak isimlendirilmiştir. Ç.N.1'de vana % 10 açık durumda olup, Ç.N.2'de ise vana % 85 açık durumdadır. Vananın sağlıklı ölçüm yapılabilen % 10 ile % 85 konum aralığında seçilen bu iki çalışma noktası için açık çevrim deneyleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.3. Sensörden okunan gerilim bilgisinin sıvı seviye bilgisine dönüştürülmesinde kullanılan bloğun iç yapısı.

Sistemin açık çevrim Simulink modelinde sensörden gelen bilginin seviye bilgisine dönüştürülmesini sağlayan bloğun iç yapısı Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Bu bloğun oluşturulması sırasında vananın açık ve kısık konumları için elde edilen deneysel veriler tablolar halinde model üzerine eklenmiştir. Sistemde çalışılan vana konumu model üzerindeki bloklar aracılığıyla seçilmektedir. Burada sensörden okunan gerilim bilgisi elde edilen deneysel verilere bağlı olarak sıvı seviye bilgisine dönüştürülmektedir. Daha sonra vananın konumuna göre seçilen çalışma noktasına bağlı olarak ise seviye bilgisi sistem üzerindeki gözlem blokları aracılığıyla izlenerek referans seviyeyle kıyaslanabilmektedir.

Şekil 4.4.' de ise sisteme girilen referans seviye bilgisinin sürücü gerilimi bilgisine dönüştürülmesi sırasında kullanılan bloğun iç yapısı görülmektedir. Burada deneysel verilere bağlı olarak hangi seviyenin hangi sürücü gerilimine karşılık geldiği tablolaşmıştır. Oluşturulan bu tablolara bağlı olarak sisteme girilen referans sıvı seviye değeri sürücü gerilimine dönüştürülerek Analog Output bloğu aracılığıyla sürücünün analog girişlerine uygulanmaktadır.



Şekil 4.4. Referans seviye bilgisinin sürücü gerilimine dönüştürülmesinde kullanılan bloğun iç yapısı.

Şekil 4.5 ve 4.6' daki tablolarda açık çevrim model üzerinde kullanılan sensör bilgisinin ölçülen seviye bilgisine dönüşümü sırasında kullanılan deneysel veriler yer almaktadır. Vananın açık ve kısık olma konumuna bağlı olarak gerçekleştirilen deney sonuçları kaydedilmiştir. Tablolarda ilk sütuna sensörden alınan bilgi, 2. sütuna ise seviye bilgileri atanmıştır. Dolayısıyla sensörden alınan bilgiye karşılık gelen sıvı seviye bilgisi sistem üzerinde gözlemlenebilmektedir.

Row	Breakpoints	Column (1)
(1)	0.8	19
(2)	1.035	18.4
(3)	3.7	12.1
(4)	3.708	12.3
(5)	4.7	9.8
(6)	4.7	10
(7)	5.7	7.5
(8)	5.9	7
(9)	6.112	6.5
(10)	6.2	6.2

Şekil 4.5. Sensör geriliminin sıvı seviye bilgisine dönüştürülmesinde kullanılan deneysel veriler (Ç.N.1).

Şekil 4.5’ deki verilere bağlı olarak vananın kısık konumu (vana %10 açık) olan Ç.N.1 için sensör gerilimi ile buna bağlı olarak ölçülen sıvı seviyesi arasındaki bağıntıyı temsil eden fonksiyon denklem 4.1’de ifade edilmektedir. Bu denklemde x bilgisi seviye bilgisini, y bilgisi ise sensör gerilimini temsil etmektedir. Bu fonksiyon Şekil 4.5’ deki verilere MATLAB ile 2. dereceden polinom ifadesi yaklaşımıyla elde edilmiştir. Polinom ifadesinin elde edilmesi sırasında sensör gerilimi ile ölçülen sıvı seviyesine bağlı grafik elde edilmiş ve bu grafiğe eğri uydurma yöntemi uygulanarak sensör gerilimi ile ölçülen sıvı seviyesi arasındaki ilişki elde edilmiştir.

$$y = 0.0016x^2 - 0.48x + 9.2 \quad (4.1)$$

Burada;

$x = \text{seviye bilgisi}$ $y = \text{sensör gerilimi}$ bilgisini temsil etmektedir.

Bunun yanı sıra vananın % 85 açık konumu olan Ç.N.2 için (vana açık) sensör gerilimi ile ölçülen sıvı seviyesi verileri Şekil 4.6’ da gösterilmiştir. Bu verilerin birbiriyle bağıntısını temsil eden fonksiyon MATLAB programında 2. dereceden polinom ifadesi yaklaşımıyla elde edilmiştir. Ç.N.2 için sensör gerilimi ile ölçülen sıvı seviyesi arasındaki bağıntıyı ifade eden fonksiyon denklem 4.2’ de gösterilmiştir. Bu verilere bağlı olarak sensörden alınan gerilim bilgisi açık çevrim model üzerinde seviye bilgisine dönüştürülmektedir.

$$y = 0.00029x^2 - 0.5x + 9.3 \quad (4.2)$$

Burada;

x = seviye bilgisi y = sensör gerilimi bilgisini temsil etmektedir.

The screenshot shows the 'Lookup Table Editor' window for 'openloop/Subsystem1/S_Seviy 2'. The table displays 14 rows of data. The first column is 'Row', the second is 'Column', and the third is the data value. The data values are: 18.3, 16.4, 14.1, 13.4, 11.4, 9.6, 9.1, 8.688, 7.5, 7, 7.1, 4.6, 0, 0.

Row	Column	(1)
(1)	1.12	18.3
(2)	2.1	16.4
(3)	2.46	14.1
(4)	3.248	13.4
(5)	4.03	11.4
(6)	4.745	9.6
(7)	5.037	9.1
(8)	5.231	8.688
(9)	5.7	7.5
(10)	5.92	7
(11)	5.97	7.1
(12)	6.967	4.6
(13)	9.5	0
(14)	9.9	0

Şekil 4.6. Sensör geriliminin sıvı seviye bilgisine dönüştürülmesinde kullanılan deneysel veriler tablosu (Ç.N.2).

Bunun yanı sıra Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 deki tablolarda da yine vananın açık ve kısık konumu için referans olarak girilen sıvı seviye değerleri de aynı şekilde 1. sütun bilgisi olarak atanmış ve bu seviyeye karşılık gelen sürücü değerleri de 2. sütun bilgisi olarak girilmiştir. Açık çevrim model üzerine yerleştirilen bu veriler aracılığıyla, vananın konumuna bağlı olarak seçilen tablodaki veriler aracılığıyla, sisteme girilen referans seviye bilgisi sürücü gerilimine dönüştürülmekte olup “Analog Output” bloğu aracılığıyla sürücünün analog girişlerine uygulanmaktadır.

The screenshot shows the 'Lookup Table Editor' window for 'openloop/Subsystem2/1.NOKTA'. The 'Table blocks' list on the left includes 'Subsystem1', 'S_Seviye 1', 'S_Seviye 2', 'Subsystem2', '1.NOKTA' (selected), and '2.NOKTA'. The main area displays the 'Viewing "Lookup Table" block data [T(:)]:' table. The table has 3 columns: 'Breakpoints', 'Column', and '(1)'. The data is as follows:

Row	Breakpoints	Column	(1)
(1)	6.5		1.53
(2)	7.5		1.565
(3)	10		1.57
(4)	12.3		1.609
(5)	18.4		1.653

Below the table, the 'Data Type' is set to 'double' for both 'Row' and 'Column'. The 'Dimension Selector' shows 'Dimension size' as 5 and 'Showing' as 'All'. The 'Transpose display' checkbox is unchecked.

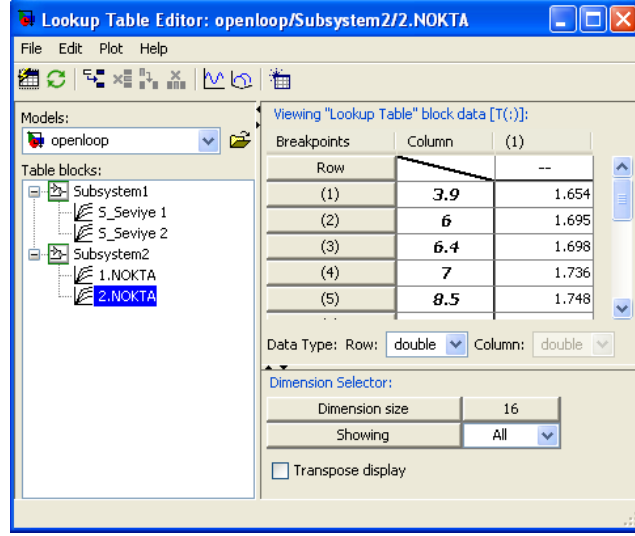
Şekil 4.7. Referans seviyeye karşılık sürücü gerilimi (Ç.N.1).

Şekil 4.7’ de Ç.N.1 için referans seviye bilgisine karşılık gelen sürücü bilgisi temsil edilmektedir. Ç.N.1 için referans seviye ve sürücü gerilimi arasındaki ilişkiyi temsil eden fonksiyon denklem 4.3’ de gösterilmektedir.

$$y = 0.0002x^2 + 0.015x + 1.5 \quad (4.3)$$

Burada;

x = referans seviye bilgisi y = sürücü gerilimi bilgisini temsil etmektedir.



Şekil 4.8. Referans seviyeye karşılık sürücü gerilimi (Ç.N.2).

Şekil 4.8’de ise Ç.N.2 için referans seviyeye karşılık gelen sürücü gerilimleri temsil edilmektedir. Burada referans seviye ile sürücü gerilimi arasındaki bağıntıyı temsil eden 2. derece fonksiyon, denklem 4.4’de gösterilmektedir.

$$y = -0.00015x^2 + 0.021x + 1.7 \quad (4.4)$$

Burada;

x = referans seviye bilgisi y = sürücü gerilimi bilgisini temsil etmektedir.

4.3. Sıvı Seviye Denetim Sisteminde Açık Çevrim Kontrolü

Sıvı seviye denetim sisteminde açık çevrim deneysel çalışmaları gerçekleştirilirken açık çevrim Simulink model üzerinden sistem çalıştırılmıştır. Öncelikle vananın kısık konumu olan Ç.N.1.çalışma noktası referans seçilmiştir. Seviye tüpünde ulaşılması istenen referans seviye Simulink model üzerinden girilmiş ve her bir referans değeri için ölçülen seviye, sürücü gerilimi, sensör gerilimi ve hata değerleri tablo şeklinde kaydedilmiştir. Yapılan tüm işlemler vananın açık konumu olan Ç.N.2 içinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir.

Ref.Sev.= Sisteme girilen referans sıvı seviyesi

Ölç.Sev.= Tüp içindeki sıvının yüksekliği

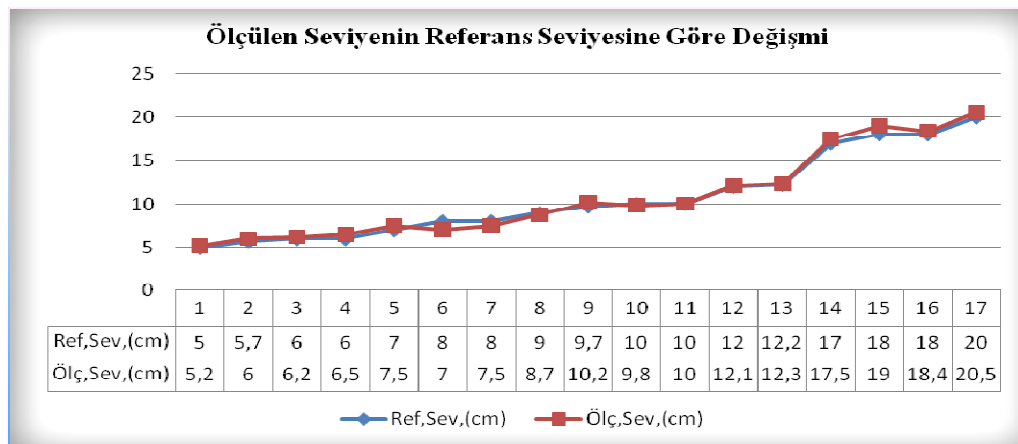
Vsrc= Sürücüye uygulanan gerilim değeri

Vsnsr= Sensörden okunan gerilim değeri

Çizelge 4.1. Ç.N.1. için elde edilen deneysel veriler

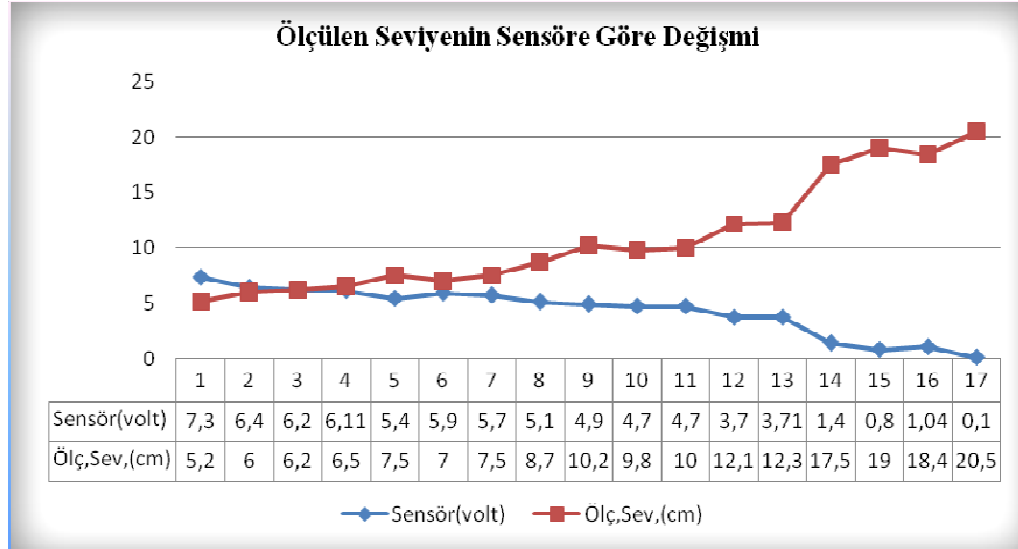
1.ÇALIŞMA NOKTASI				
Ref.Sev.(cm) (cm)	Ölç.Sev(cm)	Vsrc(volt)	Vsnr(volt)	Hata
5.0	5.2	1.520	7.300	%4
5.7	6.0	1.528	6.400	%5
6.0	6.2	1.530	6.200	%4
6.0	6.5	1.530	6.112	%8
7.0	7.5	1.568	5.400	%7
8.0	7.5	1.565	5.700	%6
9.0	8.7	1.569	5.100	%3
9.7	10.2	1.571	4.900	%5
10	9.8	1.570	4.700	%2
10	10	1.570	4.700	%0
12	12.1	1.609	3.700	%0.8
12.2	12.3	1.609	3.708	%0.8
17	17.5	1.651	1.400	%2
18	19	1.653	0.800	%5
18	18.4	1.653	1.035	%2
20	20.5	1.670	0.100	%2

Şekil 4.9'a bakıldığında vananın kısık konumu için elde edilen verilere göre ölçülen seviyenin referans seviyeye göre değişimi görülmektedir. Sistem grafiğe göre bazı bölgelerde referans seviyeyi tam olarak takip etmiş, bazı noktalarda ise referans seviyeden uzaklaştığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak vananın kısık konumu için seçilen noktanın 8 cm ve 18 cm dışındaki referans seviyelerde bu noktalara göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9. Vana kısık konumundayken ölçülen seviyenin referans seviyeye göre değişimi.

Şekil 4.10' da ise ölçülen seviyenin sensör gerilimiyle ters orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir. Sıvı seviyesinin artmasıyla sensör geriliminin azaldığı gözlemlenmiştir. Sıvı seviyesi arttıkça sensör çıkış geriliminin 0 V'a yaklaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.10. Vana kısık konumundayken ölçülen seviyenin sensör gerilimine göre değişimi.

Vananın kısık konumu için yapılan deneyler aynı şekilde vananın açık konumu için de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.2' de gösterilmiştir. Çizelgedeki verilere bakarak vananın açık konumu için seçilen noktadaki deneysel verilerde hatanın % 0 ile % 6 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Sürücü geriliminin yaklaşık olarak 1.8 V ile 2 V değişim aralığına karşılık sıvı seviyesi 4 cm ile 18 cm arasında değişim göstermektedir.

Ref.Sev.= Sisteme girilen referans sıvı seviyesi

Ölç.Sev.= Tüp içindeki sıvının yüksekliği

Vsrc= Sürücüye uygulanan gerilim değeri

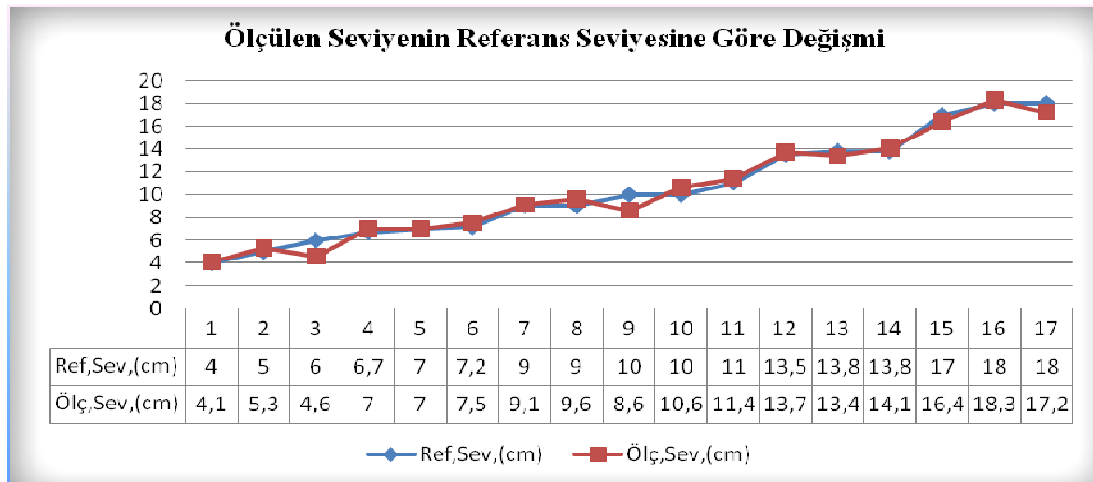
Vsnr= Sensörden okunan gerilim değeri

Çizelge 4.2. 2.Çalışma noktası için elde edilen deneysel veriler

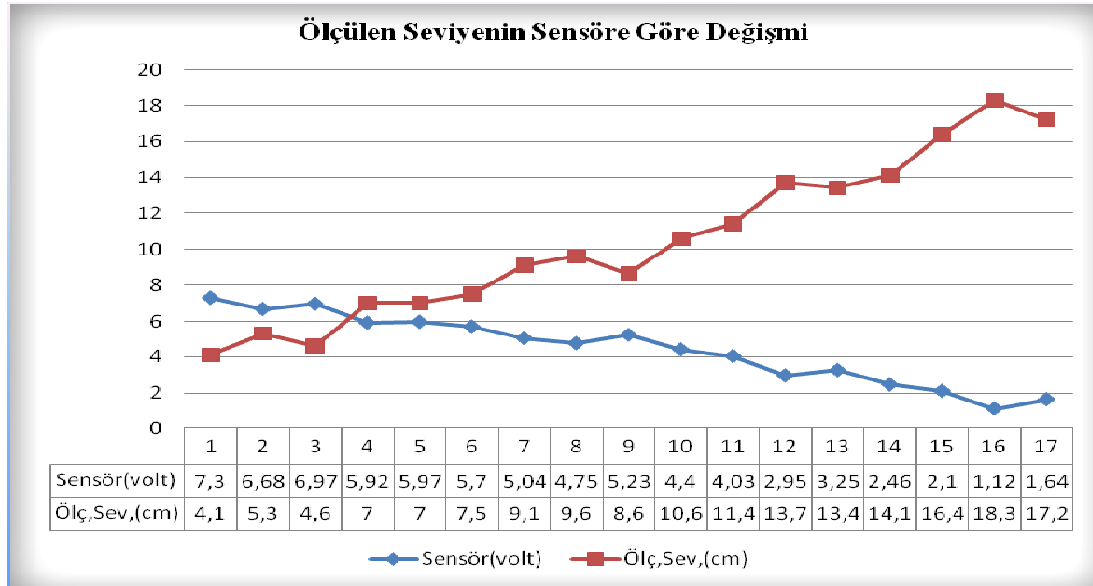
2. ÇALIŞMA NOKTASI				
Ref.Sev.(cm)	Ölç.Sev.(cm)	Vsrc(volt)	Vsnsr(volt)	Hata
4.0	4.1	1.793	7.300	%2
5.0	5.3	1.844	6.680	%6
6.7	7.0	1.762	5.920	%4
7.0	7.0	1.810	5.970	%0
7.2	7.5	1.770	5.700	%4
9.0	9.1	1.830	5.037	%1
9.0	9.6	1.810	4.745	%6
10	10.6	1.978	4.397	%6
11	11.4	1.865	4.030	%3
13.5	13.7	1.982	2.953	%1
13.8	13.4	1.859	3.248	%2
13.8	14.1	1.892	2.460	%2
17	16.4	1.978	2.100	%3
18	18.3	1.971	1.120	%1
18	17.2	2.004	1.639	%4

Bunun yanı sıra Çizelge 4.2’ deki verilere bakarak sensör geriliminin de sıvının seviyesiyle ters orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.11’ de ise vananın açık konumu için elde edilen deneysel verilere bağlı olarak elde edilen grafikleri incelediğimizde 6 cm ve 10 cm referans seviye dışındaki noktalarda ölçülen seviyenin referans seviyeyi birebir takip ettiği gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak vananın seçilen bu konumunun yapılan ölçümlerin genelinde iyi sonuç verdiği fakat grafiğe göre 6 cm ve 10 cm civarlarında % 6 ile % 4 arasında hatalar ürettiği gözlemlenmiştir.

**Şekil 4.11.** Vanaanın açık konumu için ölçülen seviyenin referans seviyeye göre değişimi.

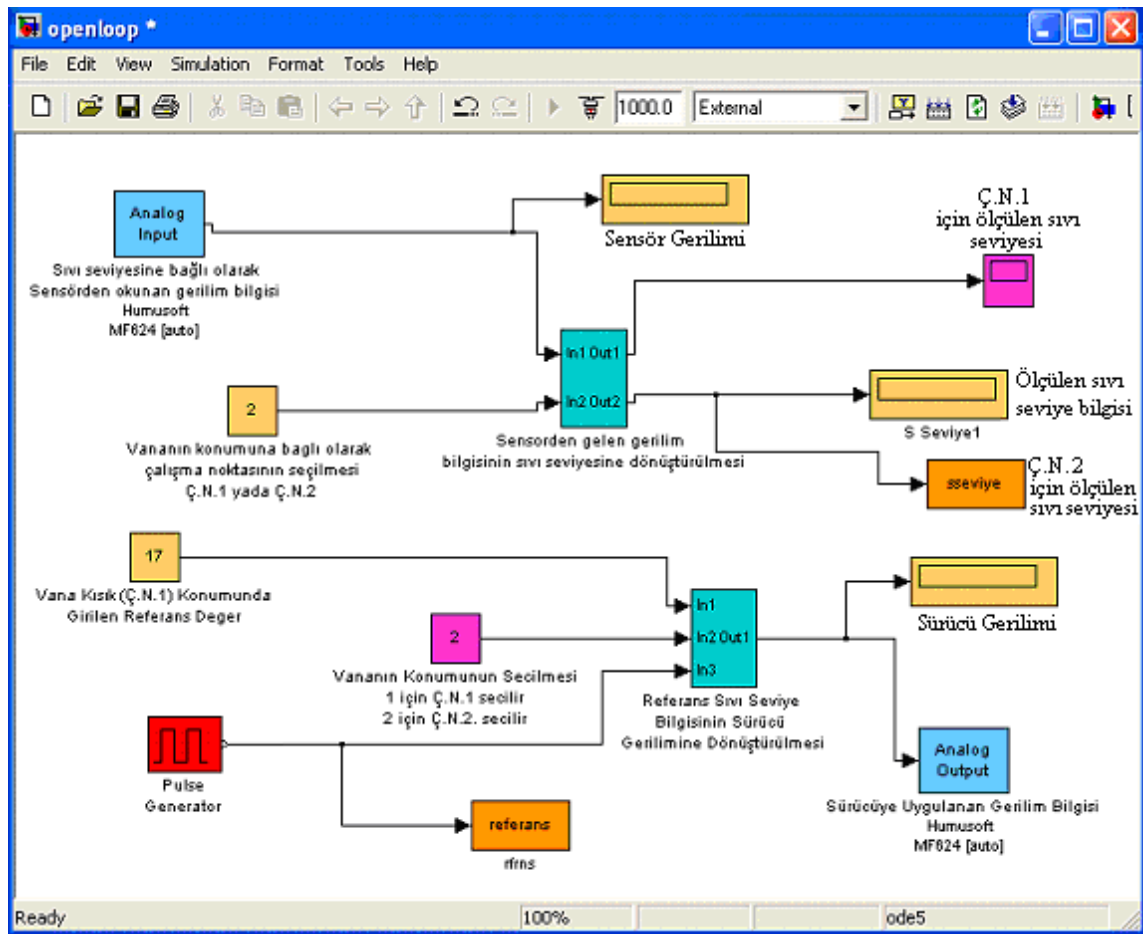
Şekil 4.12’ de vananın açık konumu için ölçülen seviyenin sensör gerilimine göre değişimi gözlenmektedir. Sensör gerilim değeri sıvı seviyesiyle ters orantılı olarak değişmekte sıvının seviyesi yükseldikçe sensörden alınan gerilim değeri de 0 V’ a yaklaşmaktadır.



Şekil 4.12. Vananın açık konumu için ölçülen seviyenin sensör gerilimine göre değişimi.

4.4. Sistem Açık Çevrim Cevabı

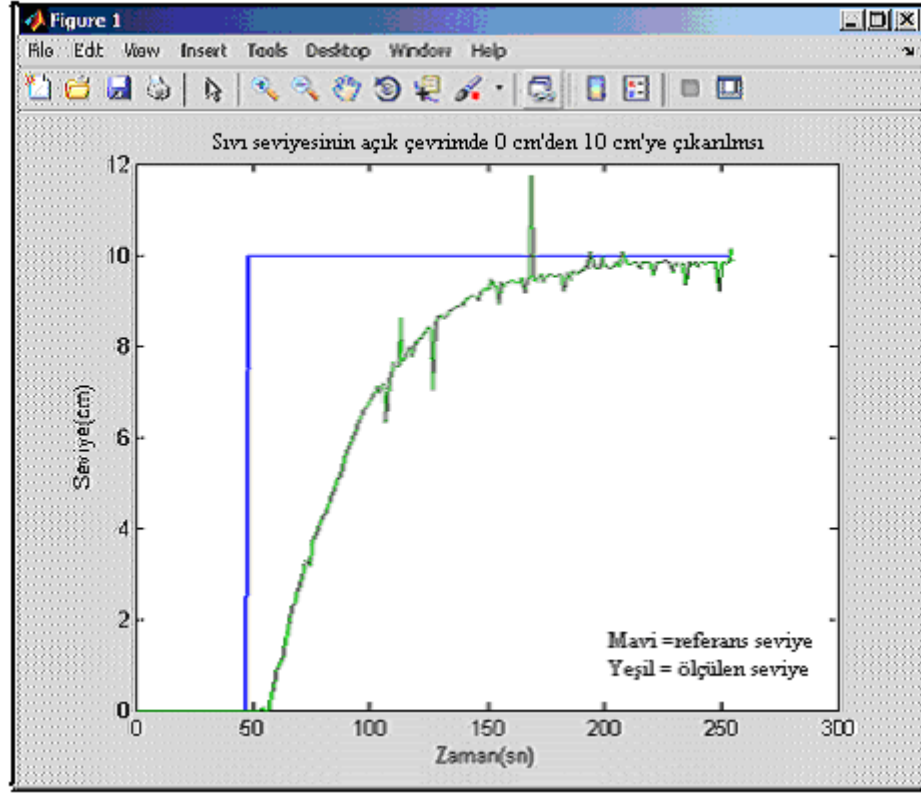
Sıvı seviye sisteminin açık çevrim deneysel çalışmaları gerçekleştirilirken sistem girişine Şekil 4.13’ deki gibi darbe üretici uygulanmıştır. Ç.N.2 noktası referans olarak seçilmiştir. Burada sensör bilgisinin ölçülen seviye bilgisine dönüşümü sırasında denklem 4.2 ve referans seviyenin sürücü gerilimine dönüşümü sırasında da denklem 4.4 kullanılmıştır. Burada vananın açık konumu için elde edilen deneysel veriler dikkate alındığından dolayı sistemdeki bloklar aracılığıyla vananın açık konumu yani Ç.N.2 noktası seçilmiştir.



Şekil 4.13. Sıvı seviye denetim sistemine darbe üreticinin uygulanması.

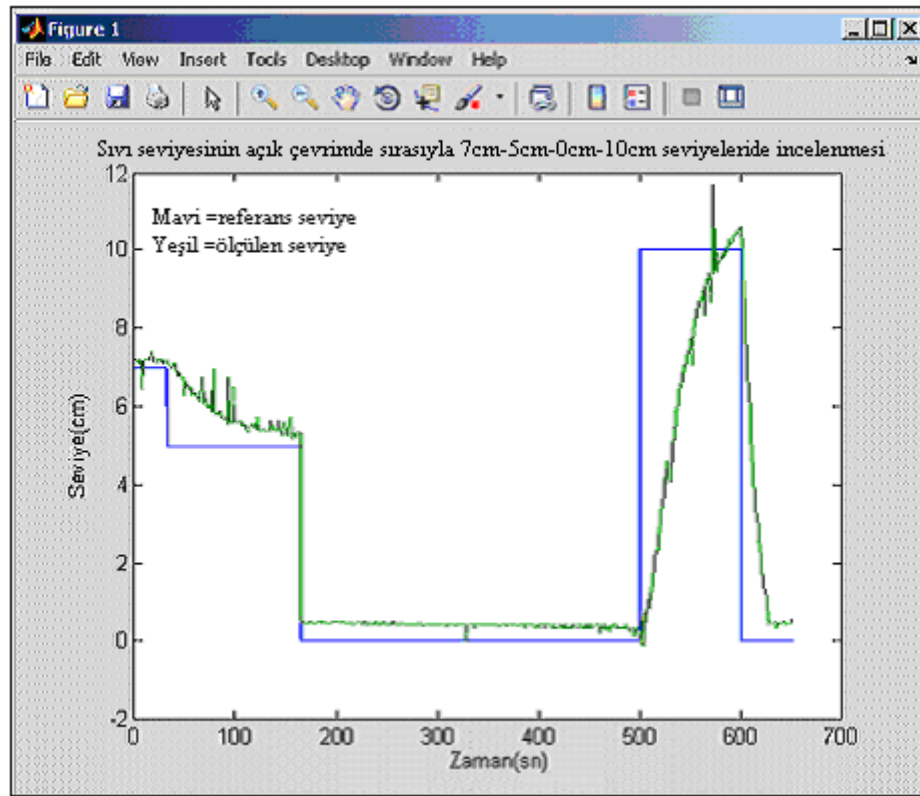
Buna bağlı olarak sistemin girişine farklı genliklerde referans seviye darbeleri uygulanmış ve bunun sonucunda elde edilen grafikler aşağıda gösterilmiştir.

Şekil 4.14’ de vananın açık konumu için 10 cm’ lik referans seviye uygulanmış ve buna bağlı olarak sistem cevabı gözlemlenmiştir. Burada sisteme 50. sn dolaylarında 10 cm’ lik referans değeri girilmiş ve yaklaşık olarak başlangıç süresinden 200 sn sonra seviye tüpündeki sıvı seviyesinin istenilen değere ulaştığı gözlemlenmiştir.



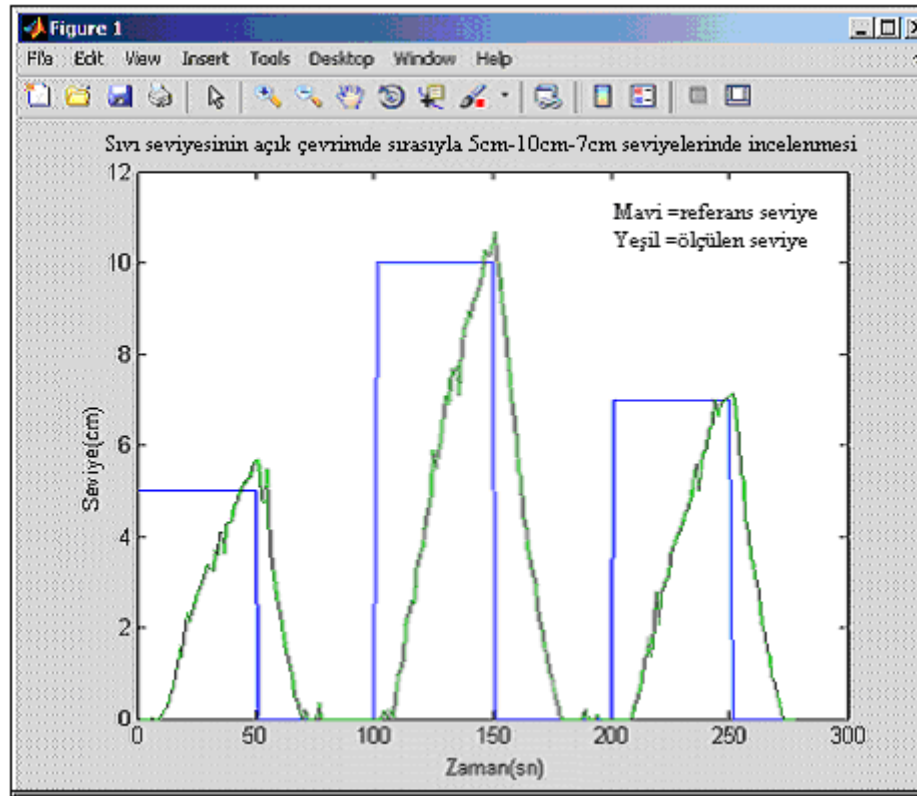
Şekil 4.14. Sıvı seviyesinin açık çevrimde 0 cm' den 10 cm' ye arttırılması.

Şekil 4.15’ de ise sisteme uygulanan darbe üreticinde farklı referans seviyelerine karşılık sistem cevabı gözlemlenmektedir. Burada sırasıyla sisteme 7 cm, 5 cm, 0 cm ve 10 cm uygulanmış sıvı seviyesinin uygulanan referans seviyeye bağlı olarak değiştiği hem grafik üzerinde hem de sıvı seviye tüpü üzerinde gözlemlenmiştir. 0 cm seviyesinden 10 cm seviyesine açık çevrimde yaklaşık 100 sn’ lik zaman aralığında ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.15. Sıvı seviyesinin açık çevrimde sırasıyla 7 cm-5 cm-0 cm-10 cm seviyelerinde incelenmesi

Aynı şekilde Şekil 4.16’ da referans seviye 50 sn aralıklarla değiştirilmiş sistem cevabının girilen referans değerleri düzenli olarak takip edebildiği gözlemlenmiştir. Burada sırasıyla 5 cm, 10 cm ve 7 cm seviyeleri uygulanmıştır. Seçilen referans noktalar sistemin açık çevrim cevabının farklı seviyelerde gözlemlenebilmesi için seçilmiştir. Sıvı seviye referansı 0 cm olarak girildiğinde motorun frenlemeye geçerek sıvının istenilen seviyeye ulaştığı gözlemlenmiştir.

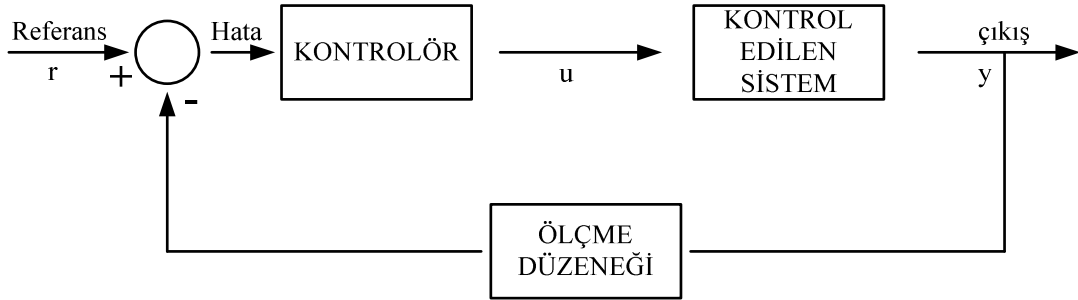


Şekil 4.16. Sistem girişine uygulanan 5 cm – 10 cm – 7 cm seviyelerine karşılık açık çevrim cevabı

5. MATLAB TABANLI SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNİN KAPALI ÇEVİRİM KONTROLÜ

5.1. Kapalı Çevrim Kontrol Sistemleri (Geribeslemeli Sistemler)

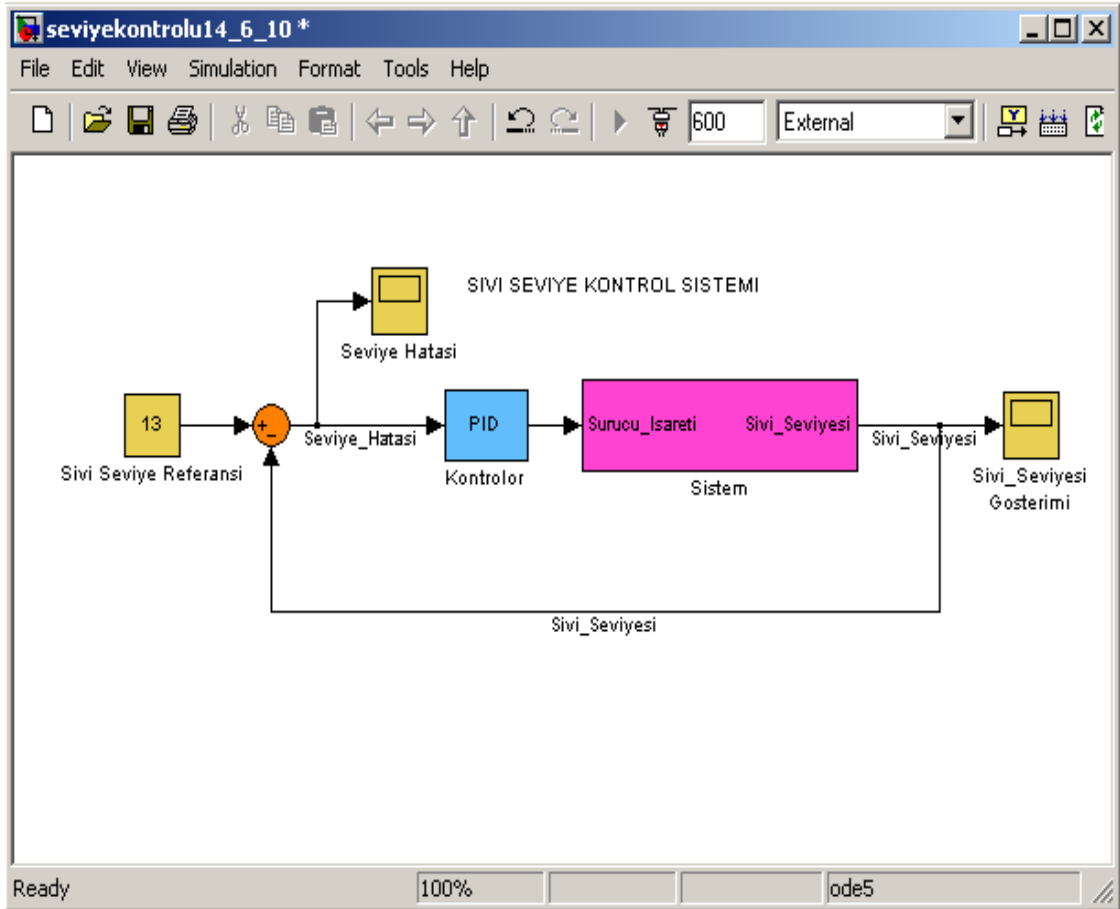
Kapalı çevrim sistemler sistem işlemlerinin sonuçlarının, benzetim modeline bir sonraki işlemin değişikliği için geri döndüğü sistemlerdir. Bu sistemlerde sistem çıkışı ölçme düzeneğinden geçirildikten sonra referans seviyeye kıyaslanarak bir hata işareti üretilir. Bu hata işareti bir kontrolöre uygulandıktan sonra üretilen kontrol işareti kontrol edilen sisteme uygulanır ve sistem çıkışı elde edilmiş olur. Şekil 5.1, kapalı çevrim kontrol sistemi öğelerinin blok şemasını göstermektedir.



Şekil 5.1. Kapalı çevrim kontrol sistemi blok şeması

5.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Kapalı Çevrim Simulink Modeli

Sıvı seviye deney düzeneğinin kapalı çevrim kontrolü sırasında kullanılan Simulink modeli Şekil 5.2' de gösterilmektedir. Sistemde kontrolör olarak PID yapısı kullanılmıştır. Sistemin kapalı çevrim Simulink modeli oluşturulurken açık çevrimde elde edilen boşaltım vanasının açık ve kısık durumları için elde edilen deneysel veriler kullanılmıştır. Bu verilerin nasıl kullanıldığı ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.



Şekil 5.2. Sıvı seviye denetim sistemi kapalı çevrim Simulink modeli.

Sistemin kapalı çevrim modelinde sistem girişine uygulanan referans seviyeden sistem çıkışından alınan seviye bilgisi çıkarılarak bir hata işareti üretilir. Bu işaret PID kontrolör yapısına gönderilerek bu yapının içinde bu hatayı giderecek seviyede bir kontrol işareti üretilir. Üretilen kontrol işareti sürücüye uygulanarak sıvı istenilen seviyede tutulmuş olur. Şekil 5.2’deki Simulink model üzerindeki ‘Sistem’ bloğunun iç yapısı Şekil 5.3’de görülmektedir.

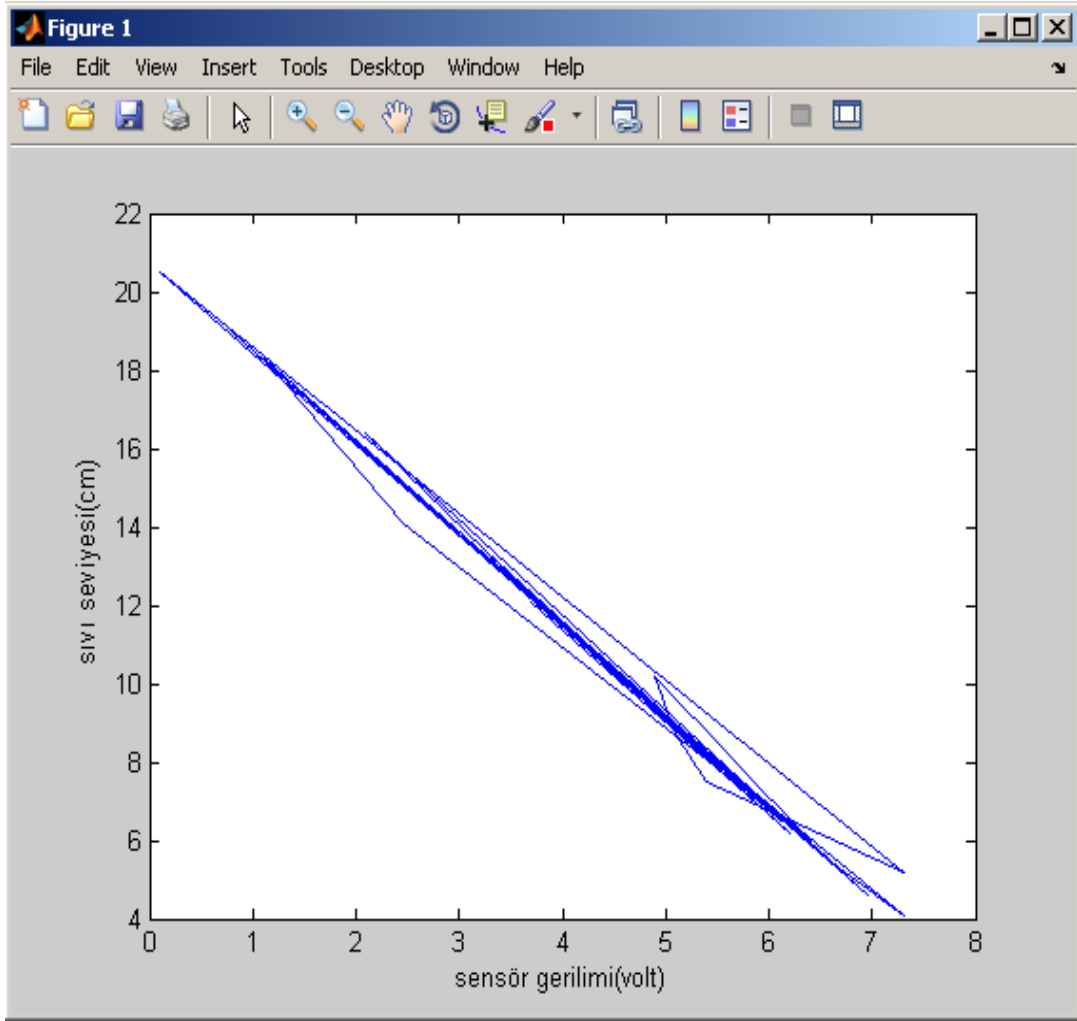
5.3. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Simulink Modeli Üzerindeki ‘Sistem’ Bloğunun Modellenmesi

Sıvı seviye denetim sisteminin Simulink’te modellenmesi sırasında deneysel verilerden faydalanılmıştır. Açık çevrimde yapılan deneysel çalışmalarda çalışma aralığını temsil eden vananın açık ve kısık konumu için elde edilen veriler Çizelge 5.1’ de gösterilmiştir. Sıvı seviye tüpündeki sıvı seviyesinin ölçülen değerine bağlı olarak üretilen sensör gerilim bilgisi kaydedilmiştir. Daha sonra Çizelge 5.1’ deki bir araya getirilerek MATLAB üzerine aktarılmıştır. Bu verileri temsil eden grafik Şekil 5.4’ de gösterilmiştir. Söz konusu grafiğe MATLAB üzerinde eğri uydurma yöntemi uygulanmıştır [21]. Yapılan işlemler aşağıda sırasıyla açıklanmaktadır.

Çizelge 5.1. Sensör ve seviye bilgisi verileri.

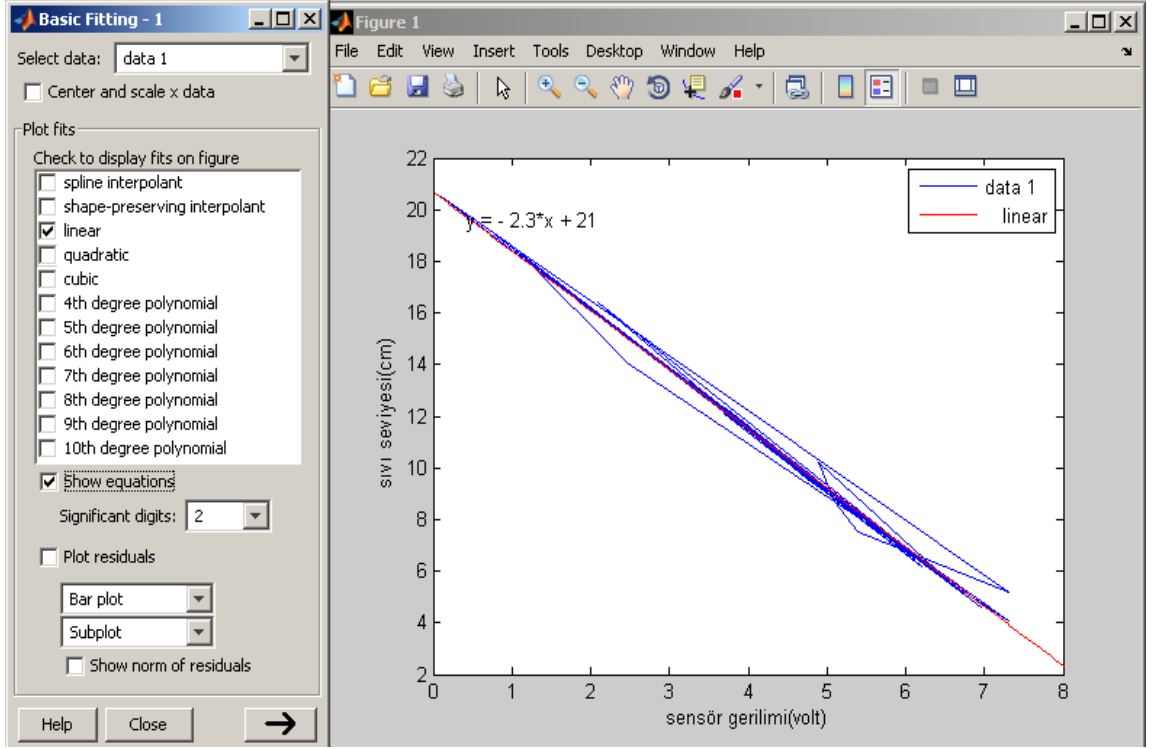
Ölç.Sev.(cm)	Sensör(volt)
12.1	3.700
6.2	6.200
9.8	4.700
19.0	0.800
7.0	5.900
12.3	3.708
6.5	6.112
10.0	4.700
18.4	1.035
7.5	5.700
20.5	0.100
5.2	7.300
7.5	5.400
8.7	5.100
10.2	4.900
6.0	6.400
17.5	1.400

Sıvı seviye ve sensör gerilimine bağlı olarak elde edilen deneysel veriler MATLAB üzerinde işlenerek aşağıdaki Şekil 5.4’ deki grafik elde edilmiştir.



Şekil 5.4. Sıvı seviye ve sensör gerilimine bağlı grafik.

Daha sonraki aşamada ise ölçülen sıvı seviyesine ve sensör değerlerine bağlı fonksiyonun elde edilebilmesi için Şekil 5.4’ deki grafik üzerinde eğri uydurma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre elde edilen grafiğe en uygun eğrinin lineer bir eğri olduğu saptanmış ve buna bağlı olarak sensör gerilimi ile seviye bilgisi arasındaki bağıntıyı temsil eden fonksiyon MATLAB’ de 1. derece polinom ifadesi yaklaşımıyla elde edilmiş ve denklem 5.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Sıvı seviye ve sensör gerilimine bağlı fonksiyonun elde edilmesi.

Buna göre sensör bilgisinin seviye bilgisine dönüştürülmesi sırasında denklem 5.1 fonksiyonu elde edilmiştir.

$$y = -2,3x + 21 \quad (5.1)$$

Burada;

$x = \text{sıvı seviye bilgisi}$ $y = \text{sensör gerilimi}$ bilgisini temsil etmektedir.

Şekil 5.5' deki grafikte x bilgisi sensör gerilimini, y bilgisi ise sıvı seviyesini temsil etmektedir. Bu fonksiyon sıvı seviye denetim sisteminin kapalı çevrim Simulink modeli üzerinde tanımlandıktan sonra Şekil 5.3' deki sistem bloğunun iç yapısı elde edilmiştir. Bu modelde sensörden alınan gerilim bilgisi kazanç ile çarpılıp sabit değerle toplandıktan sonra seviye bilgisi elde edilmiş olur.

Elde edilen seviye bilgisi referans seviye ile karşılaştırıldıktan sonra üretilen hata işareti PID kontrolörüne tabi tutulur ve PID tarafından üretilen kontrol işareti direk olarak motor sürücüsünün analog girişlerine uygulanır.

6. PID İLE KONTROL YÖNTEMİ VE PID KONTROL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN ZİEGLER-NİCHOLS METODU

6.1. PID ile Kontrol Yöntemi

Bir PID denetleyici orantısal, integral ve türev denetleyicilerinin bir araya gelmesiyle ifade edilmektedir. Üç temel denetim etkisinin (P, I, ve D) birleşiminden oluşur. PID denetim etkisi ile bir taraftan sürekli durum hatası elimine edilirken diğer taraftan da sistemin geçici durum davranışı iyileştirilmiş olur [1] .

PID denetleyici için $u(t)$ denetim sinyali sürekli zamanda denklem 6.1'deki gibi ifade edilmektedir.

$$U(t) = k_p [e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{e(t)}{d(t)}] \quad (6.1)$$

PID Kontrol edicinin transfer fonksiyonu denklem 6.2'deki formdadır.

$$PID = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s \quad (6.2)$$

Denklem 6.2'de k_p oransal kazanç, k_i integral kazancı, k_d ise türev kazancı olarak isimlendirilmektedir.

PID kontrol edicinin transfer fonksiyonu bir başka ifade ile denklem 6.3deki gibi gösterilmektedir.

$$PID = k_c [1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s] \quad (6.3)$$

Burada $T_i = k_i/k_p$ ve $T_d = k_d/k_p$ olarak ifade edilmektedir.

T_i integral sabiti ve T_d ise türev zaman sabitidir. $k_p = k_c$ ise sistemin kontrol edici kazancı olarak tanımlanmaktadır [7] .

PID kontrol yapısının tasarımı yapılırken k_p, k_i ve k_d ifadelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunların yanı sıra k_c, T_i ve T_d ifadelerinin de bulunması gerekmektedir [7].

PID kontrol edici de k_p, k_i ve k_d katsayılarının sistem üzerindeki etkisi incelenecek olursa k_p oransal sabitinin artışı sistemin yükselme zamanını azaltır, ani tepkisini artırır,

oturma zamanında az değişim gözlenir ve kararlı durum hatasını azaltır. Bunun yanı sıra k_i integral sabitinin artışı ise sistemin yükselme zamanını azaltır, ani tepkisini arttırır, sistemin oturma zamanını arttırır ve kararlı durum hatasını yok eder. Türev kazancı olan k_d değerinin artışıyla sistemin yükselme zamanı az değişim gösterir, sistemin ani tepkisi azalır, oturma zamanı azalır ve kararlı durum hatası ise az değişim gösterir. Çizelge 6.1’de k_p , k_i ve k_d gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. k_p, k_i ve k_d parametrelerinin sistem cevabına etkisi.

Denetleyici	Yükselme zamanı	Sistem ani tepkisi	Oturma zamanı	Kararlı durum hatası
k_p	Azalır	Artar	Az değişim gösterir	Azalır
k_i	Azalır	Artar	Artar	Yok eder
k_d	Az Değişim Gösterir	Azalır	Azalır	Az değişim gösterir

6.2. PID kontrol Parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan Ziegler-Nichols metodu

Bilindiği gibi, PID denetim etkisi altındaki sistemlerde istenilen amaca uygun olan güvenilir bir denetim sağlayabilmek için, denetleyici yapısındaki k_p , k_i ve k_d parametrelerinin dikkatlice belirlenmesi gerekir. Bu parametrelerin uygun şekilde elde edilebilmesi sırasında kullanılan metotlardan biri olan Ziegler-Nichols metodunda PID parametreleri 2 farklı yaklaşım ile belirlenebilir. Bu yaklaşımlardan biri sürekli titreşim yöntemi, diğeri ise süreç reaksiyon eğrisi yöntemidir [1].

Sürekli titreşim yönteminin esasında başlangıçta integral ve türev etkilerini devre dışı bırakıp, kontrol organının sadece orantı etki ile deneye tabii tutulmasına dayanır. Yöntemde,

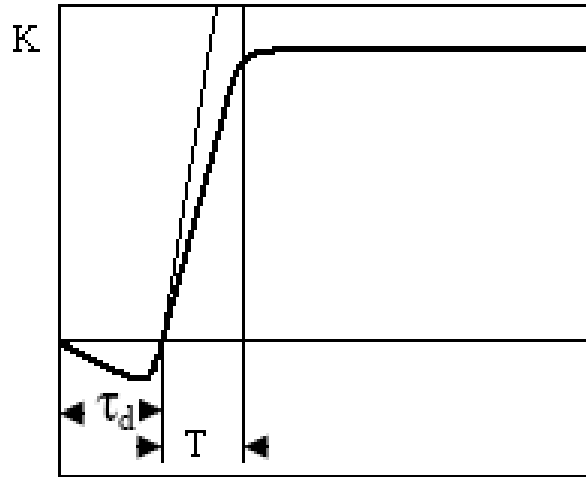
- Başlangıçta $T_i = \infty$ ve $T_d = 0$ kabulü yapılır.
- Kapalı döngü sisteme birim basamak giriş uygulanır.
- Sistem cevabı sürekli sinüsoidal titreşim yapan bir eğri haline erişene kadar orantı kazancı k_p arttırılır.
- Bu duruma karşılık gelen orantı kazancına k_{pmax} ve titreşim periyoduna ise T_0 denir.

$k_p \max$ değeri, sistemin kararsızlık durumuna erişmeden önce ulaşabileceği en yüksek değerdir. Ziegler-Nichols' un sürekli titreşim yöntemine göre denetleyici parametreleri Çizelge 6.2'ye göre hesaplanmaktadır.

Çizelge 6.2. Ziegler-Nichols sürekli titreşim yöntemine göre PID ayar kuralları.

Kontrol Tipi	k_p	T_i	T_d
P	$0.5 k_{p \max}$	-	-
PI	$0.45 k_{p \max}$	$0.825 T_o$	-
PID	$0.6 k_{p \max}$	$0.5 T_o$	$0.125 T_o$

Ziegler-Nichols tarafından önerilen süreç reaksiyon eğrisi yönteminde ise sistemin açık döngü birim basamak tepkisi incelenir. Sistemin birim basamak tepkisi incelenirken Şekil 6.1'deki gibi bir analiz yöntemi uygulanır [7].



Şekil 6.1. Süreç reaksiyon eğrisi

Bu eğriye göre τ_d ölü zaman, T yükselme zamanı ve K ise kazanç olarak ifade edilmektedir.

Süreç reaksiyon eğrisi için Z – N kuralları Çizelge 6.3'de verilmiştir, kontrol edicinin parametreleri bu çizelgeye uygun bir şekilde seçilebilir.

Çizelge 6.3. Süreç reaksiyon eğrisi için Ziegler-Nichols kural tablosu.

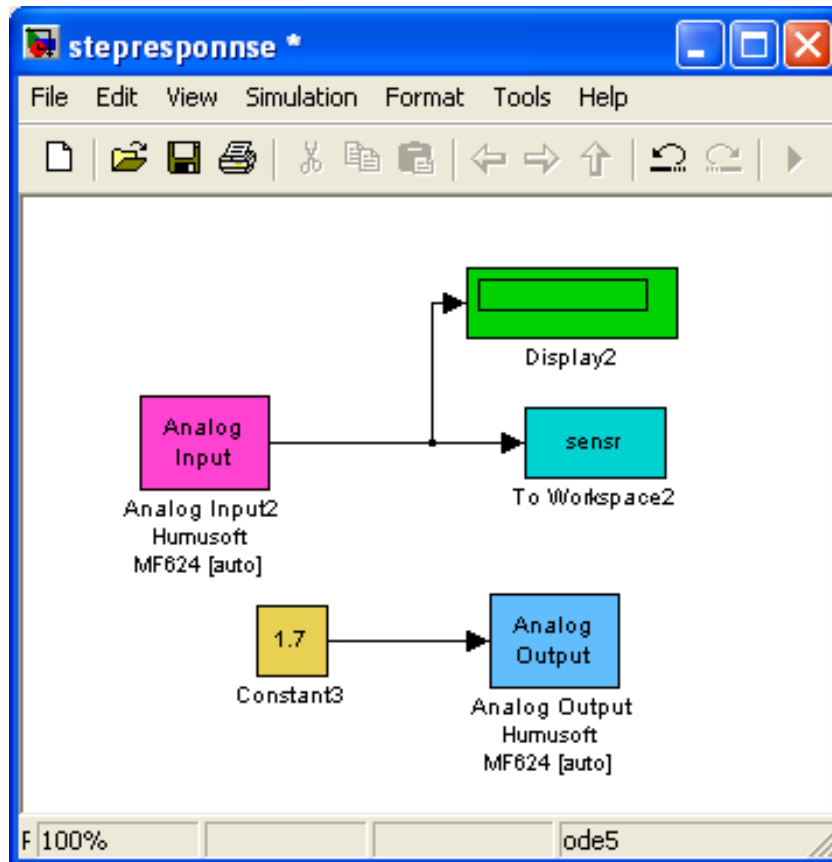
Kontrol edici	Parametreler		
	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{T}{K\tau_d}$	-	-
PI	$\frac{0,9T}{K\tau_d}$	$\frac{\tau_d}{0,3}$	-
PID	$\frac{1,2T}{K\tau_d}$	$2\tau_d$	$0.5\tau_d$

7. SIVI SEVİYE DENETİM SİSTEMİNDEKİ PID PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

Sıvı seviye sisteminin kapalı çevrim kontrolünde PID parametrelerinin hesaplanması sırasında Ziegler-Nichols in önermiş olduğu süreç reaksiyon eğrisi metodu kullanılmıştır. Bu metotta PID parametrelerinin hesaplanırken öncelikle sistemin açık döngü birim basamak tepkisi incelenmiştir. Daha sonra elde edilen birim basamak tepkisi grafiklerinin içinden Ziegler-Nichols'in önermiş olduğu süreç reaksiyon eğrisine benzer olan grafikler belirlenmiş ve 2 farklı grafik için PID parametreleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

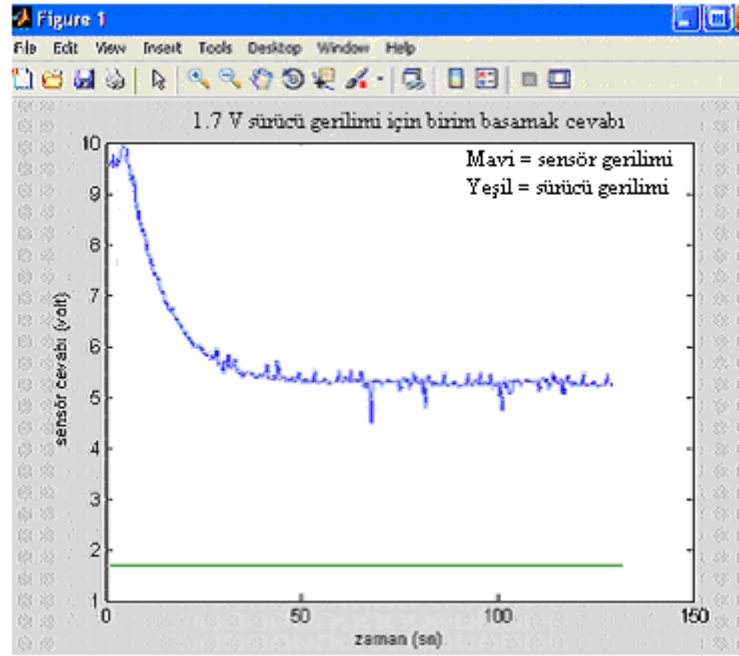
7.1. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin Açık Döngü Birim Basamak Tepkisinin İncelenmesi

Sıvı seviye denetim sistemin birim basamak cevabının incelenmesi sırasında sürücünün girişine Şekil 7.1'de oluşturulan Simulink model üzerinden sabit gerilim değerleri uygulanmıştır.

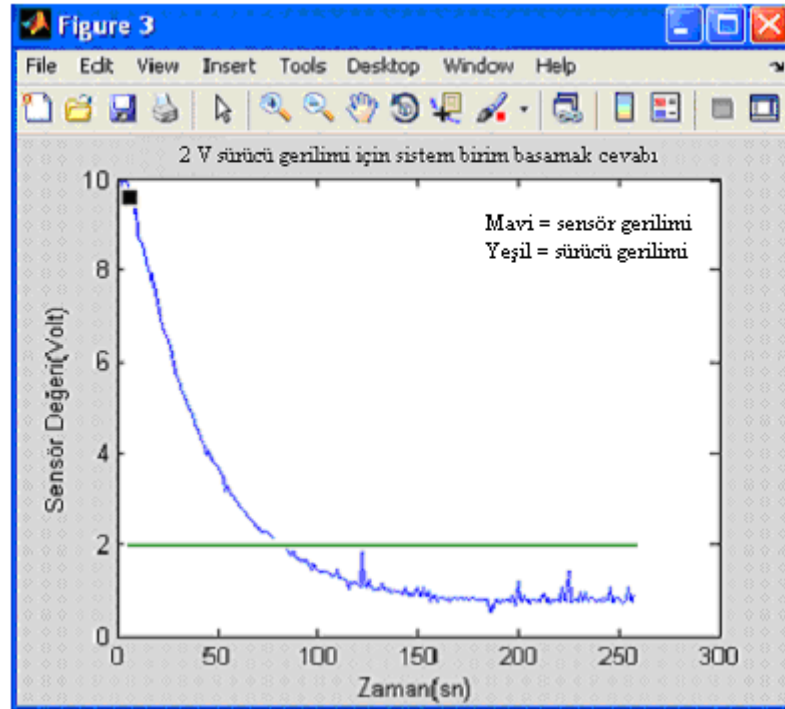


Şekil 7.1. Sisteminin açık döngü basamak tepkisinin incelenmesi.

Bu gerilim değerlerine karşılık sistemin birim basamak cevabı kaydedilmiştir. Elde edilen grafikler Şekil 7.2 ve Şekil 7.3 de gösterilmiştir.



Şekil 7.2. 1.7 V sürücü gerilimi için sistem cevabı.



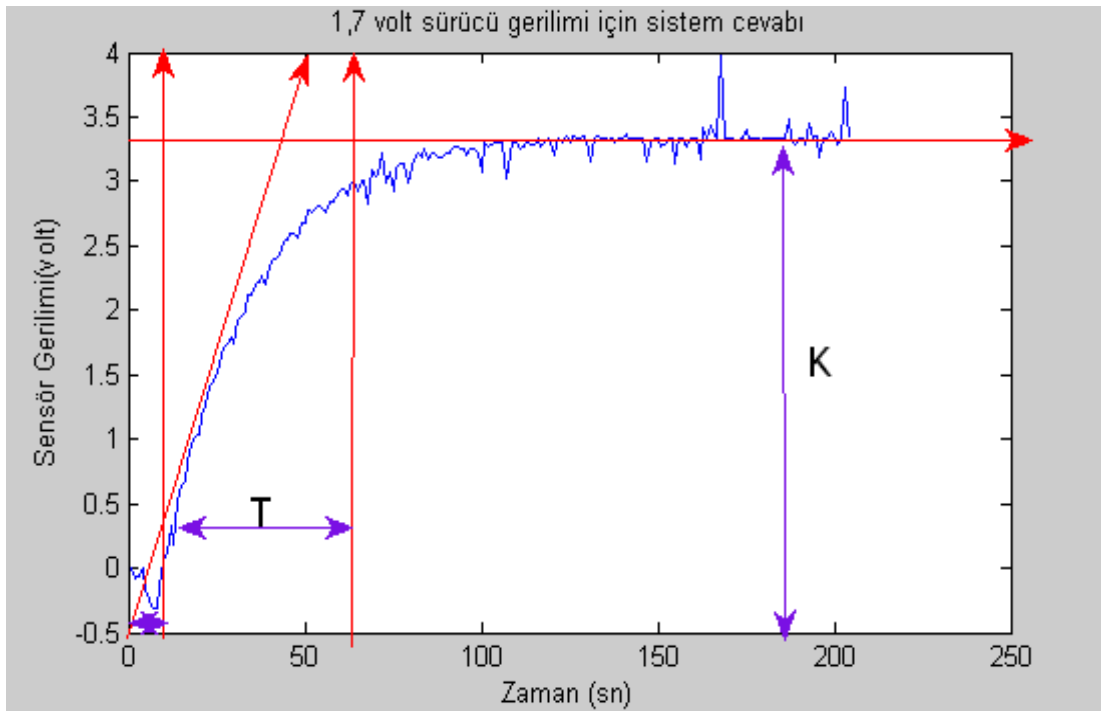
Şekil 7.3. 2 V sürücü gerilimi için sistem cevabı.

1.7 V ve 2 V sürücü gerilimi için elde edilen bu grafiklerde τ_d, T, K parametreleri dikkate alınarak PID parametreleri hesaplanmıştır. Bu grafikler Ziegler-Nichols eğrisine benzetilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

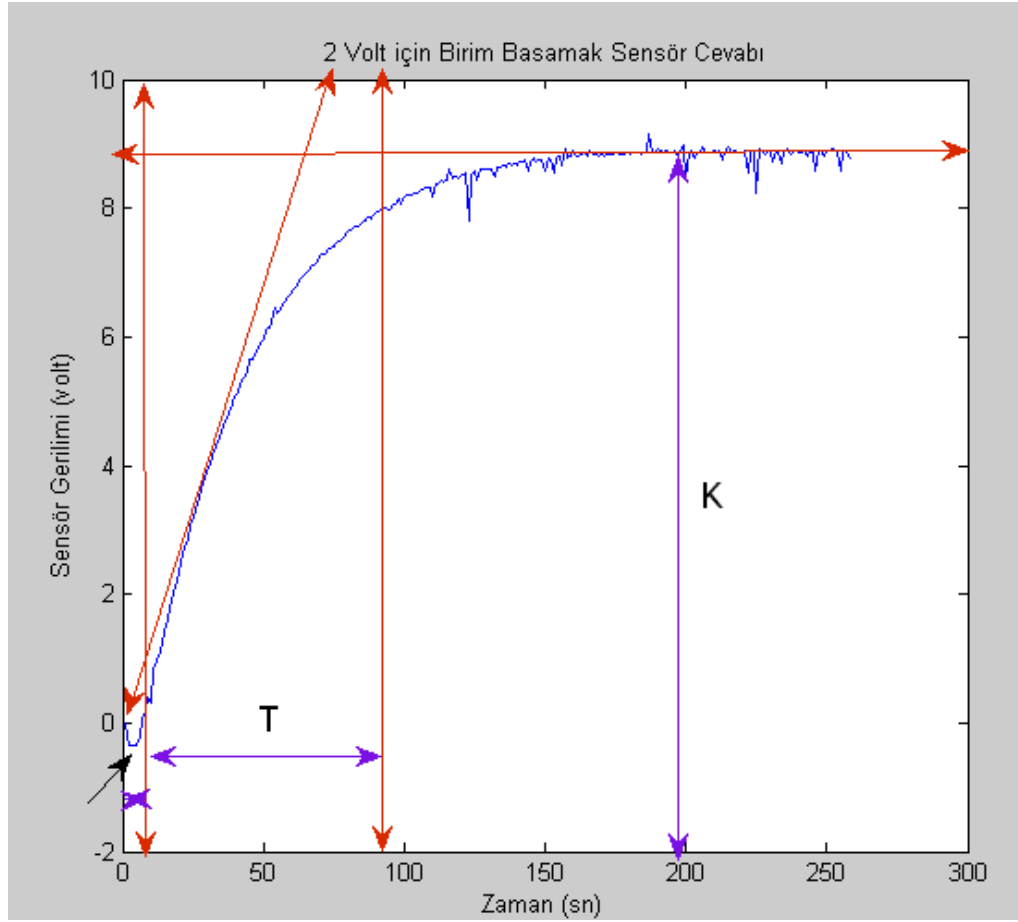
7.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminin PID parametrelerinin hesaplanması

Sıvı seviye denetim sisteminin PID parametrelerinin hesaplanması sırasında Şekil 6.1' deki grafik ve Çizelge 6.3' deki veriler kullanılmıştır.

Bu bağlamda Şekil 7.4 ve Şekil 7.5 grafikleri için tüm parametreler hesaplanmıştır.



Şekil 7.4. 1.7 V için sistem birim basamak cevabının parametrelerinin hesaplanması.



Şekil 7.5. 2 V için sistem birim basamak cevabının parametrelerinin hesaplanması.

Bu grafiklere göre süreç reaksiyon eğrisi için Ziegler-Nichols kural tablosu üzerinde yapılacak olan hesaplamalarda kullanılacak olan parametreler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Öncelikle grafikler üzerinden τ_d , K ve T değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 7.1. Farklı sürücü gerilimleri için PID kontrol edici parametreleri.

Grafik	τ_d (sn)	K (volt)	T (sn)
1,7 volt sürücü ger	10	3,335	40
2 volt sürücü ger	7	8,881	92

Elde edilen bu değerler süreç reaksiyon eğrisi Ziegler-Nichols kural tablosu üzerindeki denklemler kullanılarak PID parametreleri hesaplanmıştır.

1.7 Volt sürücü gerilimi için

$$\tau_d = 10 \quad K = 3,335 \quad T = 40 \quad (7.1)$$

$$K_c = \frac{1,2T}{K\tau_d} T_i = 2\tau_d = 20s \quad T_d = 0,5\tau_d = 5s \quad (7.2)$$

$K_p \approx K_c$ olduğundan $K_p = 1,4393$ olmaktadır.

$$T_I = \frac{K_p}{K_I} \quad K_I = 0,072 \quad (7.3)$$

$$T_d = \frac{K_d}{K_p} \quad K_d = 7,1965 \quad (7.4)$$

2 volt sürücü gerilimi için

$$\tau_d = 7 \quad K = 8,881 \quad T = 92 \quad (7.5)$$

$$K_c = \frac{1,2T}{K\tau_d} T_i = 2\tau_d = 20s \quad T_d = 0,5\tau_d = 5s \quad (7.6)$$

$K_p \approx K_c$ olduğundan $K_p = 1,77$ olmaktadır.

$$T_I = \frac{K_p}{K_I} \quad K_I = 0,126 \quad (7.7)$$

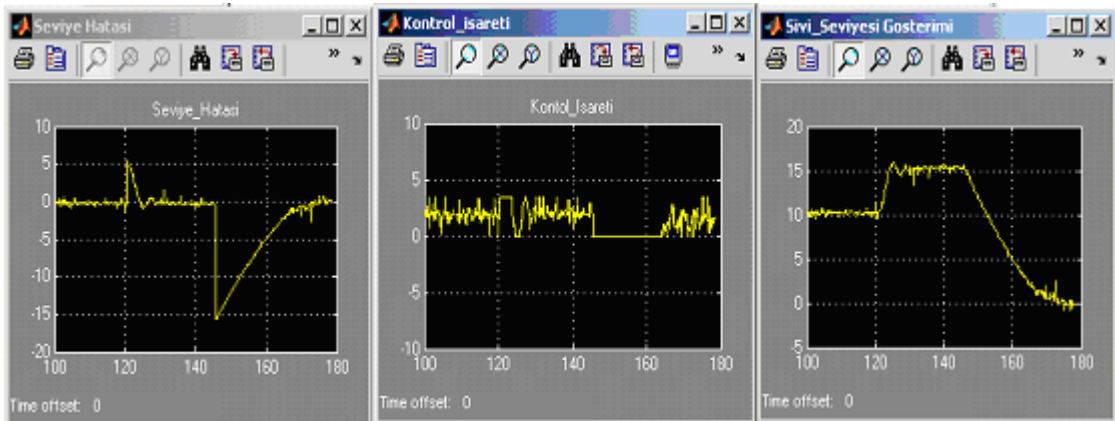
$$T_d = \frac{K_d}{K_p} \quad K_d = 6,195 \quad (7.8)$$

Çizelge 7.2. Sıvı seviye deney sistemi PID parametreleri.

PID	Kp	Ki	Kd
1.7 volt sürücü ger	1.4393	0.072	7.1965
2 volt sürücü ger	1.77	0.126	6.195

7.3. Kapalı Çevrim Sonuçları

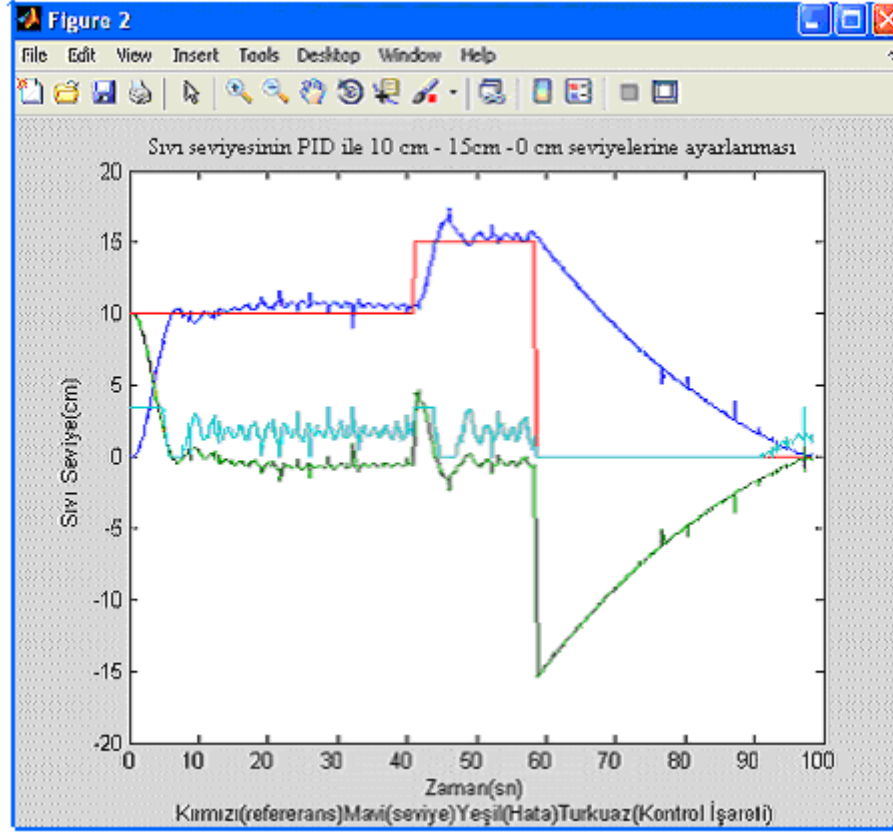
Sıvı seviye denetim sisteminin PID parametreleri elde edildikten sonra sistemin kapalı çevrimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen grafiklerde seviye hatası, kontrol işareti ve seviye bilgisi bir arada incelendiğinde birbirleriyle bağıntılı olarak değiştiği Simulink üzerinde scope blokları aracılığıyla Şekil 7.9’ da gözlemlenmiştir.



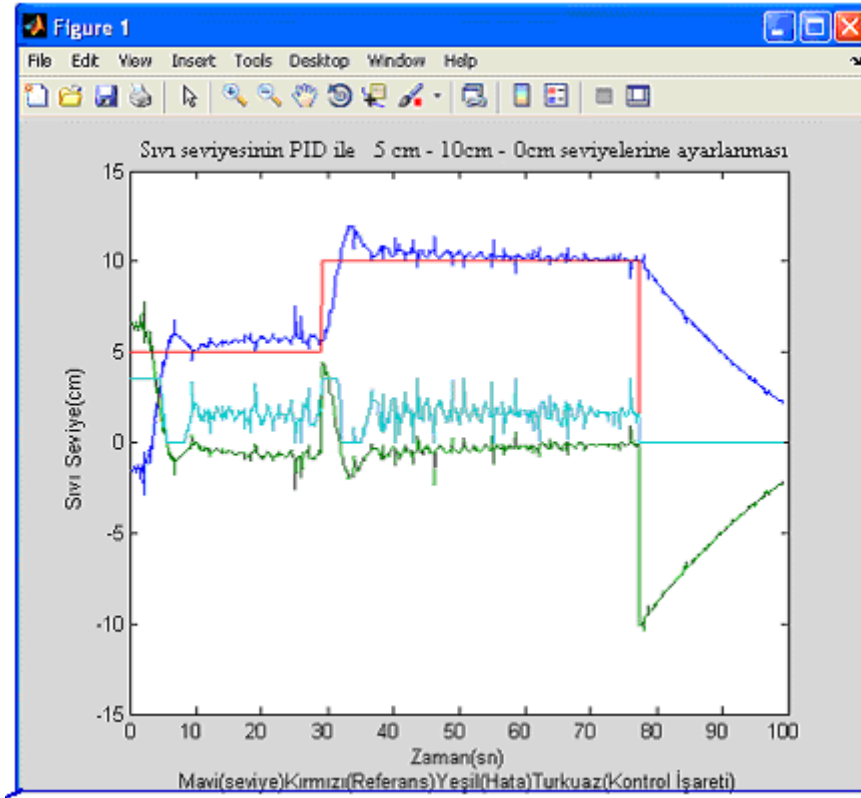
Şekil 7.6. Sıvı seviye denetim sisteminde kontrol verilerinin incelenmesi.

Şekil 7.6’ da sistemde sıvı seviyesi 10 cm’ den 15 cm’ ye çıkarıldığında, referans seviyeyle sistem çıkışının farkını içeren seviye hatası grafiğinde 5 cm değeri okunmaktadır. Kontrol işareti de seviye hatasına bağlı olarak değişim gösterir. Sistemdeki seviye hatası 15 cm’ den 0 cm seviyesine çekildiğinde ise sürücünün girişlerine herhangi bir gerilim uygulanmaz ve motor kendini frenlemeye almış olur. Sıvının seviyesindeki değişimlerle bağlantılı olarak kontrol işaretinde de değişim gözlenmektedir. Sıvı seviyesi 10 cm’ den 15 cm’ ye arttırıldığında seviye hatası 5 cm değerini göstermekte, sıvı seviyesi 15 cm’ den 0 cm’ ye düştüğünde ise -15 cm değerine ulaşmaktadır.

Aynı şekilde Şekil 7.7’ de seviye bilgisi 10 cm’ den 15 cm’ ye arttırıldığında ve 15 cm’ den 0 cm seviyesine çekildiğinde sıvı seviyesiyle bağlantılı olarak kontrol işaretinin ve seviye hatasının da değiştiği aynı grafik üzerinde incelenmiştir. Burada sıvı seviyesi 10 cm’ de iken 15 cm’ ye arttırılmıştır buna bağlı olarak hata miktarı 0 cm’ den 5 cm değerine yükselmiştir. Aynı şekilde bu seviye farkını gidermek için de kontrol işaretinde de artış gözlenmiştir. Aynı şekilde seviyenin 15 cm’ den 0 cm değerine düşürülmesiyle de hata sinyali -15 cm değerine inmiş buna bağlı olarak kontrol sinyali 0 cm’ ye inmiş ve motora herhangi bir gerilim değeri gönderilmemiştir. Sıvı 15 cm’ ye yükseltildiğinde, sistem cevabının referans seviyeyi aşım miktarının 10 cm’ ye oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir.



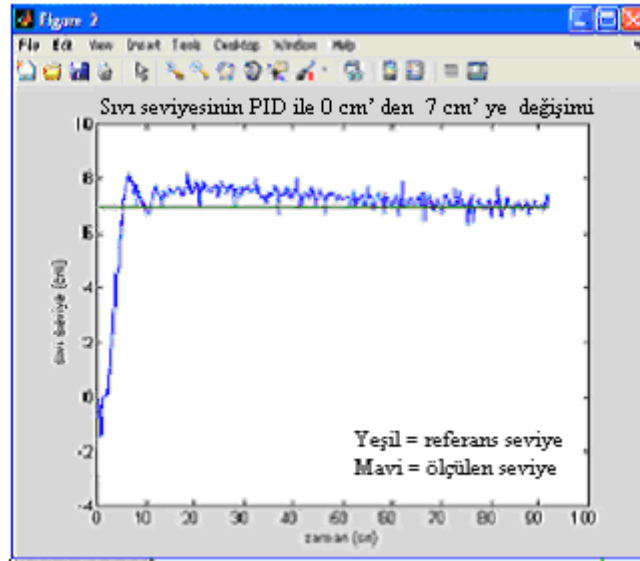
Şekil 7.7. Seviye, hata ve kontrol işaretleri



Şekil 7.8. PID ile sıvı seviyesinin 5 cm’ den 10 cm’ ye ve 10 cm’ den 0 cm’ ye değişimi.

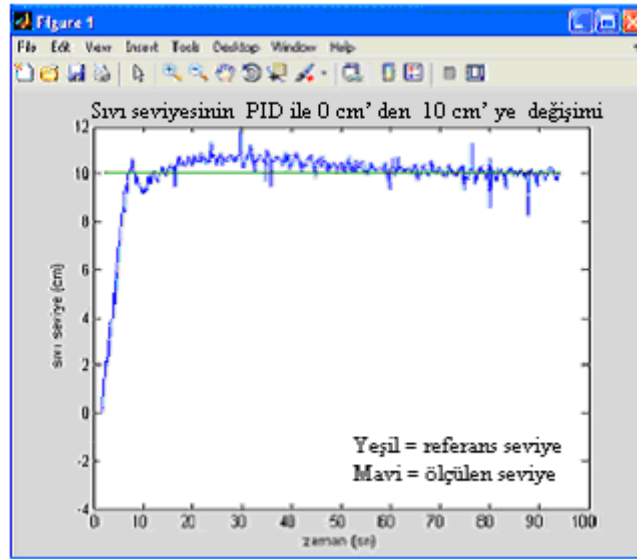
Şekil 7.8’ de ise sıvı seviyesi 5 cm’ den 10 cm’ ye arttırıldığında değişimle bağlantılı olarak ilk anda hatanın iki seviyenin farkına eşit olduğu daha sonra sıvı seviyesinin referans seviyeye yaklaştığında ise hatanın giderek azaldığı ve en sonunda sıvı seviyesi referans seviyeye ulaştığında ise hatanın 0 cm olduğu gözlemlenmiştir. Bununla beraber seviye sıfırdan 10 cm’ ye çıkarıldığında kontrol gerilimi de artış göstermiştir. Daha sonra seviye 10 cm’ den 0 cm’ ye düşürüldüğünde kontrol geriliminin 0 V seviyesine düştüğü ve motorun kendini kapattığı gözlemlenmiştir. Hatanın da son referans seviyesiyle ilk referans seviyenin farkı olan değerden 0 V’ a doğru azaldığı gözlenmiştir. Kapalı çevrim kontrolde sıvı seviyesinin 10 cm referans seviye için aşım miktarının 5 cm referans seviyeye göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.9’ da sıvı seviyesi PID ile 0 cm’ den 7 cm seviyesine arttırılmıştır. Yaklaşık yükselme zamanı olan 5 sn’ de sıvı seviyesi 7 cm dolaylarına erişmiş ve sistemin yerleşme zamanının 60. sn dolaylarında olduğu gözlemlenmiştir. Sistemde yaklaşık yarım santimlik bir aşım miktarı görülmüş olup ve sıvı seviyesindeki salınımın oldukça fazla olduğu gözlemlenmiştir.



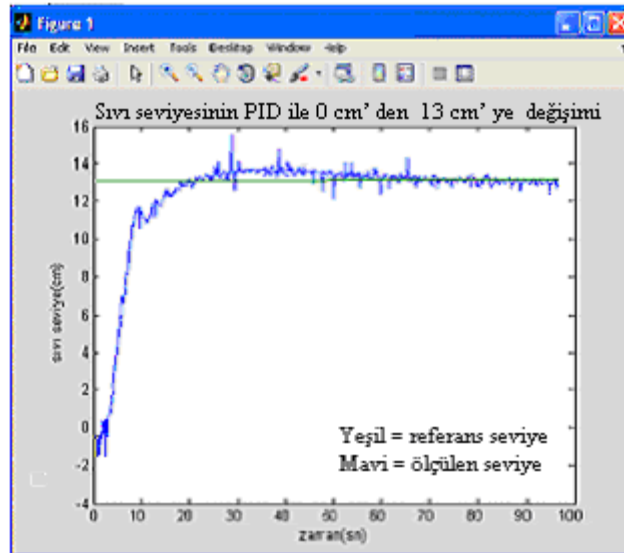
Şekil 7.9. Sıvı seviyesinin PID ile 0 cm’ den 7 cm’ ye değişimi.

Şekil 7.10’ da sıvı seviyesi 0 cm’ den 10 cm’ ye arttırılmıştır. Yükselme zamanı yaklaşık 5 sn olarak gözlemlenmiştir. Şekil 7.9’ daki grafiğe oranla aşım miktarının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Başlangıç zamanından yaklaşık 60 sn sonra sıvı seviyesi istenilen seviyeye oturmuştur.



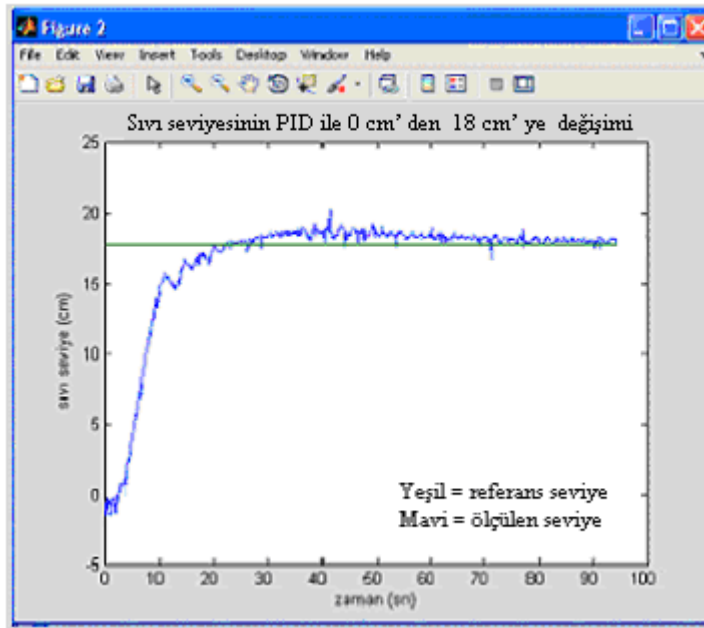
Şekil 7.10. Sıvı seviyesinin PID ile 0 cm' den 10 cm' ye değişimi.

Şekil 7.11' de sıvı seviyesi 0 cm' den 13 cm' ye arttırılmıştır. Sıvı seviyesindeki gürültünün 7 cm ve 10 cm seviyelerine oranla daha azaldığı gözlemlenmiştir. Sıvı 7 cm ve 10 cm seviyelerine oranla 15 sn sonra istenilen seviyeye ulaşmıştır. Sistemin oturma zamanının yaklaşık 60 sn civarında olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7.11. Sıvı seviyesinin PID ile 0 cm' den 13 cm' ye değişimi.

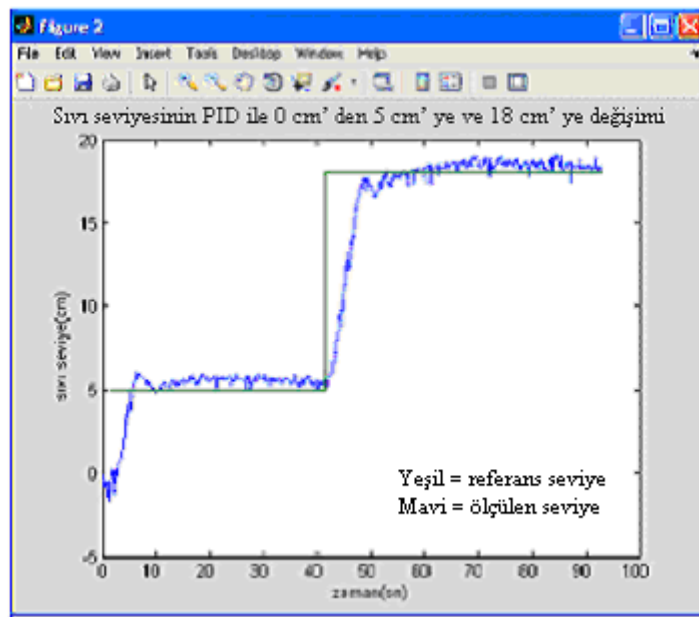
Şekil 7.12’ de ise sıvı seviyesi 0 cm’ den 18 cm’ ye çıkarılmıştır. Sistem başlangıçtan 20 sn sonra istenilen seviyeye ulaşmıştır. Sistemdeki salınımların alt seviyelere oranla daha az olduğu gözlemlenmiştir. Referans seviyelerde 0 cm seviyesinden uzaklaştıkça sistemdeki aşım miktarının alt seviyelere oranla çok daha az olduğu gözlemlenmiştir. Sistem yaklaşık olarak başlangıçtan 60 sn sonra istenilen seviyeye oturmuştur.



Şekil 7.12. Sıvı seviyesinin PID ile 0 cm’ den 18 cm’ ye değişimi.

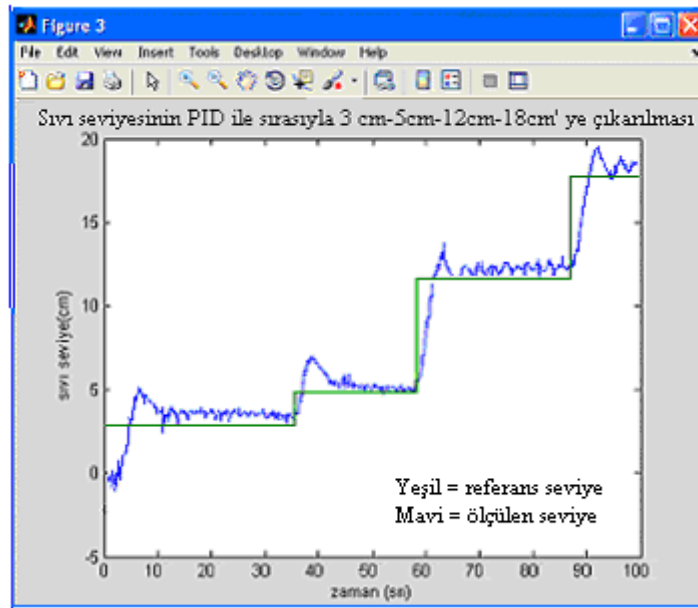
Kapalı çevrim ile sıvı seviyesi 0 cm’ den sırasıyla 7 cm, 10cm, 13 cm ve 18 cm seviyelerine yükseltilmiştir. Bunun sonucunda sıvının seviyesi 0 cm seviyesinden uzaklaştıkça gürültü miktarının biraz daha azaldığı gözlemlenmiştir. Fakat bu değişim her nokta için aynı tutarlılığı göstermemekle birlikte bunun nedeni de PID parametrelerine bağlanmıştır. PID parametreleri ayarlandığı sıvı seviyesi ve vana konumu için diğer seviye ve vana konumlarına oranla daha iyi sonuç vermektedir. Ölçüm yapılan bazı noktalarda sıvı çok fazla salınım yaparken, bazı seviyelerde ise bu salınım oluşmamaktadır. Sıvı yüzeyinde eğer dalgalanma fazla ise sensörün bundan etkilenecek alınan grafiklerde de gürültünün büyük olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 7.13’ deki grafik incelendiğinde ise sıvı seviyesi önce 0 cm’ den 5cm’ ye daha sonra 5 cm’ den 18 cm’ ye arttırılmıştır. Burada alt seviyelerde gürültünün daha fazla olması beklendiği halde sıvının 18 cm seviyesinde 5 cm seviyesinden daha fazla salınma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu da PID parametrelerinin belirli noktalarda daha sağlıklı sonuçlar verdiği bazı noktalarda ise daha fazla salınım oluşturduğu anlamına gelmektedir. Çünkü PID parametreleri en iyi sonucu ayarlandığı seviye ve vana açıklığı için vermektedir. Sıvı seviyesi 5 cm civarındayken sistemin ani tepkisinin 18 cm’ ye göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7.13. Sıvı seviyesinin PID ile 0 cm’ den 5 cm’ ye ve 18 cm’ ye değişimi.

Şekil 7.14' de sıvı seviyesi sırasıyla 3 cm, 5 cm, 12 cm ve 18 cm seviyelerine artırılmıştır. Sistemin aşım miktarının sıvının seviyesiyle ters orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. 12 cm seviyesinde daha fazla salınıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Normalde sıvı seviyesinin 0 cm seviyesinden yukarı doğru yükseldikçe salınımın azalması beklenir fakat bu grafikte 5 cm seviyesindeki salınım 12 cm seviyesine göre daha azdır. Bu da PID' nin ayarlandığı seviye ve vana konumu için daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.



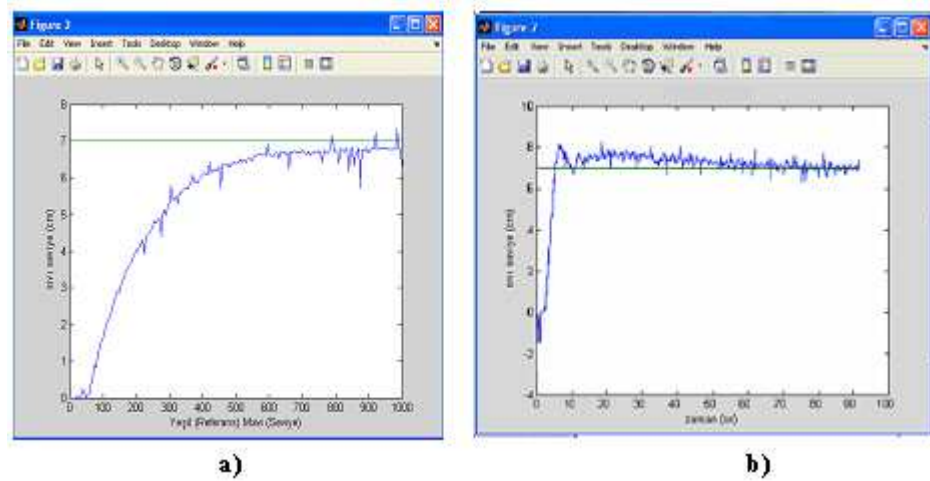
Şekil 7.14. Sıvı seviyesinin PID ile sırasıyla 3 cm-5 cm-12 cm ve 18 cm' ye çıkarılması.

8. SİSTEMDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN YORUMLANMASI

8.1. Açık ve Kapalı Çevrim Sonuçlarının Karşılaştırılması

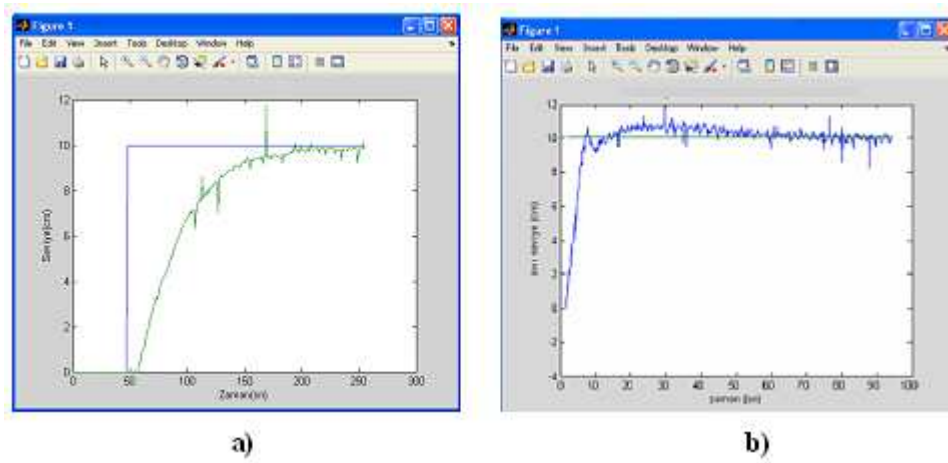
Bu bölümde sıvı seviye denetim sisteminde açık ve kapalı çevrim grafikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Buna göre Şekil 8.1’ de sıvı seviyesinin 7 cm olduğu değer için açık ve kapalı çevrim sonuçları kıyaslandığında açık çevrim sonuçlarının kapalı çevrime göre daha az salınıma sahip olduğu fakat buna bağlı olarak istenilen seviyeye daha geç sürede ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara kıyasla kapalı çevrimin açık çevrime oranla daha fazla salınıma sahip olduğu fakat buna karşın istenilen referans seviyeye de daha çabuk ulaştığı gözlemlenmiştir. Kapalı çevrimde istenilen referans seviye etrafında açık çevrime oranla çok daha fazla salınım olduğu gözlenmiştir. Kapalı çevrimde referans seviyeye yerleşme zamanı 60. sn’ de gerçekleşirken, açık çevrimde istenilen seviyeye yerleşme zamanı 600. sn dolaylarında gerçekleşmiştir.



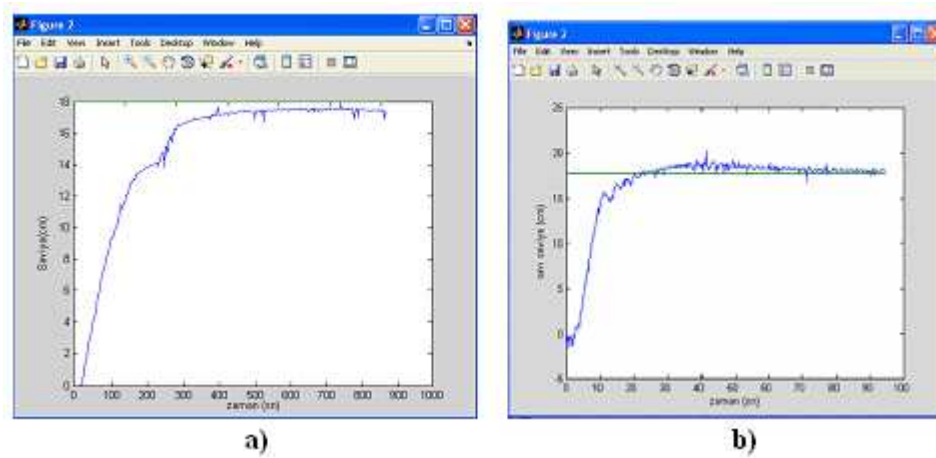
Şekil 8.1 a) Açık Çevrimde b) Kapalı Çevrimde sıvı seviyesinin 0 cm’ den 7 cm’ ye çıkarılması.

Şekil 8.2' de sıvı seviyesi açık ve kapalı çevrimde sıvı seviye 0 cm' den 10 cm' ye artırılmıştır. Sıvı seviyesi 10 cm' ye açık çevrimde 200 sn sonra ulaşırken, kapalı çevrimde 5sn sonra ulaşmıştır. Açık çevrimde istenilen seviyeye yerleşme zamanı 200. sn' de gerçekleşirken, kapalı çevrimde 60. sn' de gerçekleşmiştir. Kapalı çevrimde sıvı seviyesinde çok fazla salınım gözlenirken, açık çevrimde kapalı çevrime oranla çok daha az salınım gözlenmektedir. Kapalı çevrimin yükselme zamanı açık çevrime oranla çok daha kısadır. Açık çevrimde referans seviyeyi aşma gözlenmezken, kapalı çevrimde referans seviyeyi aşım gözlenmektedir.



Şekil 8.2. a) Açık Çevrimde b) Kapalı Çevrimde sıvı seviyesinin 0 cm' den 10 cm' ye çıkarılması.

Şekil 8.3’de sıvı seviyesi açık ve kapalı çevrimde 18 cm’ ye yükseltilmiştir. Kapalı çevrimde istenilen seviyeye yükselme süresi 20 sn’ de gerçekleşirken açık çevrimde sıvının 18 cm’ ye ulaşması 400. sn’ de gerçekleşmektedir. Açık çevrimde referans seviyeyi aşım gözlenmezken, kapalı çevrimde referans seviyeyi aşım gözlenmektedir. Açık çevrimde salınım gözlenmezken, kapalı çevrimde referans seviye etrafında salınım gözlenmektedir.



Şekil 8.3. a) Açık Çevrimde b) Kapalı Çevrimde sıvı seviyesinin 0 cm’ den 18 cm’ ye çıkarılması.

8.2. Sıvı Seviye Denetim Sisteminde Gürültünün Sebeplerinin Araştırılması ve Gürültünün Giderilmeye Çalışılması

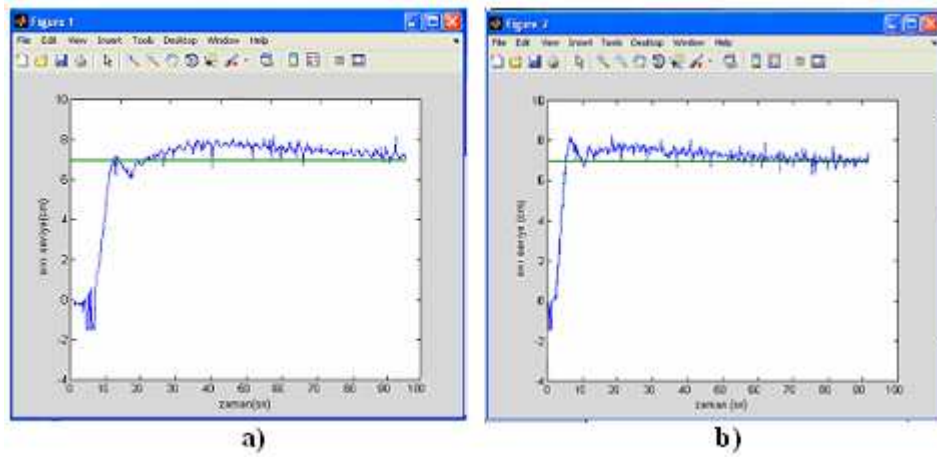
Sıvı seviye denetim sisteminde yapılan çalışmalarda gözlemlenen gürültünün sebeplerinden birinin sıvının yüzeyindeki dalgalanmalardan olabileceği düşünülmüştür. Bunun dışında ise sıkıştırma kısıkaçlarının (vana) konumundan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Sistemdeki gürültünün bu sebeplerden kaynaklanıp kaynaklanmadığı noktasında fikir edinebilme açısından deneysel çalışmalar yapılmıştır.

8.2.1. Sıvının üzerine düz bir plaka konulması

Sıvı seviye denetim sisteminin yüzeyindeki küçük dalgalanmaların gürültüye sebep olabileceği düşünülmüş ve sensörün bu dalgalanmalardan etkilenip etkilenmediğini gözlemlemek için sıvının üzerine düz bir plaka konulmuştur. Plaka konulmadan önceki sonuçlarla yeni sonuçlar karşılaştırılmıştır.

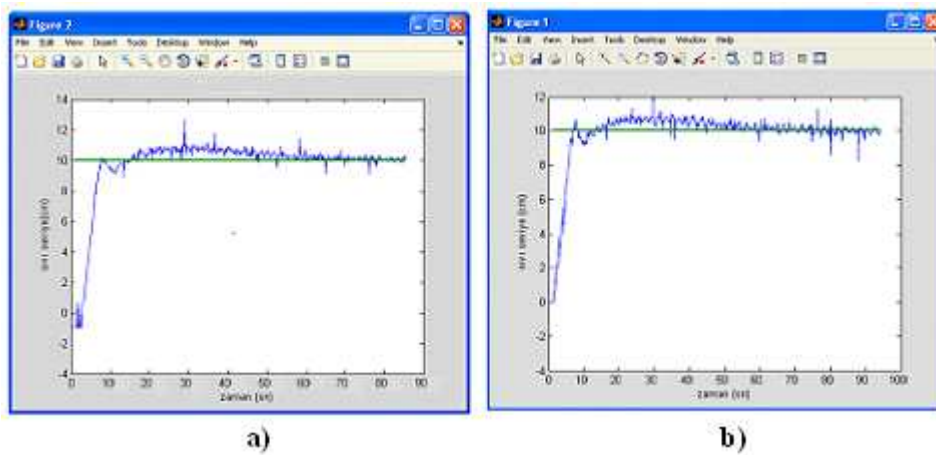
Şekil 8.4’ de sıvı seviyesi 0 cm’ den 7 cm’ ye arttırılmıştır. Şekil 8.4 (a)’ da sıvı üzerine plaka eklenerek sistem cevabı incelenmiştir. Şekil 8.4 (b)’ de ise sıvı üzerinde plaka yokken

incelenmiştir. Sistem cevabı sıvı üzerinde plaka varken ve yokken karşılaştırmalı olarak incelendiğinde plaka yokken daha fazla salınım olduğu sıvı yüzeyine eklenen düz bir plakanın azda olsa salınının giderilmesinde etkisi olduğu gözlenmiştir. Buda sensörün sıvı yüzeyindeki dalgalanmalardan etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 8.4. a) Sıvının üzerinde plaka varken b) Sıvının üzerinde plaka yokken sıvı seviyesinin PID ile 0 cm’den 7 cm’ye değişimi.

Şekil 8.5 de ise sıvı seviyesi 10 cm’ye yükseltilmiştir. Sistem cevabının sahip olduğu gürültü 0 cm’den 10 cm’ye karşılaştırmalı olarak incelendiğinde plaka yokken daha fazla salınım olduğu sıvı yüzeyine eklenen düz bir plakanın azda olsa salınının giderilmesinde etkisi olduğu gözlenmiştir. Bu da sensörün sıvı yüzeyindeki dalgalanmalardan etkilendiğini göstermektedir.

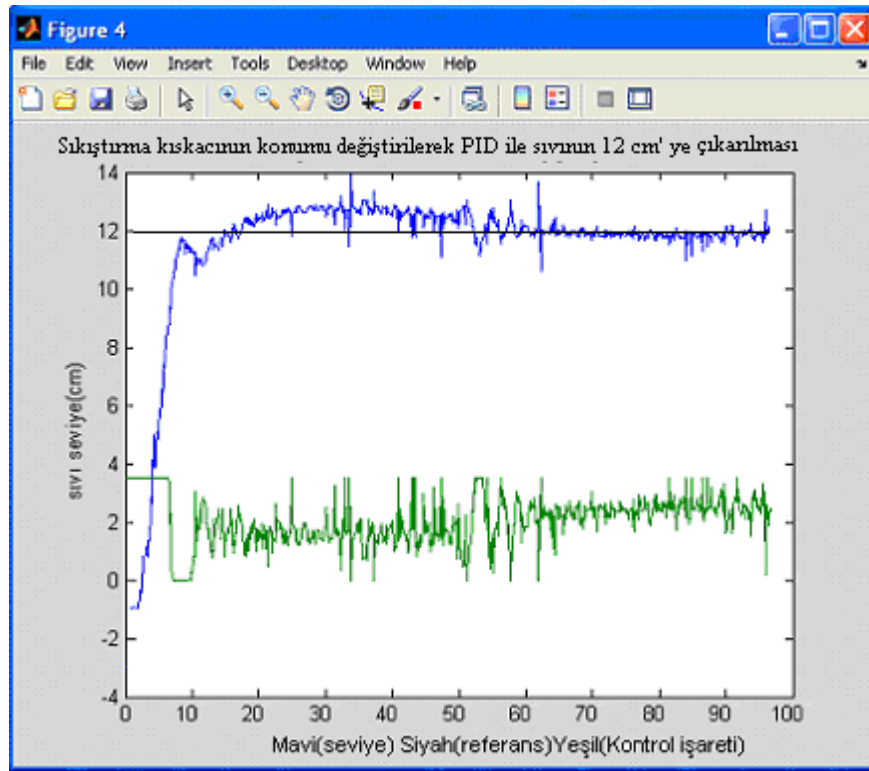


Şekil 8.5. a) Sıvının üzerinde plaka varken b) Sıvının üzerinde plaka yokken sıvı seviyesinin 0’den 10 cm’ye değişimi.

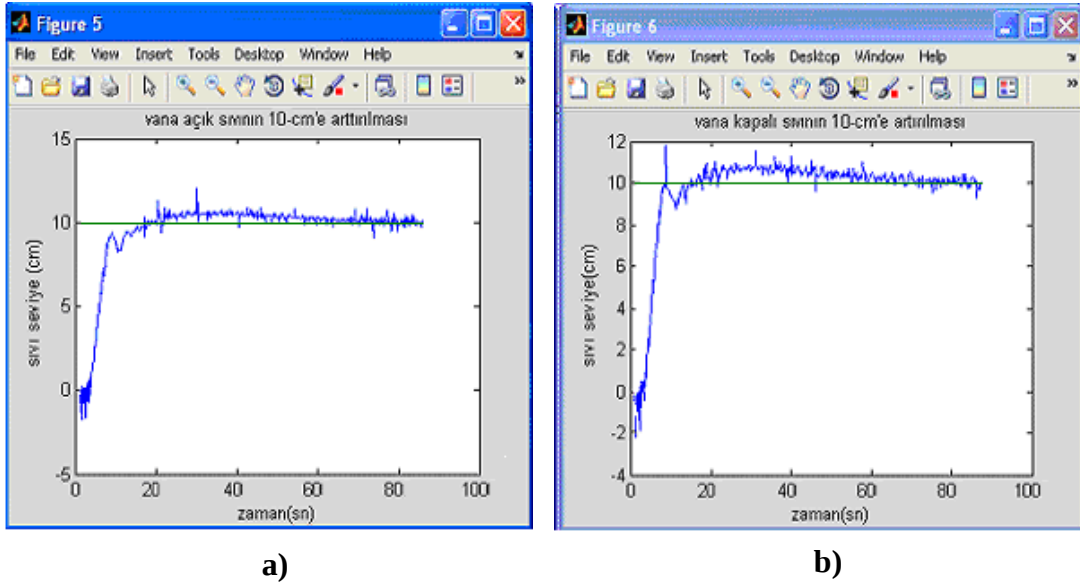
8.2.3. Sıkıştırma kısıpçalarının konumunun sistem üzerindeki etkisi

Vana konumunun sıvı seviye denetim sisteminde oluşan salınım üzerindeki etkisinin incelenmesi için deneyler gerçekleştirilmiştir. Vana konumunun sistem üzerindeki etkisinin gözlenebilmesi için sistemde herhangi bir seviyede deney yapılırken sıkıştırma kısıpçasının (vananın) konumu ani olarak değiştirilmiştir ve sonuçlar kaydedilmiştir.

Şekil 8.6' daki grafik incelendiğinde sıvı seviyesi 0 cm' den 12 cm' ye arttırılmıştır. İlk başta vananın kısık olduğu konumda tutulmuş 50. sn civarlarına kadar bu seviyede ölçüm yapılmıştır. Daha sonra vananın konumu açılmış 50. sn' den sonra vananın açık konumu için ölçüm alınmıştır. Vananın açık konumu için salınımın daha az seviyede olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 8.6. Sıkıştırma kısıpçasının pozisyonu değiştirilerek PID ile sıvı seviyesinin 12 cm' ye çıkarılması



Şekil 8.7. a) Vana açık b) Vana kısık konumuna getirilerek 10 cm için sonuçların incelenmesi.

Aynı şekilde Şekil 8.7' de görüldüğü gibi sıvının seviyesi Şekil 8.7 (a)' da vananın açık konumunda ve Şekil 8.7 (b)' de ise vananın kısık konumlarında 10 cm' ye artırılmış. Vananın açık konumu için seviyenin daha az salınıma sahip olduğu, vananın kısık seviyesi için grafikte daha fazla salınım olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla vananın konumunun sıvı seviyesindeki salınım üzerinde belirli bir etkisi olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada geliştirilen sıvı seviye denetim sistemi MATLAB/Simulink Tabanlı olarak sistemin açık ve kapalı çevrim modeli üzerinden kontrol edilmiştir. Bu çalışmada kapalı çevrimde PID kontrolör yapısı kullanılmıştır. Kullanılan deney düzeneği farklı kontrol metodları uygulanarak geliştirilmeye elverişli bir yapıya sahiptir.

Sistemin PID parametreleri hesaplanırken 1.7 V ve 2 V için sürücü gerilimlerine karşılık sistemin birim basamak cevabı incelenmiştir. PID parametreleri hesaplanmıştır. Bu noktalar seçilirken vananın konumuna göre ölçüm yapılabilen sıvı seviyeleri dikkate alınmıştır. Belirli referans seviye değerleri için bu 2 farklı PID parametresinin sonuçları gözlenmiştir. 1.7 V sürücü gerilimine karşılık gelen PID parametreleri çalışmanın genelinde kullanılmıştır.

Sistemde açık ve kapalı çevrim deney sonuçları incelendiğinde açık çevrimin daha az gürültüye sahip olduğu fakat sıvının istenilen referans seviyeye yükselme zamanının uzun olduğu gözlemlenmiştir. PID yapısında ise istenilen referans seviyeye daha kısa zamanda ulaşıldığı fakat referans seviye etrafında salınım olduğu gözlenmiştir. Ayrıca PID parametrelerinin belirli noktalarda daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

PID kontrol yapısında gürültünün nedenleri araştırılırken sıvının üzerine düz bir plaka ilave edilmiş ve bunun yanı sıra vananın konumuyla oynanmıştır. Sıvının üzerine plaka konulmasıyla gürültünün bir miktar azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra vananın konumunu bağlı olarak değişen motor gücünün, gürültü üzerinde etkisi olduğu grafiklerle gösterilmiştir.

Sıvı seviye tüpünün dar küçük bir hacime sahip olması çok küçük değişimlerden etkilenmesine neden olmaktadır. İleriki çalışmalarda seviye tüpünün hacmi genişletilerek daha sağlıklı sonuçlar alınabileceği yargısına varılmıştır.

Sıvı seviye denetim sistemi matematiksel ya da sistem tanıma yöntemleriyle de modellenebileceği gibi bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi farklı kontrol yapılarıyla da kontrol edilerek geliştirilebilecek bir yapıya sahiptir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Savaşçıhabeş, A., 2008, Yapay Zeka Yöntemleri Kullanılarak PID Denetleyici Parametrelerinin Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 83 s.
- [2] Foulloy, L., Boukezzoula, R., Galichet, S., An Educational Tool For Fuzzy Control, 5p.
- [3] Ayasun, S., Nwankpa, C., 2005, Induction Motor Tests Using MATLAB/Simulink and Their Integration into Undergraduate Electric Machinery Courses, 10 p.
- [4] Moallem, M., 2004, A Laboratory Testbed for Embedded Computer Control, 8p.
- [5] Mese, E., 2006, Project-Oriented Adjustable Speed Motor Drive Course for Undergraduate Curricula, 11p.
- [6] Ioannides, M.G., 2004, Design and Implementation of PLC-Based Monitoring Control System for Induction Motor..
- [7] Ilıca, A., 2007, Programlanabilir Lojik Kontrolör Kullanarak Kontrol Uygulamaları İçin Geliştirilen Deney Düzenğinde Sıvı Seviye Kontrolü, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 77s.
- [8] Duysak, A., 1997, CMAR Neural Networks For Identification And Control, Master Of Science, The Pennsylvania State University, 122 p
- [9] Savaş, K., 2007, Kontrol Sistemleri İçin MATLAB'te GUI Uygulamaları Tasarımı, Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, 209.
- [10] MF 624 Multifunction I/O Card User's Manual Humusoft
- [11] www.humusoft.com
- [12] Arıkan, İ., 2006, Identification Of Asynchronous Machines, Gaziantep University, Graduate School of Natural & Applied Sciences, 59s.
- [13] Isısan Buderus Servis Eğitimi Sunumu
- [14] MICROMASTER 420 Kullanıcı Kılavuzu
- [15] Aydoğan, T., Gül, K., and Dönmez, E., 2009, Ultrasonik Sensör İle İki Boyutlu Haritalandırma Sistemi, SDU International Journal of Technologic Sciences, 9 p.
- [16] Siemens Ürün Katoloğu Siemens LV 20 · 2004.
- [17] Mathworks, Simulink User's Guide.
- [18] Mathworks, Real Time Workshop User's Guide.
- [19] Mathworks, Real Time Windows Target User's Guide.
- [20] www.mathworks.com
- [21] Altıntaş, A., 2004, MATLAB Ve Genel Uygulamaları, Değişim Yayınları, 462 s.

EKLER

Ek 1: MF 624 Veri Toplama Kartı Bilgileri

Çizelge Ek 1.1. MF 624 çıkış konnektörü sinyal tanımlamaları.

Analog Girişler	AD0-AD7
Analog Çıkışlar	DA0-DA7
Dijital Girişler	DIN0-DIN7 TTL
Dijital Çıkışlar	DOUT0-DOUT7 TTL
Zaman Sayacı Girişler	T0IN-T3IN
Zaman Sayacı Çıkışlar	T0OUT-T3OUT
Harici Tetikleyici Girişi	TRIG A/D
+12V	+12V Güç Kaynağı
-12V	-12V Güç Kaynağı
+5V	+5V Güç Kaynağı
AGND	Analog Toprak
GND	Dijital Toprak

Çizelge Ek 1.2. MF 624 D/A çıkış kodları.

Dijital Değerler	Analog Değerler
0x3FFF	9.9988 V
0x2000	0.0000 V
0x1FFF	-0.0012 V
0x0000	-10.0000 V

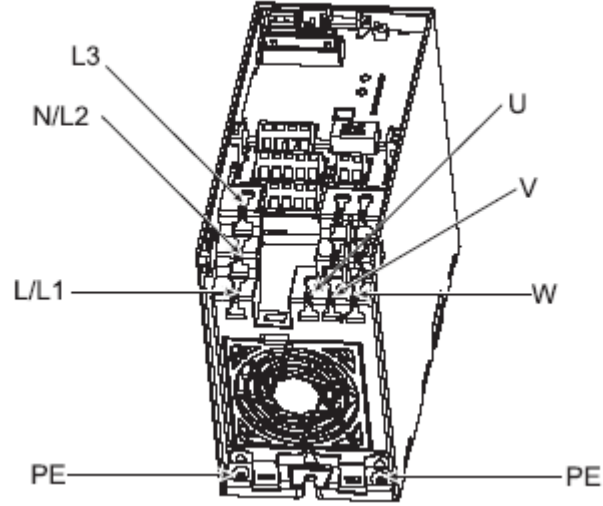
Çizelge Ek 1.3. MF 624 A/D çıkış kodları.

Dijital Değerler	Analog Değerler
0x3FFF	-0.0012 V
0x2000	-10.0000 V
0x1FFF	9.9988 V
0x0000	0.0000 V

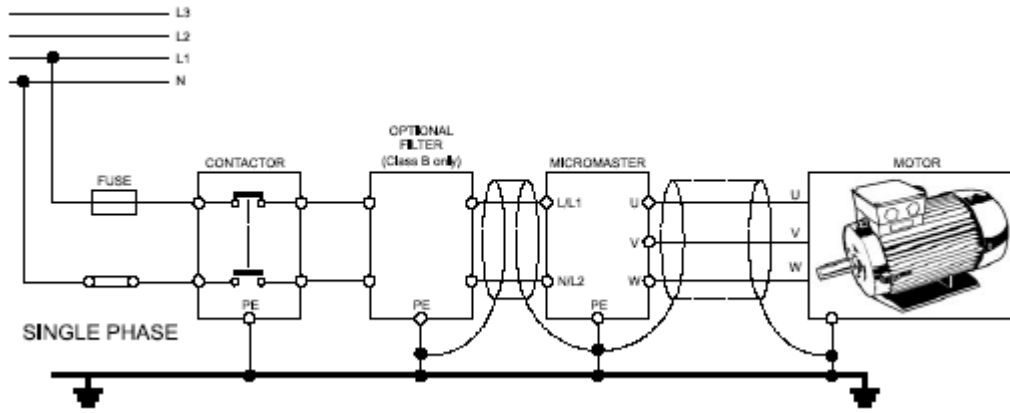
Çizelge Ek 1.4. MF 624 giriş çıkış pinleri tanımlamaları.

AD0	1	20	DA0
AD1	2		
AD2	3	21	DA1
AD3	4	22	DA2
AD4	5	23	DA3
AD5	6	24	DA4
AD6	7	25	DA5
AD7	8	26	-12V
AGND	9	27	+12V
DA6	10	28	+5V
DA7	11	29	GND
DIN0	12	30	DOUT0
DIN1	13	31	DOUT1
DIN2	14	32	DOUT2
DIN3	15	33	DOUT3
DIN4	16	34	DOUT4
DIN5	17	35	DOUT5
DIN6	18	36	DOUT6
DIN7	19	37	DOUT7

Ek 2: Siemens Micromaster 420 Marka Motor Sürücü Bilgileri



Şekil Ek 2.1. Micromaster 420 bağlantı terminalleri.



Şekil Ek 2.2. Micromaster 420 motor ve güç besleme bağlantıları.

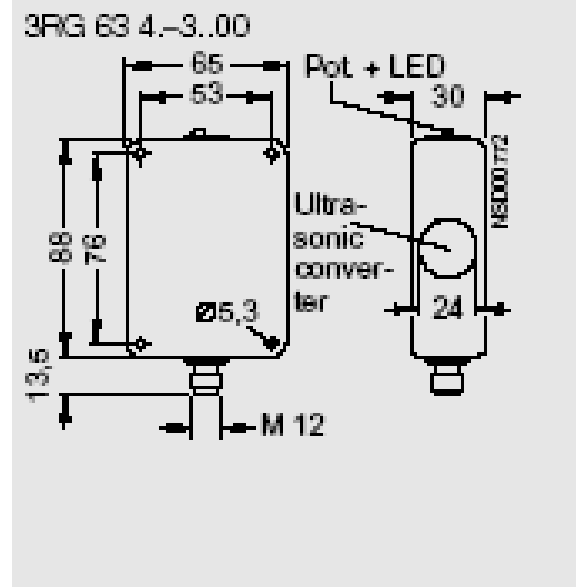
Çizelge Ek 2.1. MICROMASTER performans değerleri.

Vasıf	Özellik								
Ana Besleme Şebekesi Voltajı	200 ila 240 V ± 10% 1AC 200 ila 240 V ± 10% 3AC 380 ila 480 V ± 10% 3AC								
Güç Değerleri	200 ila 240 V ± 10% 1AC			0.12kW – 3.0 kW					
	200 ila 240 V ± 10% 3AC			0.12kW – 5.5 kW					
	380 ila 480 V ± 10% 3AC			0.37kW – 11.0 kW					
Boyutlar (Salmastra plakası yokken)	FSA [W*H*D] mm (inç)			FSB [W*H*D] mm (inç)			FSC [W*H*D] mm (inç)		
	73 (2.87)	173 (6.81)	149 (5.87)	149 (5.87)	202 (7.95)	172 (6.77)	185 (7.28)	245 (9.65)	195 (7.68)
Koruma seviyesi	IP20								
Sıcaklık Menzili	-10°C to +50°C								
Depolama Sıcaklığı	-40°C to +70°C								
Nem	95% RH – yoğunlaşmayan								
Çalışma Rakımı	Anma değerini düşürme işlemi uygulanmaksızın deniz seviyesinden 1000m yükseğe kadar								
Kontrol yöntemi	Doğrusal V/f ; İkinci dereceden V/f; Akı Akım Kontrolü (FCC)								
Aşırı Yük Kabiliyeti	60 saniye süreyle nominal çıkış akımı *1.5 (her 300 saniyede bir)								
Elektro Manyetik Uyumluluk	EN55011 Sınıf A ya da B'ye uygun isteğe bağlı EMC filtreleri, aynı zamanda Dahili A Sınıfı filtreler de temin edilebilir								
Koruma özellikleri	Düşük voltaj, Aşırı Voltaj, Topraklama Hataları, Kısa Devre, Durmayı Önleme, Kilitlenmiş Rotor, Motorda Aşırı Isınma, İnverterde Aşırı Isınma								
Giriş Frekansı	47 ila 63 Hz								
Ayar noktası çözme değerleri	0.01Hz Sayısal, 0.01 Hz Seri, 10 bit Analog								
Açma-kapama frekansı	2kHz ila 16kHz (2kHz basamaklar halinde)								
Sayısal Girişler	3 adet programlanabilen yalıtılmış giriş, aktif yüksek/aktif düşük olarak seçilebilir (PNP/NPN)								
Sabit frekanslar	7 adet programlanabilen frekans								
Atlama frekansları	4 adet programlanabilen frekans								
Röle çıkışları	1 adet programlanabilen 30V DC / 5A (rezistif), 250V AC 2A (rezistif)								
Analog Giriş	Ayar noktası veya Pl geri besleme sinyali için kullanılan 1 adet (0/2 ila 10V).								
Analog Çıkış	Programlanabilen 1 adet (0/4 ila 20mA)								
Seri Arabirim	RS-232 ve RS-485								
Tasarım/İmalat	ISO 9001'e uygun								
Standartlar	UL, cUL, CE, C-tick								
CE Amblemleri	EC Alçak Gerilim Yönergesi 73/23/EEC ve Elektro Manyetik Uyumluluk Yönergesi 89/336/EEC koşullarını karşılar								
Güç faktörü	≥0.7								
İnverter verimi	% 96 ila 97								
Yığılma Akımı	Nominal giriş akımından düşük								
Frenleme	DC frenleme, bileşik frenleme								

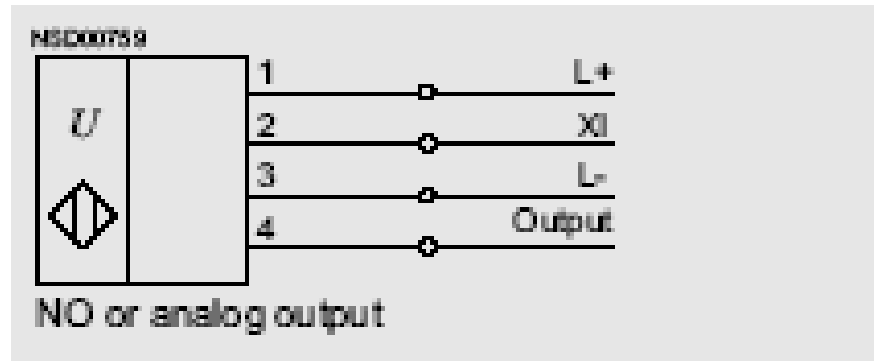
Çizelge Ek 2.2. Motor sürücüsü teknik özellikleri.

Giriş voltajı menzili	1AC 200V-240V+10%-10%								
Motor çıkış gücü kW (hp)	0,12 (0,16)	0,25 (0,33)	0,37 (0,5)	0,55 (0,75)	0,75 (0,1)	1,1 (1,5)	1,5 (2)	2,2 (3)	3 (4)
Çıkış KVA	0,4	0,7	1	1,3	1,7	2,4	3,2	4,6	6
Çıkış akımı Maks.. A	0,9	1,7	2,3	3	3,9	5,5	7,4	10,4	13,6
Giriş akımı A	2	4	5,5	7,5	9,9	14,4	19,6	26,4	35,5
Giriş kablosunun Min.mm ² (øwg)	1 (17)					2,5 (13)		4 (11)	6 (9)
Giriş kablosunun Maks.mm ² (øwg)	2,5 (13)					6 (9)			10 (7)
Çıkış kablosunun Min. mm ² (øwg)	1 (17)								1,5 (15)
Çıkış kablosunun Maks. mm ² (øwg)	2, 5 (13)					6 (9)			10 (7)
Boyutlar [g x y x d] mm (inç)	73 x 173 x 149 (2,87 x 6,81 x 5,87)					149 x 202 x 172 (5,87 x 7,95 x 6,77)			185 x 245 x 195 (7,28 x 9,65 x 7,68)
Ağırlık kg (lb)	1,2 (2,6)			1,3 (2,9)		3,3 (7,3)	3,6 (7,9)		5,2 (11,4)

Ek 3: Sonar Bero Ultrasonik Sensör Özellikleri



Şekil Ek 3.1. Ultrasonik sensörün boyut gösterimi.



Şekil Ek 3.2. Ultrasonik sensörün bağlantı noktaları.

Çizelge Ek 3.1. Ultrasonik sensörün teknik özellikleri.

Technical specifications			
Type		3RG63 42	3RG63 43
Sensing range	cm	6 ... 30	20 ... 100
Standard target	cm	1 × 1	2 × 2
Differential travel H	mm	5	10
Repeat accuracy R	mm	± 0.45	± 1.5
Operational voltage (DC)	V	10 ... 35 (including ± 10 % residual ripple, at 10 ... 18 V susceptibility falls by approx. 30 %)	
Rated operational current I_a	mA	100	
No-load supply current I_0	mA	Max. 35	
Ultrasonic frequency	kHz	400	200
Switching frequency f	Hz	8	5
Response time	ms	70	90
Power-up delay t_v	ms	7	7
Switching status display		Yellow LED	
Enclosure material		CRASTIN; epoxy resin converter surface	
Degree of protection		IP65; IP68 with separate sensor	
Ambient temperature			
• During operation	°C	0 ... +55	
• During storage	°C	−40 ... +85	