

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN TASARIMI, ÜRETİMİ VE PLC İLE OTOMATİK KONTROLÜ

BİTİRME PROJESİ

2014508001 – Yasin AKBULUT
2014508003 – Mertcan AKIN
2014508051 – Mete Kağan KARAEEL
2014508070 – Salih PEHLİVANOĞLU

Projeyi Yönetenler

Doç. Dr. Levent MALGACA
Dr. Öğr. Ü. Şahin YAVUZ
Doç. Dr. M. Akif EZAN

Haziran, 2019
İZMİR

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN TASARIMI, ÜRETİMİ VE PLC İLE OTOMATİK KONTROLÜ

BİTİRME PROJESİ

2014508001 – Yasin AKBULUT
2014508003 – Mertcan AKIN
2014508051 – Mete Kağan KARAEK
2014508070 – Salih PEHLİVANOĞLU

Projeyi Yönetenler

Doç. Dr. Levent MALGACA
Dr. Öğr. Ü. Şahin YAVUZ
Doç. Dr. M. Akif EZAN

Haziran, 2019
İZMİR

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın başından sonuna kadar bütün aşamalarında, bir dönem boyu değerli bilgilerini bizlerle paylaşan, özverili yardımlarını ve kaynaklarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocamız Doç. Dr. Levent MALGACA'ya teşekkür ederiz.

Donanım ve yazılım konusunda fikirlerini ve önerilerini paylaşan Burak ERGİNKOÇ'a, mekanik malzemelerin temin edilmesinde ve montajında yardım etmeyi kabul eden sponsorumuz KARACA MEKATRONİK KONVEYÖR ve OTOMASYON SİSTEMLERİ MAK. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.'ye, mühendislik tecrübeleriyle bize yol gösteren Semihcan AKIN'a teşekkürlerimizi sunarız.

Son olarak, eğitim öğretim hayatımızda bize her zaman maddi manevi destek olan ailelerimize sevgi ve şükranlarımızı sunarız.

Yasin AKBULUT

Mertcan AKIN

Mete Kağan KARAEK

Salih PEHLİVANOĞLU

ÖZET

Endüstride otomatik sıvı seviye sistemleri mekatronik uygulamalardan biridir. Projenin amacı sıvı seviye kontrolünün deneysel ve teorik yöntemler ile incelenmesidir.

Projede masaüstü sıvı seviye sistemi (MSSS) tasarlanmıştır. Deney sistemi 3,5 litrelik silindirik bir tank ve bu tankın yaklaşık 20 saniyede referans seviyeye getirilmesi üzerine tasarlanmıştır. Bir ana tank içerisindeki su kontrol tankına pompa ile basılmış, tanktaki sıvı seviyesi sensör ile algılanarak kontrol uygulanmıştır. Sistem üzerinde kontrolcü parametreleri(P, PI, PD, PID) değiştirilerek farklı durumlardaki dolum davranışı incelenmiştir. Sistem PLC kontrollü olup, sisteme uygun yazılım geliştirilmiştir.

Sistem belirlenen alt ve üst seviye aralığında çalışmaktadır. Teorik çalışmalar için ise dinamik sistemin matematik modeli kurularak otomatik kontrol için simülasyonlar yapılmış, bu simülasyonlar deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Teorik simülasyonlar ile deneysel sonuçların başarılı bir şekilde eşleştiği proje sonunda gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sıvı Seviye; PID; PLC; Kontrol.

ABSTRACT

In industry, automatic liquid level systems are one of the mechatronic applications. The purpose of the project is the automatic control of the liquid level in a water tank with the PLC.

Desktop liquid level system (MSSS) will be designed in the project. The experimental setup is designed as a 3.5 liters cylindrical tank and this tank is brought to the reference level in approximately 20 seconds. The water in a tank will be pumped into the tank with a pump, the liquid level in the tank was detected by the sensor then control system applied. The control parameters(P, PI, PD, PID) were changed on the system and the filling behavior in different situations was examined. The system will be PLC controlled and the software will be developed.

The system will operate at the specified lower and upper level range. For the theoretical studies, the mathematical model of the dynamic system was established and simulations were made for automatic control and these simulations were compared with the experimental results. It was observed at the end of the project that the theoretical simulations were successfully matched with the experimental results.

Keywords: Liquid Level; PID; PLC; Control.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
TABLO LİSTESİ.....	IX
ŞEKİL LİSTESİ.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Uygulamanın Amacı.....	2
1.2. Literatür Araştırması.....	3
1.2.1. Sıvı seviye kontrolü teknikleri	3
1.2.2. Sıvı seviye kontrol çeşitleri	4
1.2.2.1. Ayarlanamaz on/off seviye kontrolü.....	4
1.2.2.2. Ayarlanabilir on/off seviye kontrolü	5
1.2.2.3. Oransal seviye kontrolü	5
1.2.3. Literatürde sıvı seviye kontrol sistemi uygulama örnekleri	5
1.3. Endüstriyel Uygulamalar.....	7
2. MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN TASARIMI VE ANALİZİ.....	10
2.1. Masaüstü Sıvı Seviye Sisteminin Tasarımı.....	10
2.1.1. Şase tasarımı.....	10
2.1.2. Sistem tasarımı	11
2.1.2.1. İlk tasarım	12
2.1.2.2. Son tasarım	13
2.2. Şasenin Analizleri.....	16
2.2.1. Statik analiz.....	16
2.2.2. Frekans analizi.....	18
3. SİSTEMİN MATEMATİK MODELİ VE SİMÜLASYONLARI.....	20
3.1. Sistemin Matematik Modeli.....	20
3.1.1. Reynolds sayısının elde edilmesi.....	21
3.1.2. Sistemin Direnç ve Kapasitansının Belirlenmesi.....	21

3.1.3. Tank sıvı yüksekliği-debi grafiğinin oluşturulması	23
3.1.4. Transfer fonksiyonunun oluşturulması.....	24
3.2. Sistemin Simülasyonları.....	25
3.2.1. Açık sistemin simülasyonu.....	25
3.2.2. Kapalı sistemin blok diyagramının oluşturulması.....	26
3.2.2.1. <i>İntegral windup</i>	26
3.2.2.2. <i>Anti windup özelliği eklenmesi</i>	27
4. MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN ÜRETİMİ.....	32
4.1. Şase ve Kontrol Tankının Üretimi.....	32
4.2. Tesisat Montajı.....	33
4.2.1. Pompanın seçimi.....	33
5. KONTROL SİSTEMİ VE PLC İLE SIVI SEVİYE KONTROLÜ	37
5.1. Cihaz ve Ekipmanlar.....	37
5.1.1. Programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC).....	38
5.1.2. Motor sürücünün seçimi	39
5.1.3. Sensörün seçimi	40
5.1.3.1. <i>Sensörün çalışma prensibi</i>	40
5.1.3.2. <i>Sensörün yerleştirilmesi</i>	40
5.2. Kontrol Yazılımı	41
5.3. Sistemin Deneysel Ve Simülasyon Karşılaştırılması	42
6. MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN MALİYET HESABI.....	44
7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	46
7.1. Projede Yapılabilecek Geliştirmeler.....	46
KAYNAKLAR.....	47
EKLER.....	49
EK1. 6063 ALÜMİNYUM ALAŞIM ÖZELLİKLERİ	49
EK2. MDF PLAKA ÖZELLİKLERİ	49
EK3. MATLAB KODLARI VE SIMULINK BLOKLARI	50
EK4. AKIŞ SİSTEMİ İÇİN K KAYIP KATSAYILARININ DEĞERLERİ.....	53
EK5. SİSTEMİN MODELLENMESİNDE YAPILAN İŞLMELER	54
EK6. PLEKSİ TANK TABANI.....	55
EK7. HİDROFOR POMPA ÖZELLİKLERİ	55
EK8. MOTOR SÜRÜCÜ ÖZELLİKLERİ.....	58
EK9. SENSÖRÜN TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	59
EK10. PLC YAZILIMI VE PID KONTROL BLOĞU.....	61

EK11. PID BLOĞUNUN TANIMLANMASI.....	63
--------------------------------------	----

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. MSSS Elemanları.....	15
Tablo 2.2. Frekans Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	19
Tablo 3.1. Matematik Model Oluşturulmasında Kullanılan Sembol ve Anlamları	21
Tablo 4.1. Kullanılan Tesisat Elemanları.....	36
Tablo 5.1. Simülasyon ve Deneysel Sonuçların Değerleri.....	43
Tablo 6.1. Maliyet Hesabı.....	44

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Sıvı Seviye Kontrol Şeması.....	1
Şekil 1.2. Tasarım Süreci	2
Şekil 1.3. (a)Üretilen Sistem, (b)Tasarlanan Sistem	3
Şekil 1.4. Ayarlanamaz On-Off Seviye Kontrolü.....	4
Şekil 1.5. Ayarlanabilir On-Off Seviye Kontrolü	5
Şekil 1.6. (a)Bill Kleitz Sıvı Seviye Kontrol Sistemi, (b)Quanser Sıvı Seviye Kontrolü.....	6
Şekil 1.7. SICK Firması Sıvı Seviye Kontrol Sistemi.....	6
Şekil 1.8. İki Tanklı Sıvı Seviye Kontrol Sistemi	7
Şekil 1.9. Ham Petrolden Tuz Giderme Tankları	8
Şekil 1.10. Depolama Tanklarının Aşırı Dolum Koruması	9
Şekil 1.11 Atık Su İstasyonlarında Sıvı Seviye Kontrolü	9
Şekil 2.1. Şase Tasarımı	11
Şekil 2.2. Üretilmesi Planlanan İlk Tasarım.....	13
Şekil 2.3. Üretimi Gerçekleştirilen Son Tasarım.....	13
Şekil 2.4. Tasarımın Perspektif Görünümü	14
Şekil 2.5. MSSS Elemanları (a)Ön Üst Görünüm (b)Ön Alt Görünüm (c)Arka Görünüm... 15	
Şekil 2.6.(a)Solidworks Modeli, (b)Analiz Girdileri ve Sınır Şartları (c)Mesh Görüntüsü... 16	
Şekil 2.7. Gerilme Dağılımı	17
Şekil 2.8. (a)Yer Değiştirme Değerleri (b) Emniyet Katsayısı	17
Şekil 2.9. Yüksüz Durum (a)1. (b)2. (c)3. Titreşim Biçimleri.....	18
Şekil 2.10. Yüklü Durum (a)1. (b)2. (c)3. Titreşim Biçimleri	19
Şekil 3.1. Seviye Tankı Modeli.....	20
Şekil 3.2.a-b Mevcut Sistemin Tank Modeli.....	22
Şekil 3.3. Tank Sıvı Yüksekliği-Debi Grafiği.....	24
Şekil 3.4. Açık Sistem Blok Diyagramı.....	25
Şekil 3.5. Açık Sistem Cevabı	26
Şekil 3.6. Örnek İntegral Windup Grafiği.....	27

Şekil 3.7. Örnek Anti Windup Bloğu.....	27
Şekil 3.8. Oluşturulan Anti Windup Bloğu.....	28
Şekil 3.9. Kapalı Sistem Kullanılan PI ve PID Blok Diyagramı	28
Şekil 3.10. Kapalı Sistem Kullanılan P ve PD Blok Diyagramı.....	29
Şekil 3.11 Farklı Kontrolcü Değerleri İçin Simülasyon Sonuçları.....	30
Şekil 3.12. Farklı P Değerleri İçin Simülasyon Sonuçları	31
Şekil 4.1. MDF Plakaların ve Tankın Montajı	33
Şekil 4.2. Tesisat Hatları	34
Şekil 4.3. (a)Üretilen Sistem, (b)Tasarlanan Sistem	35
Şekil 5.1. Kontrol Panosu	37
Şekil 5.2. Kontrol Sistemi Şeması	38
Şekil 5.3. Siemens S7-1200 PLC ve Analog Çıkış Modülü	39
Şekil 5.4. Motor Sürücü.....	39
Şekil 5.5. SICK LFP Cubic Sıvı Seviye Sensörü	40
Şekil 5.6.(a) Sensörün Çelik Boru İçine Montajı, (b)Sensörün Revize Edilmiş Montajı.....	41
Şekil 5.13. Simülasyon ve Deneysel Verilerin Grafiklerinin Karşılaştırılması	42

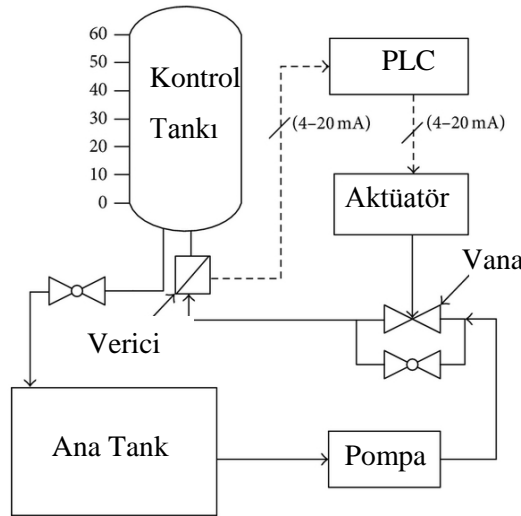
BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1. GİRİŞ

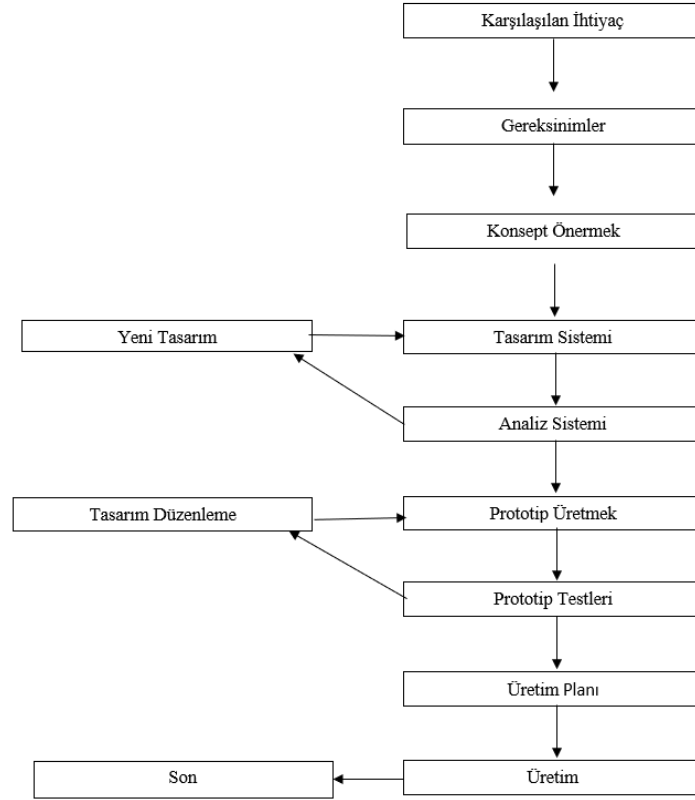
Günlük hayatın birçok alanında çeşitli sıvıları depolamak için depo, ya da diğer adıyla tanklar kullanılmaktadır. Burada bahsedilen sıvı, içmek ya da kullanmak amacıyla depolanmak istenen su olabileceği gibi, kalorifer kazanı için fuel-oil ya da mazot da olabilmektedir. Ayrıca yağ fabrikasındaki yağ dolu kazanlar, bir imalathanede asit dolu depo veya iş makinelerinde sürtünmeyi ve aşınmayı azaltmak için kullanılacak yağlar da olabilmektedir [1].

Bu gibi tankların ölçümü de birçok şekilde yapılabilmektedir ancak en güvenilir ve hassas sonuçlar sensörler ile alınmaktadır. Sensörler kullanım yerlerine göre farklılık göstermektedir. Ultrasonik sensörler, şamandıralar ve basınç sensörleri en çok kullanılan sensör türleridir. Seviye ölçümü, bir depoda bulunan sıvı veya katı ürünün yüksekliğinin, hacimsel miktarının veya kütesel miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılır. Bu tankların kontrolü ise gelişen teknoloji ile birlikte insandan ayrı bir yolla yapılmak istenmiştir. Bu yüzden otomasyonu sağlayacak akıllı kontrol elemanları kullanılmaktadır. Bilgilerin hızlı işlenebilmesi ve hızlı cevap verebilmesi için ise PLC' ler kullanılmıştır. Bu sayede insan kaynaklı hatalar ve fazla maliyetler minimuma indirilmiştir. Şekil 1.1' de sıvı seviye kontrolü için bir şema verilmiştir.



Şekil 1.1. Sıvı Seviye Kontrol Şeması [2]

Proje temel tasarım düzenine uygun tasarımdan üretime gidecek planda Şekil 1.2.'deki adımlara göre gerçekleştirilmiştir [3].



Şekil 1.2. Tasarım Süreci

1.1. Uygulamanın Amacı

Bu uygulamada amaç; bir tank içindeki sıvı seviyesinin PLC ile otomatik kontrol edilmesidir. Bu sayede depolanması istenen sıvılar istenilen seviyelerde bekletilip ayarlanabilecektir. Projede masaüstü sıvı seviye sistemi (MSSS) tasarlanmıştır. Bu tasarım ergonomik bir şekilde tasarlanmıştır. Gerekli güvenlik önlemleri dikkate alınarak tasarımda iyileştirmeler yapılmıştır. Tasarımdan sonra sisteme ait özelliklerin tespiti için gerekli analizler yapılmış ve bu analizler sonucunda tasarımdan üretime geçilmiştir.

Bir tank içindeki sıvı, depoya bir pompa yardımı ile basılarak, depo içindeki sensör ile sıvı seviyesi istenen bir referans değere göre otomatik ayarlanmıştır. Sistem belirlenen alt ve üst seviye aralığında çalışmaktadır. Bu aralık sistemin kullanılacağı yere ve kullanılacak sıvıya göre ayarlanabilmektedir. Sistem PLC kontrollü olup bu sisteme uygun yazılım geliştirilmiştir. Sistemin farklı PID algoritmalarına göre dolum performansı incelenmiş, dinamik sistemin matematik modeli kurularak otomatik kontrol için simülasyonlar yapılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 1.3. (a) Üretilen Sistem, (b) Tasarlanan Sistem

1.2. Literatür Araştırması

Projenin işleyişi ve uygulama aşamasını anlamak amacıyla makaleler araştırılmış ve gerekli kaynak kitaplar incelenmiştir. Konu hakkında yapılan çalışmalarda hangi ekipmanlar kullanıldığı, tasarımın nasıl yapıldığı, matematiksel modelin nasıl oluşturulduğu öğrenilmiştir. Yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler veya yapım aşamasında yaşanmış sorunlar göz önüne alınarak kendi sistemimize bir yol haritası çizilmiştir. Literatür taraması sırasında bulunan kaynaklar kaynakça kısmında gösterilmiştir.

1.2.1. Sıvı seviye kontrolü teknikleri

Endüstride çeşitli seviye kontrol sistemleri ve teknikleri kullanılmaktadır. Sistemler şamandıralı, problu veya çok daha karmaşık teknoloji içeren sistemler olabilmektedir. Bu geniş uygulama yelpazesine hizmet edebilmek için de birçok sistem geliştirilmiştir. Seviyenin ölçülme yöntemine göre sistemlerden bazıları aşağıda verilmiştir [4]:

-Şamandıralı Sistemler: Sensör ile belirlenen bir alt ve üst limit aralığında çalışan bu sistemlerde sensörün üzerindeki parça sıvı seviyesine göre yükselip alçalarak gerekli aç/kapa sinyallerini iletir. Burada yalnızca alt ve üst olmak üzere iki noktada kontrol yapılır.

-Probu Sistemler: Bu tarz sistemlerde seviye ölçümü suyun iletkenliği ya da kapasitansı gibi özellikler kullanılarak yapılır. Uygulamanın kullanımı çok geniştir. Hemen her sisteme uyabilecek bir yapıya sahiptir.

-Ultrasonik Sistemler: Bu tür sistemlerde yüksek frekanslı akustik bir pals, transduser yardımı ile sıvı yüzeyine gönderilir. Geri dönen palsin dönüş süresi kullanılarak sıvı seviyesi tespit edilir. Bu tür sistemlerin kullanımı zordur. Çünkü palsin bir dağılma açısı vardır. Yalnızca belirlenen tank boyutlarında kullanılabilir. Sensörün doğru ölçüm alabilmesi için tankın özelliklerine uygun bir sensör kullanılmalıdır.

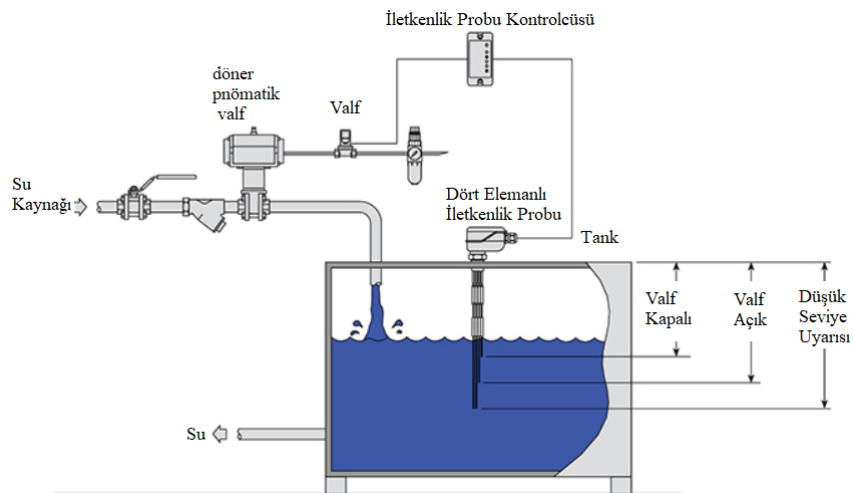
-Hidrostatik Sistemler: Sensörün üstündeki sıvı basıncı ile atmosfer basıncı arasındaki basınç farkını ölçmek için bir basınç vericisi kullanılır. Bu basınçtaki değişiklikler 4-20 mA veya 0-10 Volt çıkış sinyaline dönüştürülür.

1.2.2. Sıvı seviye kontrol çeşitleri

Endüstride seviye kontrolü gerçekleştirmenin üç yolu vardır [4].

1.2.2.1. Ayarlanamaz on/off seviye kontrolü

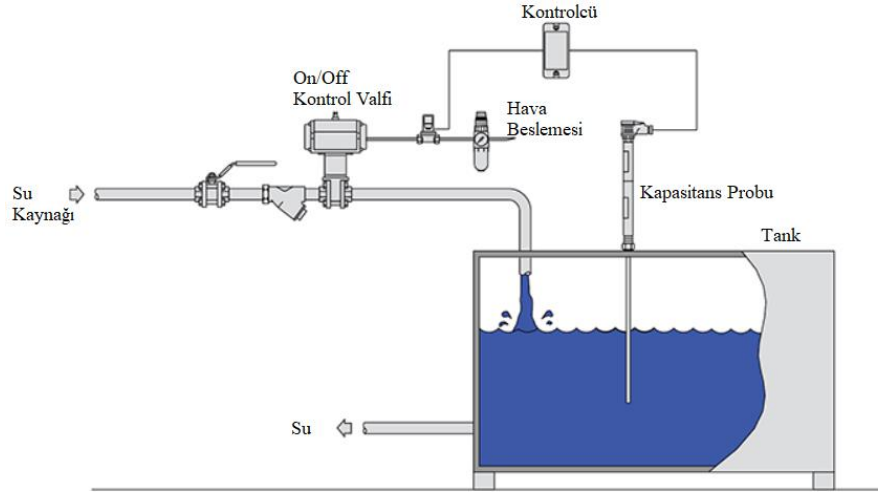
Bu tür seviye kontrol sistemlerinde, kontrol elemanı bir pompa veya valf olabilir. Sistemde kullanılan sensörün tipi itibariyle ayarlanamaz olarak değerlendirilmektedir. Şamandıra sensörler sadece sensörün kendisinin belirlediği iki değer aralığında kontrol yaparlar. Bu durumda üst seviyeye ulaşıldığında pompa durdurulur veya valf kapatılır. Tam tersi alt seviye konumuna ulaşıldığında ise pompaya çalıştırılır veya valf kapatılır. Kontrol bu şekilde sağlanmış olur. Şekil 1.3.' de bu sistemlerin şeması gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Ayarlanamaz On-Off Seviye Kontrolü [4]

1.2.2.2. Ayarlanabilir on/off seviye kontrolü

Bu tür seviye kontrol sistemlerinde yine kontrol elemanı bir pompa veya valftir. Sistemde kapasitans problemleri kullanılır. Bu problemlerde yer alan anahtar noktaları sayesinde kullanıcı istediği alt ve üst değer aralığını kendisi belirleyebilir. Belirleme işlemi probun boyu değiştirilerek gerçekleştirilir. Bu bakımdan bu tip kontrol sistemleri ayarlanabilir. Şekil 1.4.' de bu sistemlerin şeması görülebilir.



Şekil 1.5. Ayarlanabilir On-Off Seviye Kontrolü [4]

1.2.2.3. Oransal seviye kontrolü

Oransal seviye kontrolü diğer iki kontrol yöntemine göre çok daha komplike bir yöntemdir. Bir adet analog çıkış verebilen sensör ve uygun bir kontrolcü seçilerek bu kontrol gerçekleştirilebilir. Bu kontrol sisteminde aktif bir kontrol söz konusudur. Tankın içindeki sıvı seviyesi sürekli kontrol edilir. Yani sıvı belirlenen bir seviyede sabit tutulabilir. Bunun için de pompanın devrinin kontrolcü tarafından ayarlanması gerekir. Kontrolcü sensörün çıktı sinyalini işler ve uygun devirde pompayı sürerek seviye kontrolü gerçekleştirir. Bu yöntem çok etkili olmasına karşın kullanılması gereken ekipmanlar nedeniyle maliyeti yüksektir.

Şekil 1.4.' teki sistemdeki on/off kontrol valfi yerine, oransal kontrol sağlayabilen bir valf kullanılarak bu kontrol uygulanabilir.

1.2.3. Literatürde sıvı seviye kontrol sistemi uygulama örnekleri

Literatür taraması sonucu daha önce uygulanmış olan sıvı seviye sistemleri örnekleri incelenmiştir. Bunlardan ilki 2013 yılında Profesör Bill Kleitz' ın yapmış olduğu çalışmadır [5]. Sistemde kontrol için şamandıra sensörü kullanılmıştır. Yani burada on-off bir kontrol söz konusudur. Sistem belirlenen alt ve üst sınırlar arasında çalışmaktadır. Pompa olarak sintine

(dalgıç) pompa kullanılmış olup gerekli yazılım Allen Bradley PLC ile yapılmıştır. Sistem Şekil 1.6.(a)' da görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1.6. (a)Bill Kleitz Sıvı Seviye Kontrol Sistemi[5], (b) Quanser Sıvı Seviye Kontrolü[6]

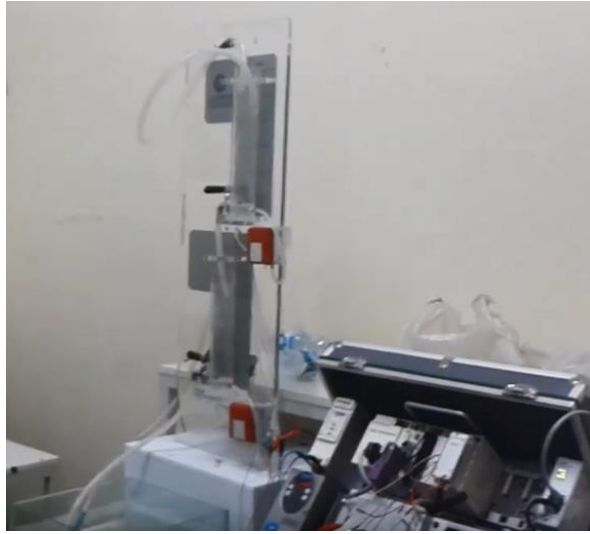
Bir diğer örnek ise Quanser firmasının eğitim amaçlı yapmış olduğu sistemdir[6]. (Şekil 1.6.(b)) Bu sistemde iki adet tank kullanılmış olup tankların her birindeki sıvı seviyesi basınç sensörleri ile ölçülmüştür. Sisteme PID kontrol uygulanmıştır.



Şekil 1.7. SICK Firması Sıvı Seviye Kontrol Sistemi [7]

Şekil 1.7.' de ise SICK firmasının Win Euresia' daki gösterim[7] için ürettiği örnek bir sistem görülmektedir. Bu sistemde SICK LFP Cubic Sensörü kullanılmıştır. Bu sensöre ilişkin detaylı bilgi Bölüm 5.1.3.'de verilmiştir.

Ege Üniversitesi'nde yapılmış diğer bir sistem ise Şekil 1.8.' de görülmektedir [8]. Burada da Quanser firmasının yaptığı sisteme benzer olarak iki tank kullanılmıştır. Üstteki tank alttaki tankı beslemektedir. İki tankın da sıvı seviyesi basınç sensörleri ile tespit edilmekte ve PLC yardımıyla tanklardaki sıvı istenen seviyede tutulmaktadır. Kontrol olarak ise oransal kontrol uygulanmıştır.



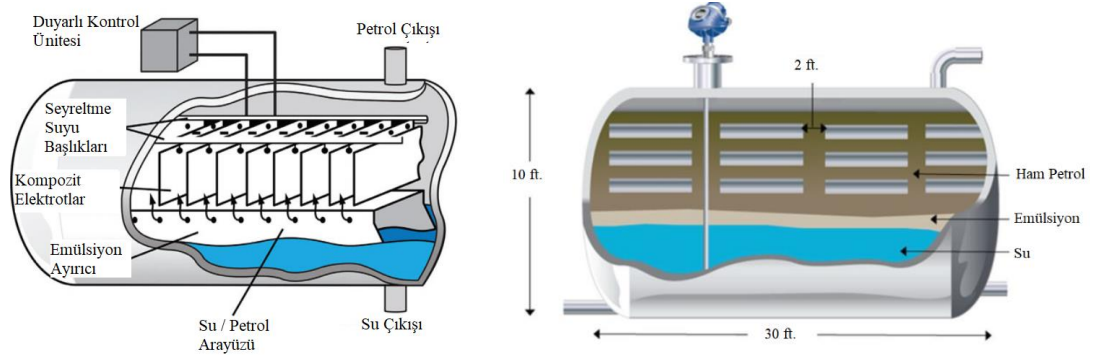
Şekil 1.8. İki Tanklı Sıvı Seviye Kontrol Sistemi [8]

1.3. Endüstriyel Uygulamalar

Sıvı seviye kontrolü endüstride aşağıdaki alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır:

- Taşıt depolarındaki yakıt miktarı
- Katı ve sıvı ürünlerin muhafaza edildiği depolarda ürün seviyesi
- Barajlardaki su doluluk seviyesi
- İlaç yapım endüstrisi
- Gıda endüstrisi.

Sıvı seviye kontrol sistemlerinin doğrudan kullanıldığı yerler ile endüstride sıkça karşılaşılır. Bunlara bir örnek petrol rafinerilerindeki tuz gidericilerdir [9]. Sistem basitçe Şekil 1.9. ile gösterilmiştir.

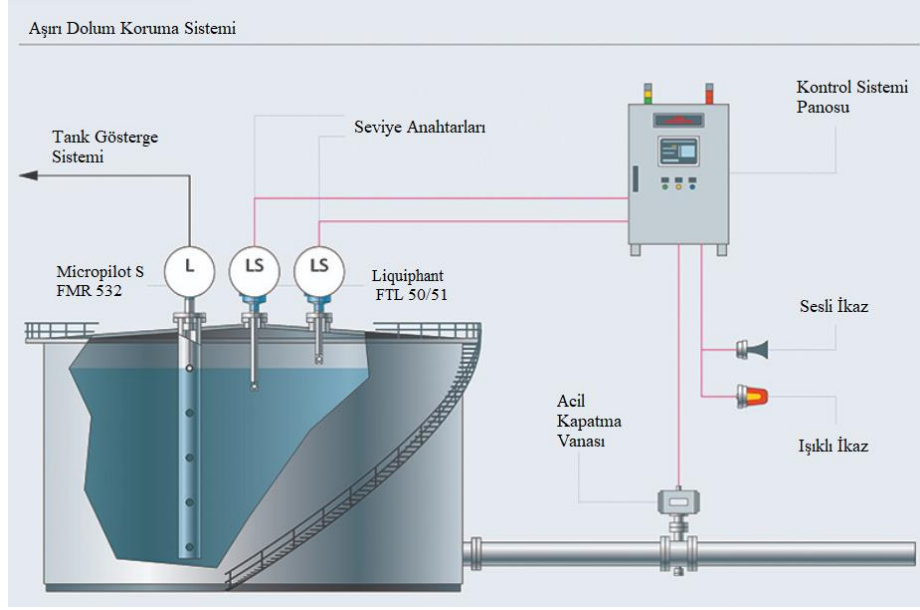


Şekil 1.9. Ham Petrolden Tuz Giderme Tankı [9]

Ham petrolün doğal özelliklerinden biri de toprak birikintilerinden veya çıkarılma yönteminden gelen tuzlu yapısıdır. Tuz yağda, sudaki kadar iyi çözünemese de rafinasyon işlemlerinde kullanılan ekipmanları aşındıracaktır. Ayrıca tuz, rafine etmede kullanılan katalizörleri zehirleyebilecek metaller içerebilir. Bu yüzden ham petrolden işleme öncesi tuz atılmalıdır. Bu işlem de basitçe, akan yağa su enjekte edilerek tuzun petrolden ayrıştırılmasıdır. Ancak rafineriyi besleyecek olan bu sistemler çok büyük yapıda olmaktadır.

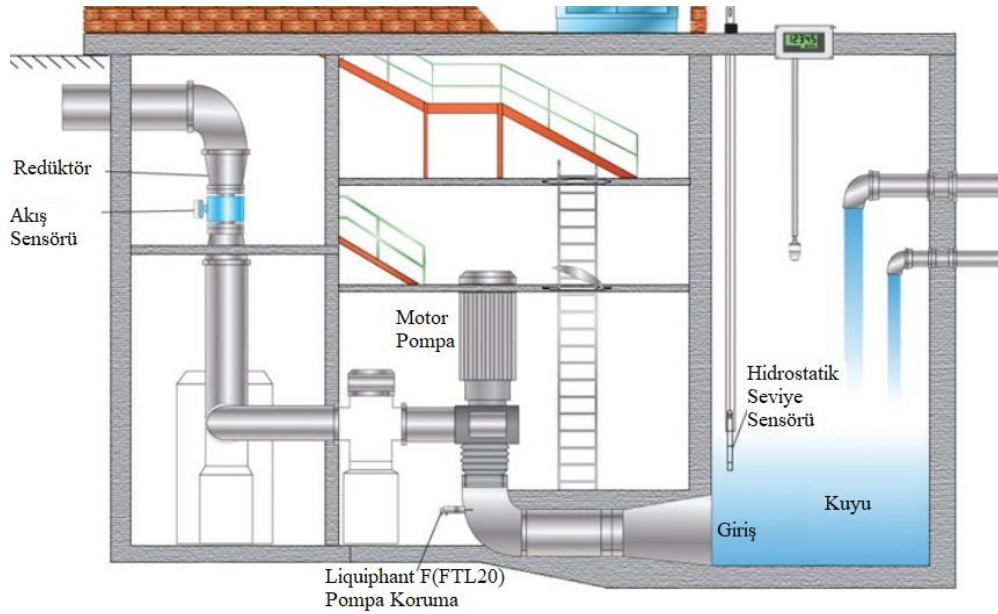
Bu sistemlerde işletme esnasında tuz giderme tankı tamamen doldurulur. Bu esnada tank içindeki üç katmanın dikkatli takip edilmesi gereklidir. Yerleştirilecek sensörün petrol-tuzlu su ara yüzeyinin seviyesini tespit edecektir. Bu durum için de kapasitif prob kullanılarak sorun ortadan kaldırılmıştır. Yağ elektriksel olarak yalıtkan olsa da tuzlu su elektriksel olarak iletkenidir. Bu durumda tuzlu su seviyesi elektrostatik ızgara bölgesine ulaşmamalıdır. Ulaştığı durumda sistem kısa devre yapabilir veya aşırı güç çekmesine neden olur. Bu durum da verimliliği azaltır. Tank içerisinde tuzlu su seviyesi kontrol edilerek bu sorun ortadan kaldırılmıştır.

Bir diğer endüstriyel kullanım ise depolama tanklarının aşırı dolmı korumasıdır [10]. Bu sistemlere ait şema Şekil 1.10.' de verilmiştir. Depolanan maddenin türüne göre bu alanda da çok kritik örnekler mevcuttur. Yanıcı, patlayıcı veya zehirli maddeler tanklarda depolanırken de sıvı seviye kontrol sistemlerinden çokça faydalanılır. Depo fazla dolması durumunda çok ciddi tehlikelere yol açabilir. Bu yüzden depolardaki sıvı seviyesi sürekli takip ve kontrol edilmeli tehlike durumlarında acil durum valfleri ile boşaltım yapmalı, gerekli ikazları vermelidir.



Şekil 1.10. Depolama Tanklarının Aşırı Dolum Koruması [10]

Sıvı seviye kontrol sistemleri atık su artıma tesislerinde de yaygın kullanılmaktadır [11].



Şekil 1.11. Atık Su İstasyonlarında Sıvı Seviye Kontrolü [11]

Bu tür sistemlerde genellikle şamandıra sistemi kullanılır. Bir şamandıra alt seviyeyi, bir şamandıra da üst seviyeyi belirlemek amacıyla yerleştirilir. Bu geleneksel bir yöntem olup yerini basınç ve ultrasonik sistemlere bırakmaktadır. Ultrasonik sistemler temassız çalıştığı için bu tür uygulamada avantajlıdır.

BÖLÜM İKİ

MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN

TASARIMI ve ANALİZİ

2. MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN TASARIMI ve ANALİZİ

2.1. Masaüstü Sıvı Seviye Sisteminin Tasarımı

Proje kapsamında taşınabilir bir sıvı seviye kontrol sistemi oluşturulması planlanmıştır. Deneysel sistemin tasarımında dolum süresi, pompanın basma yüksekliği ve pompanın debisi gibi durumlar göz önüne alınmıştır. Bu durumlar sistemin matematik modelinin oluşturulmasında da önemli rol oynamıştır.

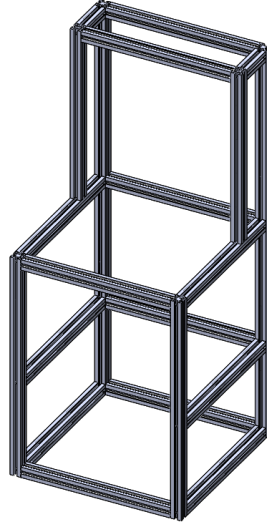
Bu bölüm şasenin tasarımını ve analizini, tasarımdaki genel ihtiyaç ve kısıtlamaları, tasarımda kullanılan ekipmanları içermektedir.

2.1.1 Şase tasarımı

Tasarıma başlarken, sistemin bütün elemanlarını taşıyacak olan eleman şase olduğu için öncelikle şase tasarımı yapılmıştır. Tasarımda kullanılan profiller 30x30 sekiz kanallı alüminyum sigma profil olarak belirlenmiştir. Bu belirlemede esas alınan noktalar alüminyum sigma profilin hafif, uygun fiyatlı ve kolay bulunabilir olmasıdır. Alüminyum malzeme olarak standart 6063 Alüminyum alaşımı tercih edilmektedir. Bu malzemeye ilişkin özellikler Ek1’ de verilmiştir.

Tasarımda hafiflik sistemin taşınabilir olması nedeniyle gereklidir. Aynı zamanda sistem büyük dış yüklere maruz kalmadığı için alüminyumun sağladığı dayanım yeterli olacaktır. Sigma profilin bir başka tercih sebebi ise montaj kolaylığıdır. Üzerindeki kanallar sistem elemanlarının montajına büyük kolaylık sağlayacaktır.

Şase üç kat olacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem taşınabilir bir sistem olacağı için kullanım sırasında masa seviyesi ile aynı seviyede olacak şekilde tasarlanmıştır. Tekerlekli durumda yerden üst kata mesafe yaklaşık 70 cm’ dir. Tasarlanan şasenin görseli Şekil 2.1.’ de verilmiştir.



Şekil 2.1. Şase Tasarımı

En alt kata suyun çekileceği ana tankın yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Böylece üstü açık olan bu ana tank, elektronik ekipmanlardan mümkün olduğunca uzakta tutulmuş olacaktır. Ara kat da pompanın konulacağı ve vana ile kontrolün yapılacağı kat olarak düşünülmüştür. En üstteki kata da kontrol tankı yerleştirilmiştir. En üst kata dik olarak konumlandırılmış olan karşı çerçeveye ise kontrol paneli ve ikaz ışıkları yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Böylece butonlara ulaşım kolay hal almıştır. Ayrıca ikaz ışıkları karşıda yer aldığı için görülmesi de kolay bir duruma gelmiştir. Raflar arası bölmeler, üst ve ön levhalar da MDF malzeme plaka seçilmiştir. Bu malzemeye ilişkin özellikler Ek2’ de belirtilmiştir.

2.1.2. Sistem tasarımı

Sistem yer çekimine karşı dolum yapacağı için kullanılan pompa bu durumda çok önemlidir. Bu aşamada ilk öncelikle 1100 GPH (69,4 litre/dk) debi verebilen bir sintine pompa kullanılması öngörülmüştür. Ancak bu pompa ile yapılan ilk denemeler başarısız olmuştur. Sintine pompa suyu tankın dibinden çekmektedir. Pompa suyu dipten alarak motoru sayesinde basmaktadır. Ancak sistem denge konumuna ulaştığında pompa kontrol tankı olan üstteki tankın içindeki suyu geri almaktadır. Pompa kapatıldığı bastığı suyu geri vererek denge durumunu bozmaktadır. Ayrıca basit bir yapı olduğu için motor sürücü devresi ile kullanımı kararlı olmayan sonuçlar vermiştir.

Bütün bu sorunlar yeni bir pompa kullanılması gerektiğini göstermiştir. Bu durumda pompada istenen ilk özellik basınçlı bir pompa olmasıdır.(enerji kesildiğinde suyu geri almalı.) Bir diğer özellik ise yaklaşık 3,5 litrelik kontrol tankını 15- 20 saniye gibi bir sürede doldurarak kontrol sağlayabilmesidir.

Bu duruma uygun olarak 11,3 lt/dk Seaflo hidrofor pompa seçilmiştir. Pompaya ait detaylı bilgi Bölüm 4.2.1’ de verilmiştir. Hidrofor pompalar sahip oldukları diyafram sayesinde sıvıyı basınçlandırarak istenen yükseklikte sıvıyı tutar.

Bir diğer sistem gereksinimi sürekli kontrol yapılmasıdır. Yani sıvı seviyesi sensör yardımıyla sürekli takip edilmeli ve istenen noktada sabit tutulabilmelidir. Yani sensör çıktısı analog bir çıktı olmalıdır. Bu sayede pompa devri ayarlanarak sistemin sürekli kontrolü sağlanır.

Diğer yandan endüstride seviyesi kontrol edilen sıvılar yalnızca sudan ibaret değildir. Yani kullanılacak sensör de endüstriyel sıvılarda kullanılabilecek bir sensör olmalıdır. Bu ihtiyaçları karşılayabilecek sensör endüstriyel bir sensör olmalıdır. Bunun için SICK LFP Cubic sensörü uygun görülmüştür. Sensör ile ilgili detaylı bilgi 5.1.3.’ de verilmiştir.

Proje kapsamında farklı PID değerlerinde dolun performansı inceleneceği için bir kontrol paneline ihtiyaç duyulmuştur. Bu panelde bir anahtar ve üç adet buton olması öngörülmüştür. Anahtar sistem gücünü açma kapamada kullanılmıştır. Butonlar ise PID kontrolü başlatma ve durdurma görevleri için panoya eklenmiştir. Bu butonların ek olarak istenen seviyeye ulaşılıp ulaşılmadığını kullanıcıya bildirmek için de ikaz ışıkları kullanılmıştır. Bunlardan biri sistemin bekleme konumunda olduğunu belirtir. Diğer iki ikaz ışığı ise istenen seviyeye ulaşılıp ulaşılmadığı belirtir.

Sistem tasarımında ise öncelikle farklı ihtiyaçları karşılayan üç adet tasarım yapılmıştır. Daha sonra bu üç tasarımdan en uygun olanı seçilmiştir. Seçim yapılırken diğer tasarımların da bazı yararlı özellikleri bu tasarıma uygulanmıştır.

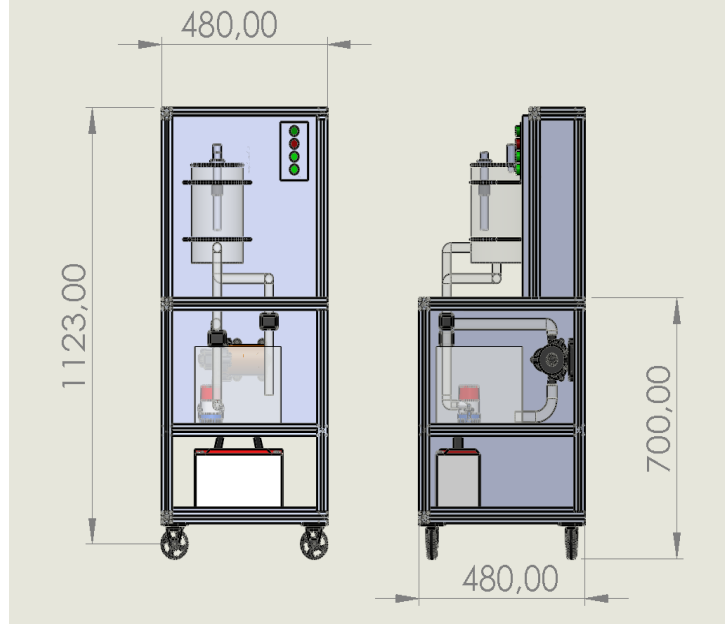
2.1.2.1. İlk tasarım

Araştırma projesi kapsamında üretilmesi planlanan sistem Şekil 2.2.’ de verilmiştir. Bu sistem hem teorik hem pratik birçok problem içermektedir.

Bu tasarımda görüldüğü gibi kontrol tankı çok büyük boyutlardadır. Bu da sistemin taşınabilir olma koşuluna karşı bir etken oluşturmaktadır. Tank yine görüldüğü gibi alttan beslenmekte ve alttan boşaltılmaktadır. Pleksi yapısı nedeniyle işlenirken çatlamaya ve hasar görmeye uygun bir malzemedir. Besleme yapılan nokta eğri bir yüzey olduğu için bu noktanın delinmesi ve sızdırmazlığının sağlanması çok zordur. Bu sebeple kontrol tankı tasarımı tamamen değiştirilmiştir.

İlk tasarımda en alt rafın akü için kullanılması öngörülmüştür. Fakat ana tank, pompa orta rafta iken burada tesisat yapılması için yeterli alan yoktur. Bu yüzden ana tank farklı bir

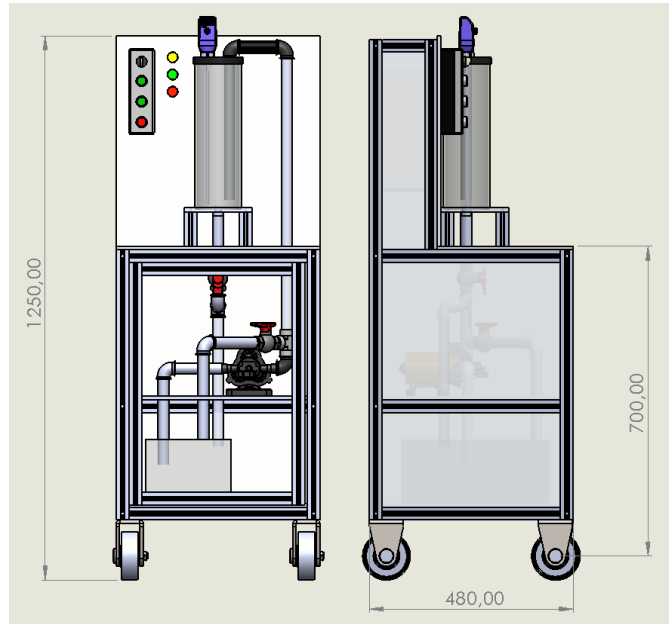
noktaya alınarak pompa ve tesisatı için alan açılmalıdır. Eğer sıkışık bir düzende montaj yapılırsa herhangi parça değişimi neredeyse imkânsız olacaktır.



Şekil 2.2. Üretilmesi Planlanan İlk Tasarım [12]

2.1.2.2. Son Tasarım

Şekil 2.2.' de görülen tasarım projenin üretilmesi düşünülen ilk tasarımıdır. Ancak üretim ve montajdaki geliştirmeler sonucu Şekil 2.3.' te görülen tasarım yapılmıştır.



Şekil 2.3. Üretimi Gerçekleştirilen Son Tasarım

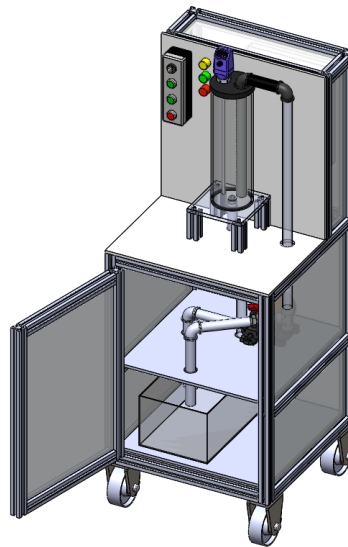
Pompa çalışma esnasındaki titreşiminden ve ağırlığından dolayı yandaki pleksi levhalara monte edilemeyecektir. Bu durum tasarımdaki ilk temel değişikliği oluşturmuştur. Pompanın zemine koyulma gereksiniminden dolayı emme ve basma hattındaki borulama tamamen değişmiştir.

Bu değişikliklere ek olarak kullanılacak sensörün değişmesinden dolayı tanka ayrı olarak bir kapak tasarlanması gerekli olmuştur. Silindirik pleksi tankın da işlenmesindeki zorluk sebebiyle dolum üstten yapılmıştır. Bunun için de kapakta bir bölüm tasarlanmıştır.

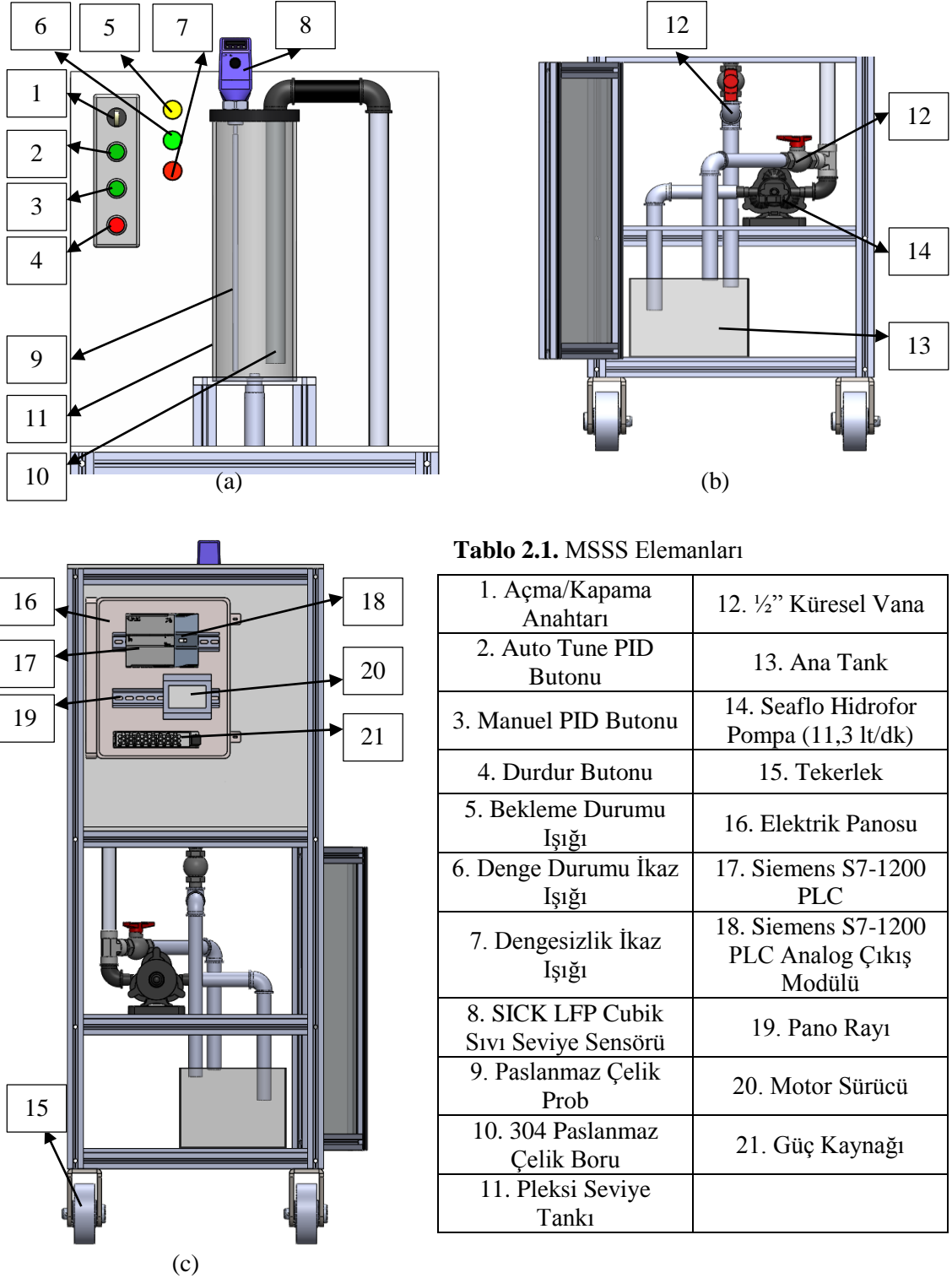
Sistem sıvı seviye sistemi olduğu için kontrol edilen sıvının durumu net bir şekilde gözlemlenebilmelidir. Bu durum kontrol tankının şeffaf olma zorunluluğunu getirmiştir. Bu yüzden tank pleksi malzemedan tasarlanmıştır. Ancak silindirik pleksi tank piyasada zor bulunan ve maliyeti yüksek olan bir üründür. Bu yüzden tankın boyutları bulabilen en standart pleksi boru boyutuna uygun revize edilmiştir. İlk tasarımda yaklaşık 15 litre olan kontrol tankı hacmi 3 litreye indirilmiştir. Tankın daha modüler yapıda olması için de arka levhaya kelepçe ile montaj yerine, dört adet sigma profilden imal edilen ayak üzerine monte edilmiştir.

Kullanılan SICK LFP Cubik Sensör metal tanklarda ölçüm alabilmektedir. Bu sorunun çözülmesi için tank içine bir metal boru yerleştirilmiştir. Bu metal boru aynı zamanda dolum için kullanılmıştır. Bu sayede dolum dipten sağlanarak dalgalanma önlenmekte ve sensör çok daha kararlı bir ölçüm almaktadır.

Sistem genel olarak 480x480x1250 mm boyutlarında olup hareketi sağlamak amacıyla dört adet tekerlek sisteme eklenmiştir. Tasarımda kullanılan kontrol tankının boyutları 110 mm dış çap, 5 mm et kalınlığı ve uzunluğu 350 mm olup pleksi borudan imal edilmiştir. Ana tank ise 200x350x150 mm boyutlarında plastik bir tanktır.



Şekil 2.4. Tasarımın Perspektif Görünümü



Tablo 2.1. MSSS Elemanları

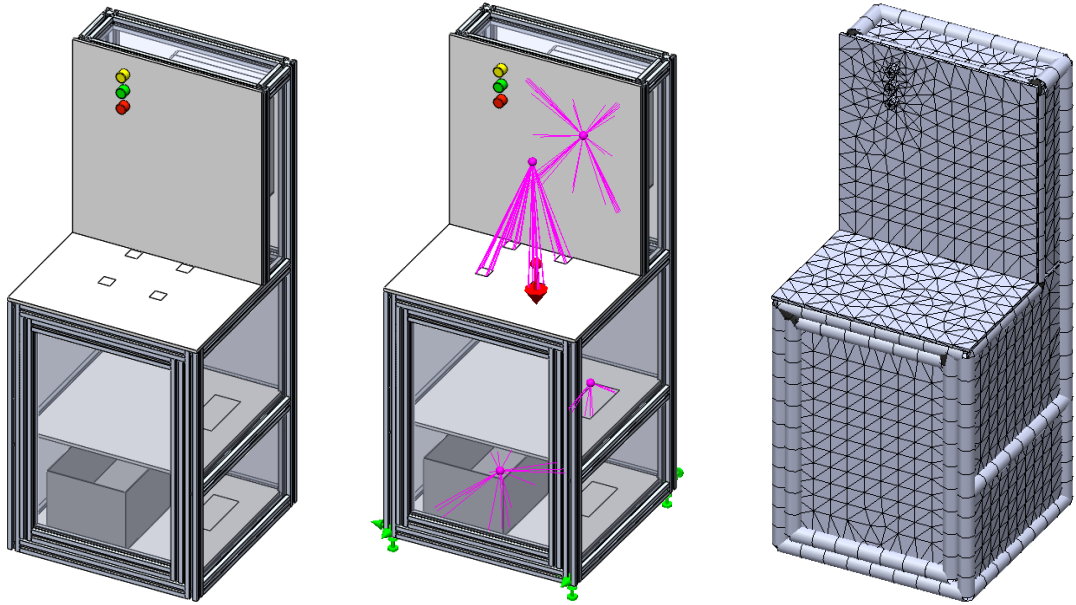
1. Açma/Kapama Anahtarı	12. ½" Küresel Vana
2. Auto Tune PID Butonu	13. Ana Tank
3. Manuel PID Butonu	14. Seaflo Hidrofor Pompa (11,3 lt/dk)
4. Durdur Butonu	15. Tekerlek
5. Bekleme Durumu Işığı	16. Elektrik Panosu
6. Denge Durumu İkaz Işığı	17. Siemens S7-1200 PLC
7. Dengesizlik İkaz Işığı	18. Siemens S7-1200 PLC Analog Çıkış Modülü
8. SICK LFP Cubik Sıvı Seviye Sensörü	19. Pano Rayı
9. Paslanmaz Çelik Prob	20. Motor Sürücü
10. 304 Paslanmaz Çelik Boru	21. Güç Kaynağı
11. Pleksi Seviye Tankı	

Şekil 2.5 MSSS Elemanları (a) Ön Üst Görünüm, (b) Ön Alt Görünüm, (c) Arka Görünüm

2.2. Şasenin Analizleri

2.2.1. Statik analiz

Tasarımda ara raf olarak MDF plakalar kullanılması öngörülmüştür. Bu malzemenin kopma gerilmesi çok yüksek olmadığı için statik analiz yapılarak oluşan gerilme ve yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Sistemin yükünü alüminyum şase taşıdığı için burada önemli olan şasenin analizlerinin yapılmasıdır. Analiz için kullanılan model Şekil 2.6.(a)' da verilmiştir.



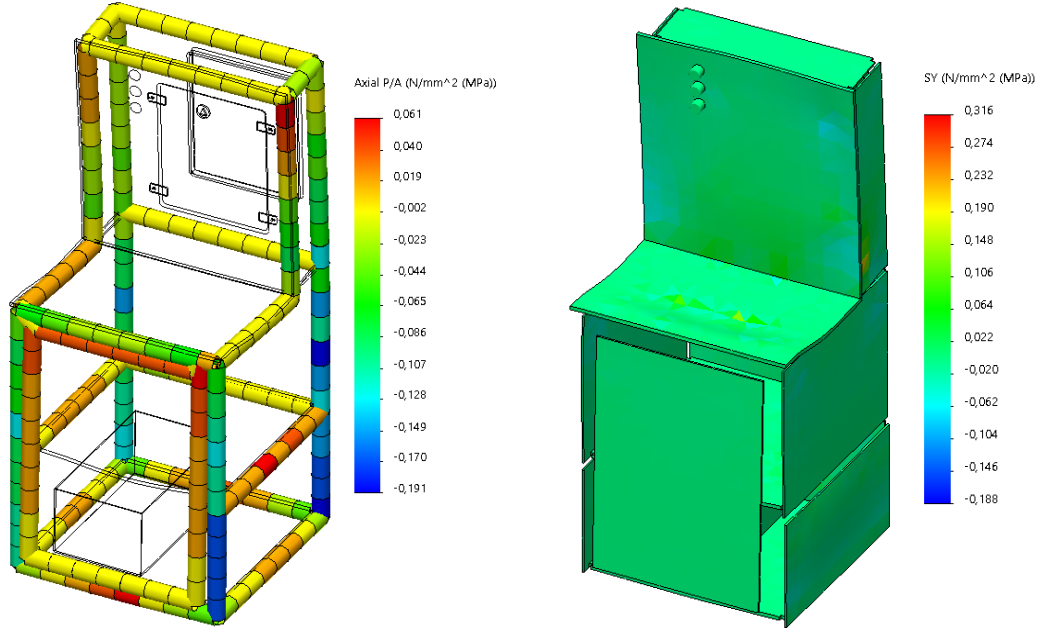
Şekil 2.6.(a) Solidworks Modeli (b)Analiz Girdileri ve Sınır Şartları (c) Mesh Görüntüsü

Solidworks kullanılarak statik analiz yapılmıştır. Uygun sınır koşulları kullanılarak tasarım modellenmiştir. Sistem dört ayağından sabitlenmiştir. Şekil 2.6.(b)' de bu sabitleme gösterilmiştir.

Daha sonra dış yükler sisteme girilmiştir. Sistemdeki dış yükler tanklardaki sular, pompa ve tesisatın kütlesi, elektronik aksamın kütlesidir. Sistemdeki bütün dış yük unsurları uzaktan yükleme komutu ile analize girilmiştir. Ana tankın hacmi 10,5 litredir. Emniyetli olarak 8 litre su koyulacağı öngörülmüştür. Bu durumda ana tanka 8 kg' lık su kütlesi uzaktan yüklenmiştir. Kontrol tankının hacmi 3,3 litredir. Kontrol tankı, sensör ve probu, tankın sigma profil ayakları gibi yük unsurları düşünülerek 8 kg' lık uzaktan yükleme de tankın ayaklarından verilmiştir.

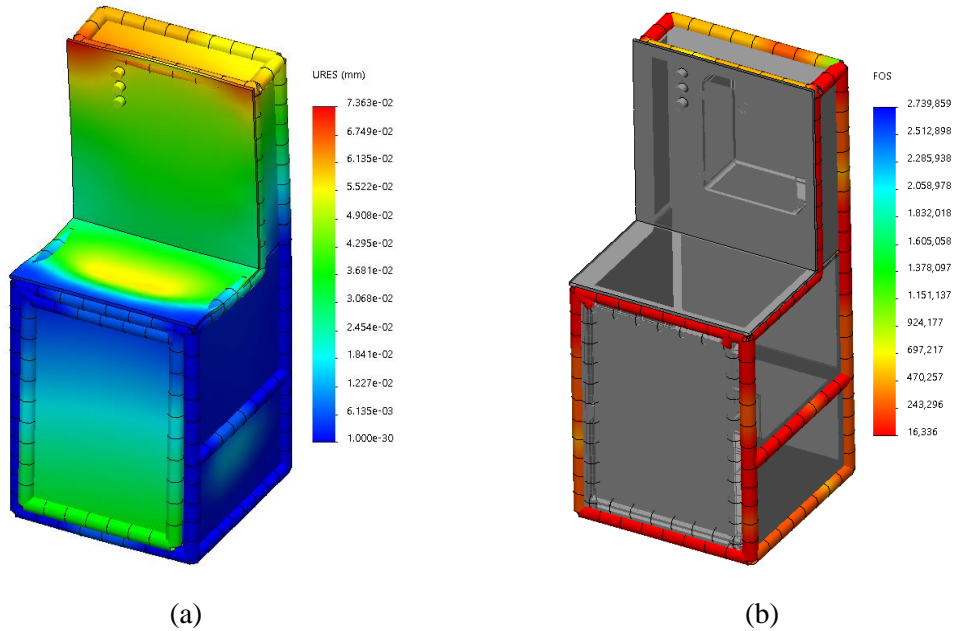
Pompa ve tesisatı için de 5 kg' lık bir yük pompanın bulunduğu noktadan analize girilmiştir. Burada dikkate alınan yaklaşık 2 kg olan pompa ve buna bağlı galvaniz bağlantı elemanlarının kütlesidir. Elektronik aksamın kütlesi de pano ile birlikte 5 kg olup, panoya uzaktan yükleme şeklinde girilmiştir. Analize yer çekimi ivmesi de eklenerek girdiler tamamlanmıştır. Bu girdiler de Şekil 2.6.(b)' deki görselde belirtilmiştir.

Mesh boyutu olarak sistem genelinde 40 mm' lik tetrahedron eleman kullanılmıştır. Sistem çok büyük yüklemelere maruz kalmadığı için bu mesh boyutu analiz için uygundur. Şekil 2.6.(c)' de mesh görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.7. Gerilme Dağılımı

Şase ve MDF plakalardaki gerilme dağılımı Şekil 2.7.' de gösterilmiştir. Buna göre sistemde oluşan maksimum gerilme 0,316 MPa olarak bulunmuştur.



Şekil 2.8. (a) Yer Değiştirme Değerleri, (b) Emniyet Katsayısı

Yine sistemde fazla yük olmamasından dolayı çökme(yer değiştirme) değerleri çok düşük seviyededir. Bu durumda sistemin emniyetli olduğu görülür.

Statik analiz sonucu elde edilen gerilme, yer değiştirme ve emniyet katsayısı değerleri Şekil 2.7. ve 2.8.' de verilmiştir. Bu değerlere bakıldığında beklendiği gibi tasarımın çok emniyetli olduğu görülür. Bunun sebebi sistemde çok büyük dış yük olmamasıdır. Bu durumda sistem zorlanmadan çalışabilmektedir. Güvenlik için bir sorun oluşmamaktadır.

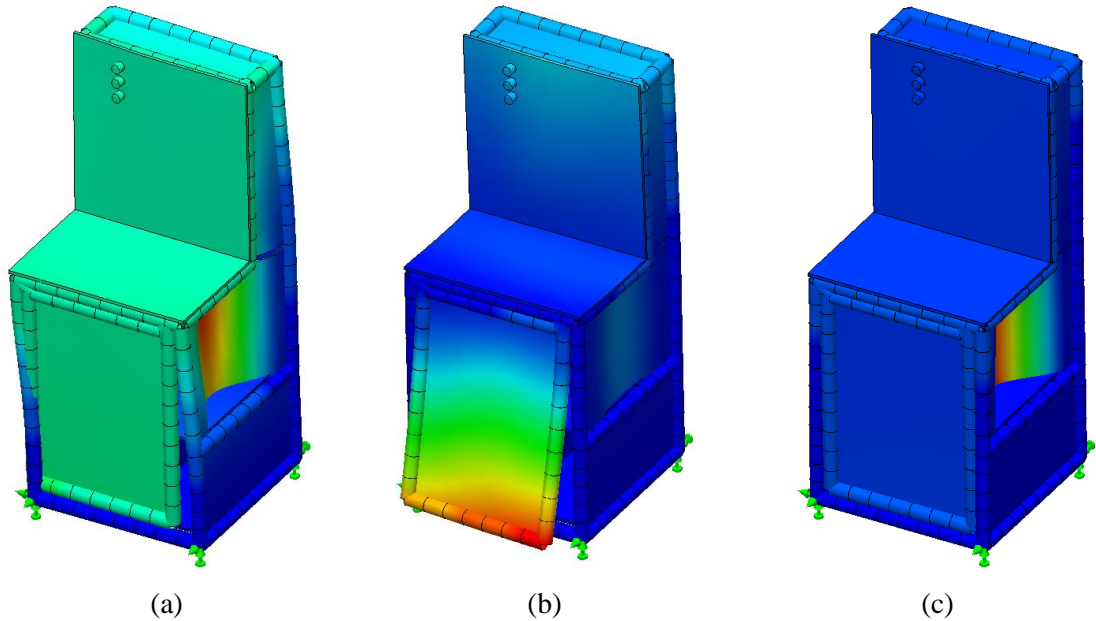
2.2.2. Frekans analizi

Doğal frekans, makina ve konstrüksiyonlarda çok önemli bir kavramdır. Bu bölümde amaç, tasarımın şase kısmının doğal frekans analizi belirlemektir. Frekans analizinde şase gerekli noktalardan sabitlemiş ve dış yükler belirlenerek analiz gerçekleştirilmiştir.

Frekans analizi iki farklı duruma göre yapılmıştır. İlk durum, sistemin yüksüz olduğu boş durumu, ikinci durum ise sistemin su dolu olduğu durumdur.

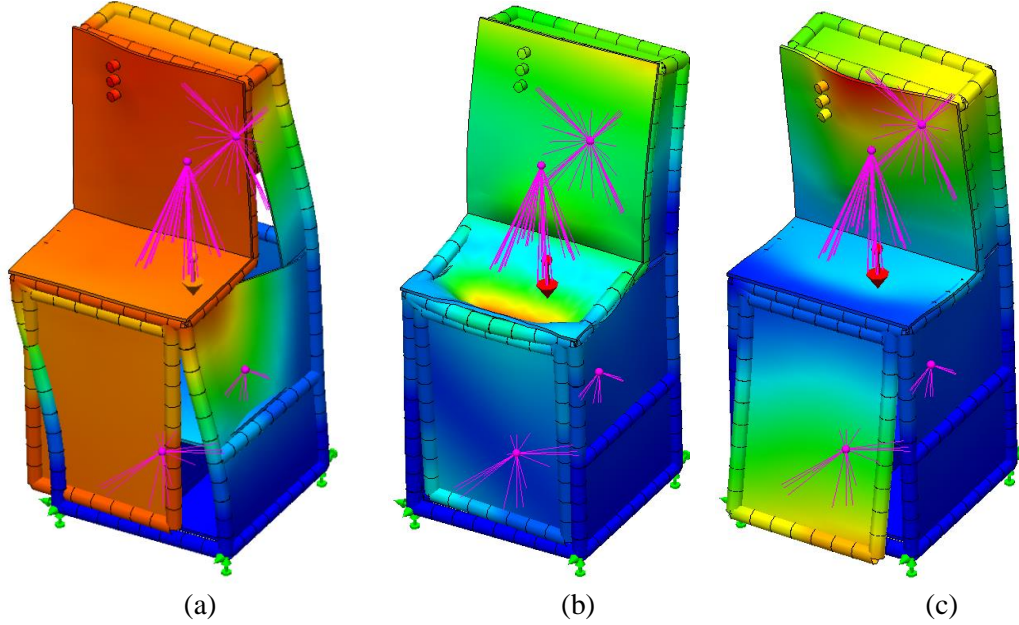
Analiz için kullanılacak model statik analiz kısmında kullanılan modeldir ve Şekil 2.6.(a)' da gösterilmiştir.

Frekans analizi için sabitleme tabandaki dört noktadan Şekil 2.6.(b)' deki gibi yapılmıştır. Bu şekilde görülen yükler, yüksüz durum için analize dahil edilmemelidir. Bu şekilde tankların boş olduğu durum için modelleme oluşturulmuştur. Model 40 mm genel mesh boyutu olacak şekilde meshlenmiştir. Mesh boyutu frekans analizi yapıldığı için ve şase profillerinin beam eleman olması sebebiyle fazla küçük olarak belirlenmemiştir. Mesh görüntüsü Şekil 2.6.(c)' de verilmiştir. Yüksüz durumda analiz yapıldığında elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.9. Yüksüz Durum (a) 1., (b) 2., (c) 3., Titreşim Biçimleri

Tankların dolu olduğu durumda ise sabitleme yine aynı dört noktadan yapılmıştır. Burada farklı olan nokta tankların içindeki suyun kütlesinin analize eklenmesi olacaktır. Bu işlem için statik analiz kısmında yapılan yüklemeler kullanılmıştır. Kullanılan model ve sınır şartları Şekil 2.6.' da gösterilmiştir. Yüklü durumda yapılan analizin sonuçları aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.10. Yüklü Durum (a) 1., (b) 2., (c) 3., Titreşim Biçimleri

Tablo 2.2 Frekans Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

	Yüksüz Durum Frekans (Hz)	Yüklü Durum Frekans (Hz)
1. Doğal Frekans	46,654	31,673
2. Doğal Frekans	48,209	35,525
3. Doğal Frekans	52,538	41,758

Tablo 2.2' de yüklü ve yüksüz durumlar için yapılan frekans analizinin sonuçları verilmiştir. Belirlenen frekans değerlerinde ise nasıl bir şekil alacağı da Şekil 2.9-2.10. arasındaki görseller ile verilmiştir. Bulunan frekans değerleri düşük değerler olmadığı için sistemin taşınması esnasında herhangi bir sorunla karşılaşılmayacaktır.

BÖLÜM ÜÇ

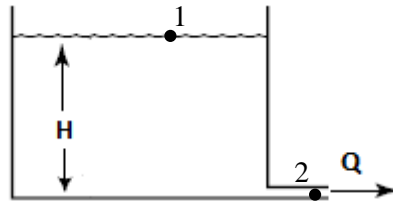
SİSTEMİN MATEMATİK MODELİ VE MATLAB İLE SİMÜLASYONLARI

3. SİSTEMİN MATEMATİK MODELİ VE MATLAB İLE SİMÜLASYONLARI

3.1 Sistemin Matematik Modeli

Bir serbest çıkış akışlı basit tank modeli Şekil 3.1.' de verilmiştir. Böyle bir tankın çıkış debisinin bulunmasında 1 ve 2 numaralı noktalar arasında Bernoulli denklemleri kullanılarak H yüksekliğinde Q debisi bulunabilir. Fakat bu durum tek noktadaki değerdir ve çoğu akışkan sistemlerinin matematiksel modelleri genellikle doğrusal değildir. Bununla beraber, doğrusal olmayan bir sistemin eğer normal bir çalışma noktası yakınında çalıştığı farz edilirse, o zaman sistem çalışma noktası yakınında doğrusallaştırılabilir ve matematiksel model doğrusal hale getirilebilir. Bu sistemde de elde edilen matematiksel modelleri, normal çalışma noktaları yakınında doğrusallaştırılması esas alınmıştır.

Oluşturulacak sıvı seviye tankı Şekil 3.1.' modelinden farklı olarak boru içi sürtünmeleri, tank ve boşaltım noktasının düşey mesafesini ve bağlantı elemanlarından dolayı oluşan kayıpları barındırmak zorundadır.



Şekil 3.1. Seviye Tankı Modeli

Tablo 3.1. Matematik Model Oluşturulmasında Kullanılan Sembol Ve Anlamları

Semboller ve Anlamları	
q_{in}	Tanka giren sıvının debisi (m ³ /s)
q_o	Tanktan çıkan sıvının debisi (m ³ /s)
C	Tank kesit alanı (m ²)
D	Boşaltım noktasındaki boru çapı (m)
L	Boşaltımdaki boru toplam uzunluğu (m)
g	Yer çekimi ivmesi (m/s ²)
ks	Boru için pürüzlülük değeri (m)
v	Kinematik viskozite (m ² /s)
h	İstenen tank sıvı seviyesi (m)
z₀	Tank tabanı boşlatım noktası düşey mesafe (m)
z₁	h ve z ₀ toplamı (m)
Re	Reynolds sayısı
V	Çıkış noktasındaki akış hızı (m/s)
P	Oransal kontrolcü
t_i	Kontrolcünün integral zaman sabiti
t_d	Kontrolcünün türev zaman sabiti
f	Direnç katsayısı

3.1.1. Reynolds sayısının elde edilmesi

Reynolds sayısı(Re) bir akışkanın, atalet kuvvetlerinin, viskozite kuvvetlerine olan oranıdır ve sonuç olarak bu değer bu iki tip kuvvetin belli bir akış şartı altında birbirine olan göreceli önemini vermektedir. Bundan ötürü, Reynolds sayısı, düzgün akış ve türbülanslı akış gibi değişik akış rejimlerini nitelemek için kullanılmaktadır. Dairesel kesitli bir boruda $Re \leq 2300$ laminar akışa ve $Re \geq 4000$ ise türbülans akışa karşılık gelmektedir. Reynolds 2300 ve 4000 arasında geçiş bölgesindedir fakat MATLAB hesaplarında bu bölge türbülans olarak değerlendirilir [14]. Reynolds sayısı şu şekilde bulunabilir;

$$Re = \frac{V * D}{\nu} \quad (1)$$

3.1.2. Sistemin direnç ve kapasitansının belirlenmesi

R değeri akışkanın akışa karşı oluşan direnci temsil etmektedir. Şekil 3.1.'de gösterilen sistem için bu değeri akış hızında birim değişikliğe sebep olan sıvı seviyesi yüksekliğindeki değişim olarak tanımlanır.

$$R = \frac{\text{Sıvı seviyesi yüksekliğindeki değişim}}{\text{akış hızında değişim}} \frac{m}{m^3/s}$$

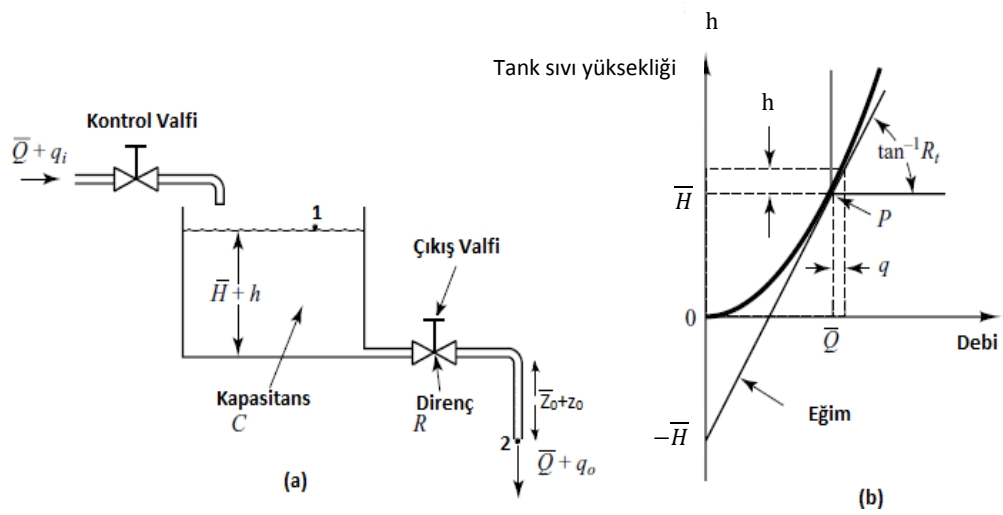
Şekil 3.2.(a).’ da sistemin bir şeması verilmektedir. Bu sistemde sıvı çıkış valfinden boşalmaktadır. Kararlı hal akış debisi ile arasındaki bağıntı şu şekildedir [15]:

$$Q = K_t * H \quad (2)$$

Buradan R direnci aşağıdaki eşitlikten elde edilir:

$$R = \frac{dH}{dQ} = \frac{1}{K_t} = \frac{H}{Q} \quad (3)$$

Bu işlemlerde dikkat edilmesi gereken husus kararlı hal akış debisini(q_o) bulurken sistemin toplam sıvı yüksekliğiyle(z_1) işlem yapılması gerektiğidir. Fakat R direnci bulunmasında tank sıvı yüksekliği(h) kullanılmalıdır. Bu noktada yapılan kabul 0- z_1 yükseklikleri arasında oluşan hız değişimini, tankın 0-h aralığına çekmektir.



Şekil 3.2.a-b Mevcut Sistemin Tank Modeli

Birçok akış sisteminde K_t değeri bilinmediği için sistemin Şekil 3.2.b’deki gibi tank sıvı yüksekliği-debi grafiğinin oluşturulması gerekmektedir. Bu çizilen grafiğin istenen sıvı yüksekliği değerinin grafiği kestiği nokta ve buna karşılık gelen debi R değerinin elde edilmesinde kullanılacak değerleri oluşturur.

Bir tankın C kapasitansı depolanmış sıvıdaki değişikliğin tank sıvı yüksekliğindeki değişikliğe oranıyla bulunur;

$$C = \frac{\text{depolanmış sıvıdaki değişiklik}}{\text{tank sıvı yüksekliğindeki değişiklik}} \frac{m^3}{m}$$

Bu sistem için kapasitans tankın kesit alanına karşılık gelmektedir. Tankın taban alanı:

$$C = \frac{\pi(\text{Seviye tank çapı})^2}{4}$$

3.1.3. Tank sıvı yüksekliği-debi grafiğinin oluşturulması

Grafiğin oluşturulması için şekil 3.2.a’da ki 1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli enerji denklemi uygulanması ile başlanır.

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + h_L \quad (4)$$

Enerji denkleminde sınır şartları P_1 ve P_2 için atmosfere açık olması nedeniyle; V_1 hızı, çıkış hızına göre çok düşük olduğu için göz ardı edilmiştir. z_2 değeri referans yüksekliği olarak seçildiği için sıfır olarak kabul edilmiştir. Bu koşullara göre denklem, denklem-5 haline gelir.

$$z_1 = \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_L \quad (5)$$

Denklem-5 deki h_L değerinin açılımı: $h_L = \sum_{borular} f \frac{L \cdot V_2^2}{D \cdot 2 \cdot g} + \sum_{elemanlar} K \frac{V_2^2}{2 \cdot g}$

Denklem-5 de bilinmeyen tek değer V_2 olduğu için denklem V_2 ’ye göre düzenlenir ve denklem-6 elde edilir.

$$V_2 = \sqrt{\frac{z_1 \cdot D \cdot 2 \cdot g}{D + f \cdot L + D \cdot K}} \quad (6)$$

Denklem-6’ da 2 bilinmeyen bulunmaktadır. Bunlar V_2 ve sürtünme faktörü(f)’ dür. Böyle bir sistemin çözümü için iteratif yaklaşım gerekmektedir. Bu durumda f değerinin bulunması için bazı eşitliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu eşitlikler aşağıda verildiği gibidir. Denklem-6’da verilen K değerlerinin belirlenmesi, boşaltım kısmındaki bağlantı noktalarının katsayısına bağlıdır. Bu değerler toplanarak tek bir K değeri elde edilmiştir. Oluşturulacak sistem için bu değerler, $K_e = 0,5$ boru girişi değeri, $K_E = 1$ genişleme değeri, $K_C = 0,27$ daralma olarak Ek4[14]’ e göre verilmiştir. Bunun dışında sisteme eklenen küresel vana değeri kapatma miktarı tam bilinemediği için $2/3$ kapama oranı olan $K_V = 200$ olarak belirlenir [16]. Sistem kurulduktan sonra bu değer $K_V = 277$ olarak güncellenmiştir.

$$f = \frac{64}{Re} \quad f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{k_s}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (7)$$

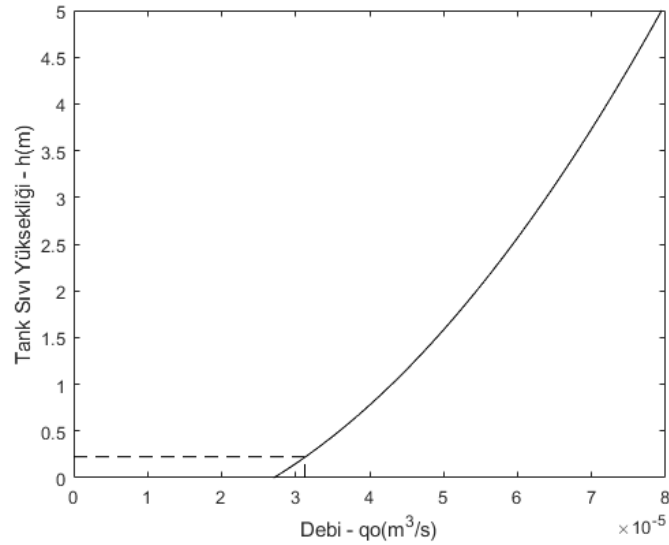
(a) Laminar durum

(b) Türbülans durum

İterasyonun uygulanabilmesi için başlangıç bir f değeri atanmıştır. Atanan f değeri ile denklem-6 çözülmüştür. Bulunan V_2 değeri denklem-1'de Reynolds sayısını bulmak için yerine konulmuştur. Bulunan Reynolds sayısı denklem-7 de akış durumuna uygun denkleme yerleştirilerek f değeri elde edilmiştir. Bu işlem birkaç kez tekrar edilerek, yeterli hassaslığa gelindiğinde V_2 hızı bulunmuş olur. İterasyon ile alakalı Matlab kodları Ek3'te verilmiştir. Başlangıç için f değeri 5 verilmiştir.

Mevcut Matlab kodu için iterasyon sayısı 10 olarak seçilmiştir ve bu iterasyonlar sonucunda bulunan f değeri 0.04385dir. denklem-6 ya f değerini eklediğimizde V_2 değeri 0.2467 m/s olarak bulunur ara değer olan Reynolds ise 3.1334×10^3 dür.

Matlab kodları içerisinde f değerinin laminar yada türbülanslı olması durumuna karşı if döngüsü oluşturulmuştur. Böylece iterasyonda gerektiğinde denklem-7'de bulunan farklı akış durumları ve Reynolds sayıları için f değerlerinin bulunması sağlanabilir. Bu sayede mevcut sistem için iterasyon sırasında laminar akış oluşmasa da farklı sınır şartları ve akışkanlarda oluşabilecek laminar akış sonuçlarının da bulunabilmesi mümkündür.



Şekil 3.3. Tank Sıvı Yüksekliği-Debi Grafiği

Denklem-3 de bulunan q_0 değeri yerine konursa R değeri 7198.9 olarak bulunur. Sonuçlara ait işlemler ve hesaplamalar Ek5' de verilmiştir.

3.1.4. Transfer fonksiyonunun oluşturulması

Böyle bir sistemin modellenmesinde başlangıç mantığı tankta birim zamanda depolanan sıvıdaki değişikliğin aynı sürede tanka giren net akışa eşit olmasıdır. Burada depolanan

sıvıdaki değışiklik C değerin, yani taban alanı ile birim zamandaki yükseklik değışiminin, (dh) net akışın zamana bağılı değışimine bağıdır. Denklem-8' de görüldüğü üzere q_o değeri h yüksekliğine bağılı olmasına rağmen lineer hale getirmenin sonucunda bu değeri sabit hale gelmiştir. Bu durum tankın başta belirlenen h seviyesinden uzak olduğu zamanlarda, sonuçların deney sonuçlarıyla farklılaşmasına neden olmaktadır.

Transfer fonksiyonu aşağıdaki işlem adımları uygulanarak bulunur [15].

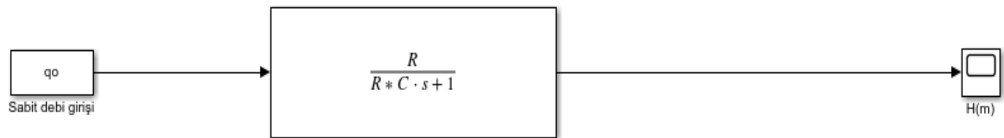
$$\begin{aligned}
 - \quad C * dh &= (q_i - q_o) * dt & (8) \\
 - \quad C \frac{dh}{dt} + q_o &= q_i \\
 - \quad RC \frac{dh}{dt} + h &= Rq_i \\
 \text{Laplace dönüşümü uygulanır} \quad - \quad (RCs + 1)H(s) &= RQ_i(s) \\
 \text{Transfer fonksiyonu} \quad - \quad \frac{H(s)}{Q_i(s)} &= \frac{R}{RCs + 1}
 \end{aligned}$$

3.2 Sistemin Simülasyonları

Sistemin simülasyonun gerçekleştirilmesi için Simulink programı kullanılmıştır. Sistemin simülasyonunun gerçekleştirilmesinde en önemli nokta sınır değerleri ve sistemi oluşturan parçaların en uygun şekilde tanımlanmasıdır.

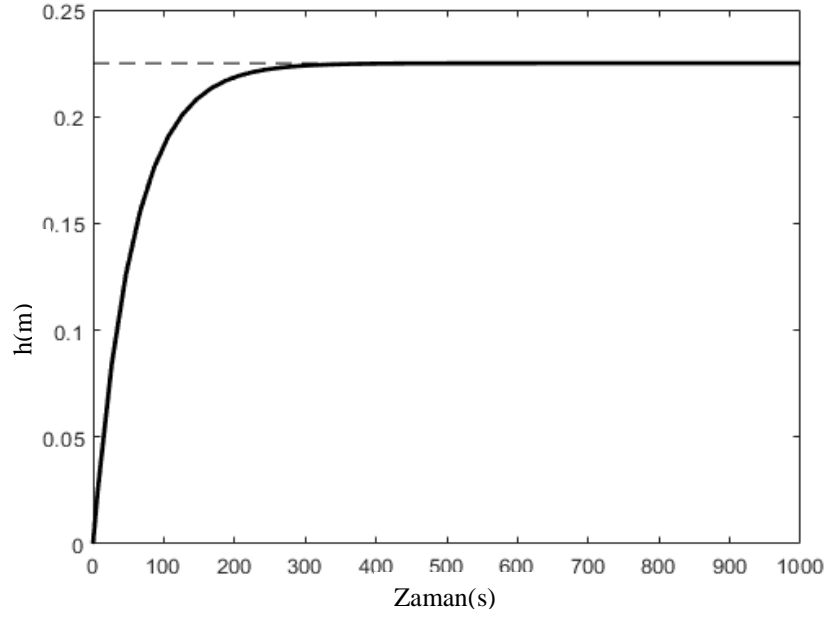
3.2.1. Açık sistemin simülasyonu

Açık sistemin istenilen yüksekliğe gelebilmesi için, sistemdeki pompanın kararlı durumdaki q_o debisine eşit olan q_i debisine sahip olduğu kabul edilir. Bunun için transfer fonksiyonuna girdi olarak sabit q_o verilmiştir. Bu sayede kontrolcü ve aktüatör birleşik değerlendirilmiştir. Aksi halde kontrolcü ayarlarındaki değışiklik, sistemin kararlı hal yüksekliğini değıştirecektir. Sistemin Simulink bloğu şekil 3.4.' deki gibidir.



Şekil 3.4. Açık Sistem Blok Diyagramı

Açık sistemin kararlı hale gelme süresi yaklaşık 360 saniyedir. PID kontrol uygulanarak bu süre düşürülmüştür.

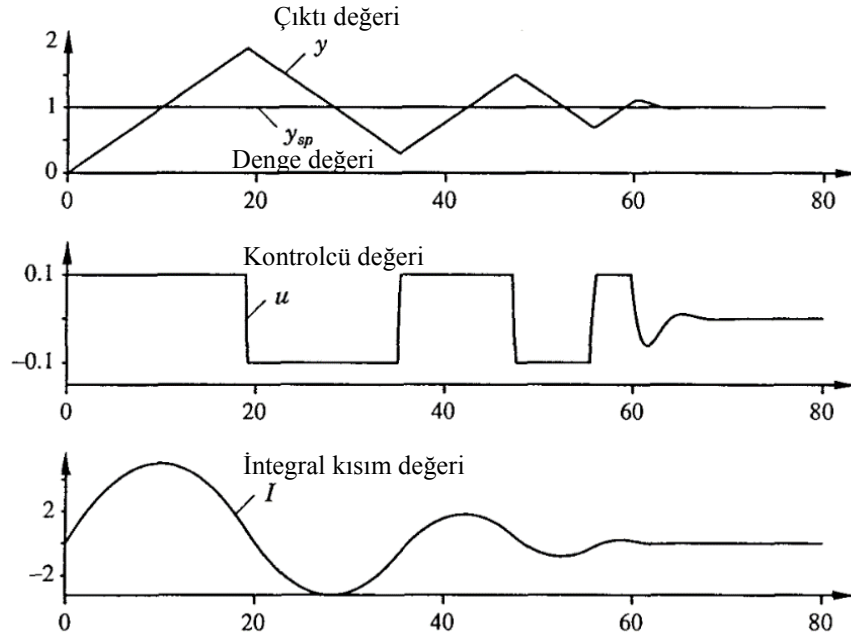


Şekil 3.5. Açık Sistem Cevabı

3.2.2. Kapalı sistemin blok diyagramının oluşturulması

3.2.2.1. Integral windup

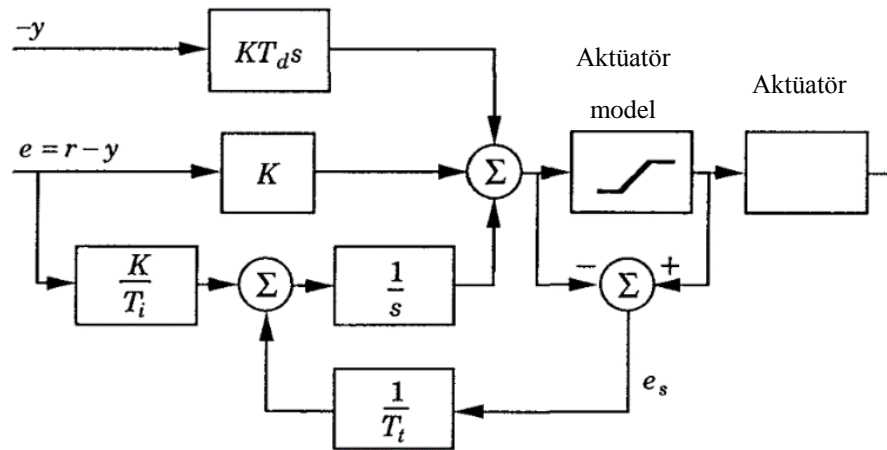
Bir kontrol sisteminin birçok yönü doğrusal teoriye dayanarak anlaşılabilmesine rağmen, bazı doğrusal olmayan etkiler hesaba katılmalıdır. Tüm aktüatörlerin sınırlamaları vardır, motorlar sınırlı hızdadır, bir valf tamamen açık ya da kapalı olmanın ötesine geçemez. Çok çeşitli çalışma koşullarına sahip bir kontrol sistemi için, kontrol değişkeninin aktüatör limitlerine ulaşması mümkündür. Bu durum oluştuğunda, geri besleme döngüsü bozulur ve sistem açık döngü olarak çalışır, çünkü aktüatör çıktı değerinden bağımsız olarak, limitinde kalır. Bu durumda integral kontrolcü kullanılırsa integral değeri çok yüksek miktarlara çıkabilir ve buna “windup” denir. Daha sonra dengeye gelebilmek için hata değeri zıt yönde uzun süre geçirmesi gerekir. Bu durum keskin ve yüksek genlikli dalgalar oluşturur [17].



Şekil 3.6. Örnek İntegral Windup Grafiği [17]

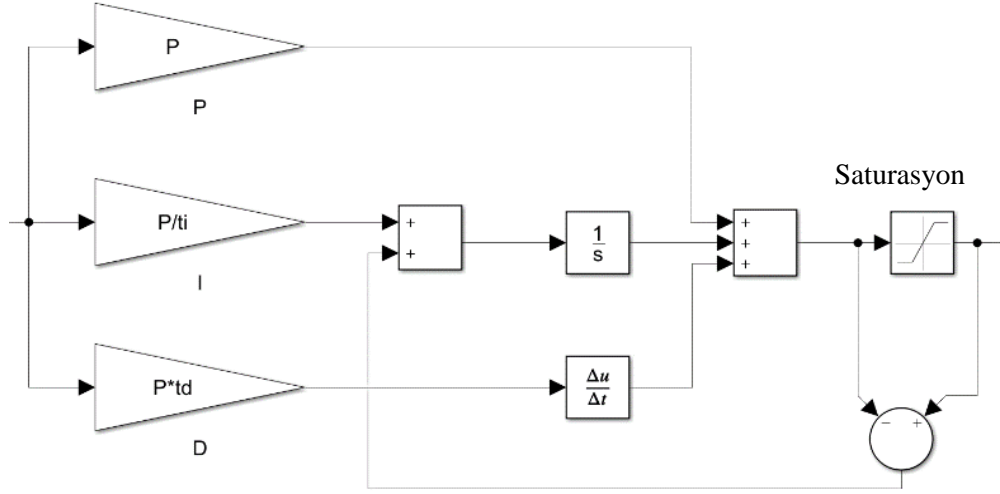
3.2.2.2. Anti windup özelliği eklenmesi

Projenin amacı PLC ile kontrol olduğu için kapalı sistemin oluşturulmasında, kontrolcü kısmında Siemens S7-1200 özellikleri baz alınmıştır. S7-1200 içerisinde integral kontrolcü için anti windup özelliği barındırmaktadır. Bu yüzden oluşturulan blok diyagramına anti windup özelliğinin eklenmesi gerekmektedir. PLC özelliklerinde anti windup diyagramı verilmediği için literatürde en sık karşılaşılan anti windup bloğu oluşturulmuştur.



Şekil 3.7. Örnek Anti Windup Bloğu [17]

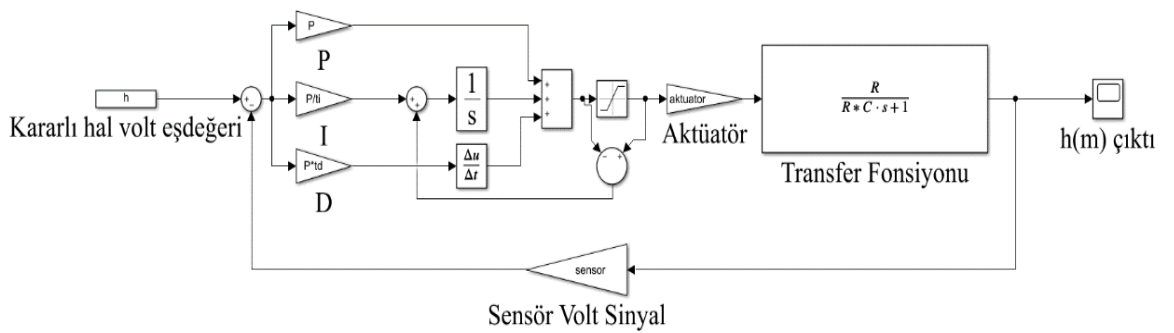
Şekil 3.7.' de örnek bloğa benzer bir blok oluşturulur. T_i katsayısı için PLC' nin kullandığı katsayı bilinmediği için 1 kabul edilmiştir.



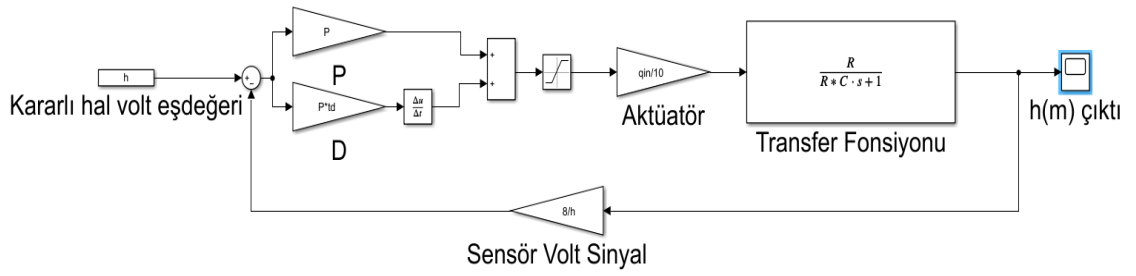
Şekil 3.8. Oluşturulan Anti Windup Bloğu [17]

Şekil 3.8.' de gösterilen saturasyon bloğuna alt limit 0, üst limit 10 değerleri girilerek oluşturulur. Bunun nedeni aktüatöre uygulanabilen gerilim aralığının bu değerler arasında olmasıdır. Bu değer belirlenmesinde motor sürücünden çıkış olarak 0-10 Volt alınması neden olmuştur.

Anti windup özelliği eklenerek oluşturulan kontrol bloğuyla birlikte kapalı sistemin Simulink bloğu Şekil 3.9. ve Şekil 3.10.' da verilmiştir.



Şekil 3.9. Kapalı Sistem Kullanılan PI ve PID Blok Diyagramı



Şekil 3.10. Kapalı Sistem Kullanılan P ve PD Blok Diyagramı

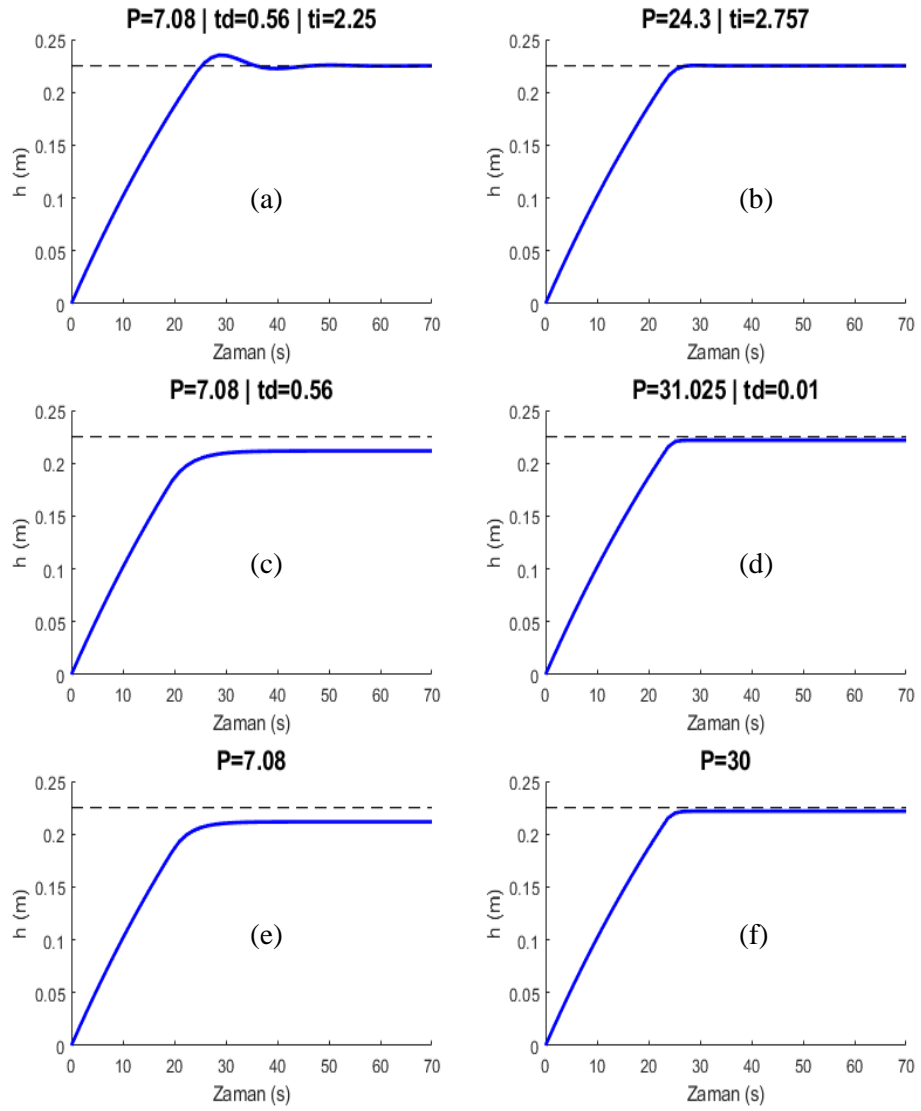
Bu kısımda iki blok diyagramı oluşturulmasının sebebi, integral kontrolcüdeki anti windup özelliğinden dolayı integral kontrolcü değerinin 0 olarak girilememesidir. Bu yüzden iki farklı blok diyagramı oluşturulur.

Sistemin oluşturulmasında aktüatör bloğu 0-10 voltluk gerilim aralığında 0' dan maksimum çıkış debisine göre ayarlanır. Aktüatörün gerilime bağlı debi değeri bilinmediği için bu değişim doğrusal kabul edilmiştir. Bunun dışında aktüatörün 10 Voltta çalışma debisi ölçüm ile elde edilmiştir.

Oluşturulan blok diyagramlarındaki PID değeri, MATLAB' in PID bloğunun “ frequency response based” özelliğiyle elde edilmiştir. Karşılaştırma için aynı metot ile PD ve P kontrol katsayıları da elde edilmiştir. Bunun yanında sistemde kullanılan kontrolcülerden elde edilen PID değerlerinin de simülasyonda kullanılmasıyla şekil 3.11.'deki grafikler oluşturulmuştur.

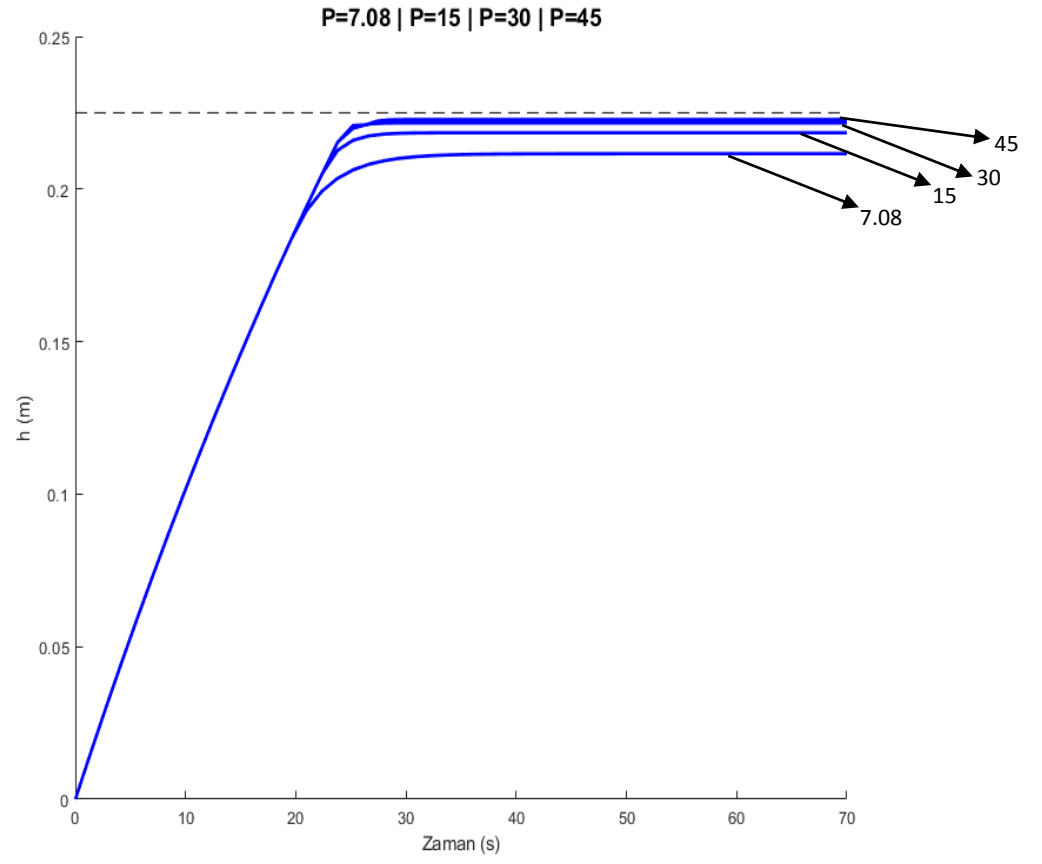
Sistemin farklı kontrolcü değerleri için oluşturulan Şekil 3.11.' deki grafikleri incelenirse integral kontrolcü kullanılmayan c, d, e ve f simülasyonlarında sistemde hata değerlerinin olduğu görülebilmektedir. Buna karşılık bu sistem için türev kontrolcünün hesaplar üzerinde çok fazla etkisi bulunmamaktadır. İntegral kontrolcü bulunan a ve b simülasyonlarında ise denge konumunda hata 0'a düşmektedir.

Sadece P kontrol yapıldığında sistemin dengeye geldiğindeki hata miktarlarını kıyaslamak için farklı P kontrol değerlerinde simülasyon yaparak grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Farklı Kontrolcü Değerleri İçin Simülasyon Sonuçları

Şekil 3.12.' de, P kontrolcü değerini arttırmanın hata miktarını azalttığı görülmektedir. Fakat hata miktarı sıfıra ulaşamamaktadır. Eğer sistemde bir kararlı rejim hatası istenmiyor ise Şekil 3.11.' de görüldüğü üzere İntegral kontrolcü de sisteme eklenmelidir.



Şekil 3.12. Farklı P Değerleri İçin Simülasyon Sonuçları

BÖLÜM DÖRT

MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN ÜRETİMİ

4. MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİNİN ÜRETİMİ

4.1. Şase ve Kontrol Tankının Üretimi

Tasarımı yapılan sistemin üretimine Karaca Mekatronik firmasında başlanmıştır. Öncelikle şaseyi oluşturacak olan alüminyum sigma profiller hazırlanmıştır. Parçaların teknik çizimlerine uygun olacak şekilde profil kesme makinası yardımıyla keserek istenen boyutlarda profiller elde edilmiştir. Daha sonra bu profillerin montajlanabilmesi bağlantı noktası olarak belirlenen yerlerden M6 cıvata için delikler delinmiştir. Bu deliklere kılavuz yardımı ile dış açılmıştır. Ardından sigma profillerin bağlantısı M6 alın cıvatalar ile yapılmıştır.

Sistemin görüntüsü ve güvenliği için yan ve arka kısımları kapatılmıştır. Bu işlem pleksi-polisolidkarbon levhalar ile sağlanmıştır. Levhalar sigma profillerin kanallarına oturtulmuştur. Pleksi-polisolidkarbon levhalar kanallı ve 4 mm kalınlığında seçilmiş olup, bu parçalar da kesime verilerek montaja hazır hale getirilmiştir.

Sigma profillerin ve pleksi-polisolidkarbon levhaların montajı bittikten sonra sistemin alt kısmındaki bölmeye ve tabanına MDF plakalar yerleştirilmiştir. Yerleştirmeden önce üzerinde tahliye için bulunan gerekli hortum delikleri ve pompanın sabitlenmesi için cıvata delikleri açılmıştır. Pompa titreşimi azaltması ve tesisat elamanlarının hareket etmemesi için sabitlenmiştir.

Kontrol butonları ve ikaz ışıklarının bulunduğu ön MDF plakada da gerekli delikler delinmelidir. Bu delikler butonlar, ikaz ışıkları, elektrik panosunun delikleridir. Üst levhaya ise tahliye ve basma borusu için olmak üzere $\Phi 50$ mm' lik iki adet delik delinmiştir. Kontrol tankının bu levhaya sabitlenmesi için dört adet M6 delik delinmiştir.

Üst ve ön levhanın sigma profillere bağlantısı M6 havşa başlı üçer cıvata ve üçer tırtıl somun ile yapılmıştır.



Şekil 4.1 MDF Plakaların ve Tankın Montajı

Kontrol tankı 100 mm iç çapa sahip pleksi borudan üretilmiştir. İki ucu açık olan bu boruyu sızdırmaz bir tank haline getirmek için bir ucu kapatılmıştır. Bunun için kullanılan parça da 160x160 mm boyutlarında pleksi bir levhadır. CNC Router ile bu levha üzerine tankın çapı ve et kalınlığında, 5 mm derinliğinde bir kanal işlenmiştir. Bu sayede pleksi boru bu kanala girecek şekilde yapıştırılarak sızdırmazlık sağlanmıştır. Yapıştırıcı olarak suya dayanıklı Mitreapel marka hızlı katılaştıran bir yapıştırıcı tercih edilmiştir.

Bu tabana tahliye için yerleştirilecek rakorun da tam oturması için kademeli bir delik yerleştirilmiştir. Bu kademe 2 mm derinliğindedir. Alt kademe rakor çapı olan 19 mm çapındadır. Pleksi tank taban görseli Ek6’ da verilmiştir.

4.2. Tesisat Montajı

Tesisat genel olarak dört kısımdan oluşmuştur. Bunlar pompa emme hattı, pompa basma hattı, kontrol tankı tahliye hattı ve basma borusu tahliye hattıdır. Bütün ek ve bağlantı elemanlarında sızdırmazlığı sağlamak için keten ve teflon bant kullanılmıştır. Bu sayede sistem sızdırmaz bir şekilde çalışmaktadır.

4.2.1 Pompanın seçimi

Sistemde pompa olarak iki farklı seçenek ele alınmıştır. Bunlardan ilki Seaflo 1100 GPH dalgıç pompadır. İkinci seçenek ise Seaflo hidrofor pompa seçilmiştir. Besleme olarak her iki pompa da 12V DC kullanmaktadır.

Hidrofor pompa tankın dışında çalışmaktadır. İki hatta sahip olan pompa bir hattan suyu çekip diğerinden de suyu kontrol tankına aktarmaktadır. Bu özellikleri de göz önüne aldığımızda hidrofor pompa seçimi daha mantıklı olacaktır. Pompalara ait gerekli özellikler Ek7’ de verilmiştir.

Pompanın debi hesabı yapılırken ise, pompanın kontrol tankını 20 saniyede doldurması gerektiği öngörülmüştür. Kontrol tankının hacmi 3,5 litre olduğu için debi hesabı hacmin süreye bölünmesiyle 0,175 litre / saniyeye o da 10,5 litre / dakikaya denk gelmiştir. Bu hesaba dayanarak pompa için uygun debi değeri belirlenmiştir. Sonuç olarak 11,3 lt/dk Seaflo hidrofor pompa seçilmiş ve sisteme monte edilmiştir.

İlk kısım olan emme hattında pompanın ucuna ½” 40 cm’ lik şeffaf hortum, hortum kelepçesi kullanılarak ana tanka bağlanmıştır. Basma hattında pompanın ucuna yukarı yönde ½” 90° galvaniz dirsek kullanılmıştır. Dirseğin hemen sonrasına deneysel ölçümlerde kullanılmak üzere bir debimetre bağlanmıştır. Basma hattının te bağlantı elamanından sonraki kısmı için ¾” lik elemanlar kullanılmıştır. Debimetreden ¾” te bağlantıya ulaşabilmek için ½” lik bir manşon ve ½”- ¾” geçişli nipel kullanılmıştır. Te bağlantı elemanının üst çıkışına bir adet ¾” hortum rakoru bağlanmıştır. Bunun da ucuna 60 cm ¾” şeffaf hortum, her iki ucundan da rakora kelepçelenerek sabitlenmiştir. Diğer uçtaki hortum rakoruna ¾” 90° dirsek bağlanarak kontrol tankına doğru yönlendirilmiştir. Kontrol tankına olan uzaklık ¾” iki adet nipel ve bir adet manşon ile kapatılmıştır. Tanka giriş noktasında bağlantıyı sağlamak için tekrar 90° ¾” dirsek kullanılmıştır. Bu dirsek hortum rakoru ile karşılıklı sıkılarak sabitlenmiştir. Bu rakora da dipten dolumu sağlayan paslanmaz çelik boru bağlanmıştır.



Şekil 4.2 Tesisat Hatları

Kontrol tankının tahliyesi tank tabanına yerleştirilen $\frac{3}{4}$ " hortum rakoru ile yapılmıştır. Uç kısmına iki adet $\frac{3}{4}$ " manşon, bir adet $\frac{3}{4}$ " nipel ve vana bağlantısı için $\frac{3}{4}$ " – $\frac{1}{2}$ " nipel kullanılmıştır. Vananın ucuna ise $\frac{1}{2}$ " hortum rakoru ve $\frac{1}{2}$ " hortum bağlanarak ana tanka geri dönüş sağlanmıştır.

Tesisat bu şekliyle kullanıldığında basma borusu içerisinde pompa basıncı sebebiyle su kalmaktadır. Bu durum her kullanımda hortum bağlantılarının ve pompanın sökülerek suyun tahliye edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu sebeple basma hattı hortumundaki suyun tahliyesi için bir tahliye hattı tasarlanmıştır. Te bağlantı elemanının yan çıkışına $\frac{1}{2}$ " küresel vana yerleştirilmiştir. Bu sayede kullanım sonrası vana açılarak hortum içindeki su tahliye edilebilmektedir. Bu sayede sistem çalışmıyorken basma hattı içerisinde su bulunmamaktadır.



(a)



(b)

Şekil 4.3. (a)Üretilen Sistem, (b)Tasarlanan Sistem

Sistemde suyun dolaşımını sağlayan tesisat için kullanılan malzemelerin tümü Tablo 4.1.'de verilmiştir. Sistem genelinde hafif olması, paslanma sorununun olmaması ve düşük maliyetli olması gibi özellikleri nedeniyle plastik tesisat elemanları tercih edilmiştir. Fakat bazı ölçülerdeki plastik, dişli bağlantı elemanları piyasada bulunmadığı için galvaniz ve metal elemanlar tercih edilmiştir. Montajdan sonra su dolu olmayan sistemin kütlesi 26 kg olarak ölçülmüştür. Ana tanka 6 litre civarında su koyulacağı düşünülürse maksimum kütle 32 kg olacaktır.

Tablo 4.1. Kullanılan tesisat elemanları

Kullanılan Eleman	Ölçü	Birim
Hortum	$\frac{3}{4}$ "	100 cm
Hortum	$\frac{1}{2}$ "	100 cm
90° Dirsek	$\frac{3}{4}$ "	2 Adet
90° Dirsek	$\frac{1}{2}$ "	1 Adet
Te Bağlantı	$\frac{3}{4}$ "	1 Adet
Hortum Rakoru	$\frac{3}{4}$ "	3 Adet
Hortum Rakoru	$\frac{1}{2}$ "	2 Adet
Nipel	$\frac{3}{4}$ " - $\frac{3}{4}$ "	3 Adet
Nipel	$\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ "	3 Adet
Manşon	$\frac{3}{4}$ "	3 Adet
Manşon	$\frac{1}{2}$ "	1 Adet
Redüksiyon	$\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ "	1 Adet
Hortum Kelepçesi	19-26 mm	3 Adet
Keten	-	2 Bağ
Teflon Bant	-	4 Kutu

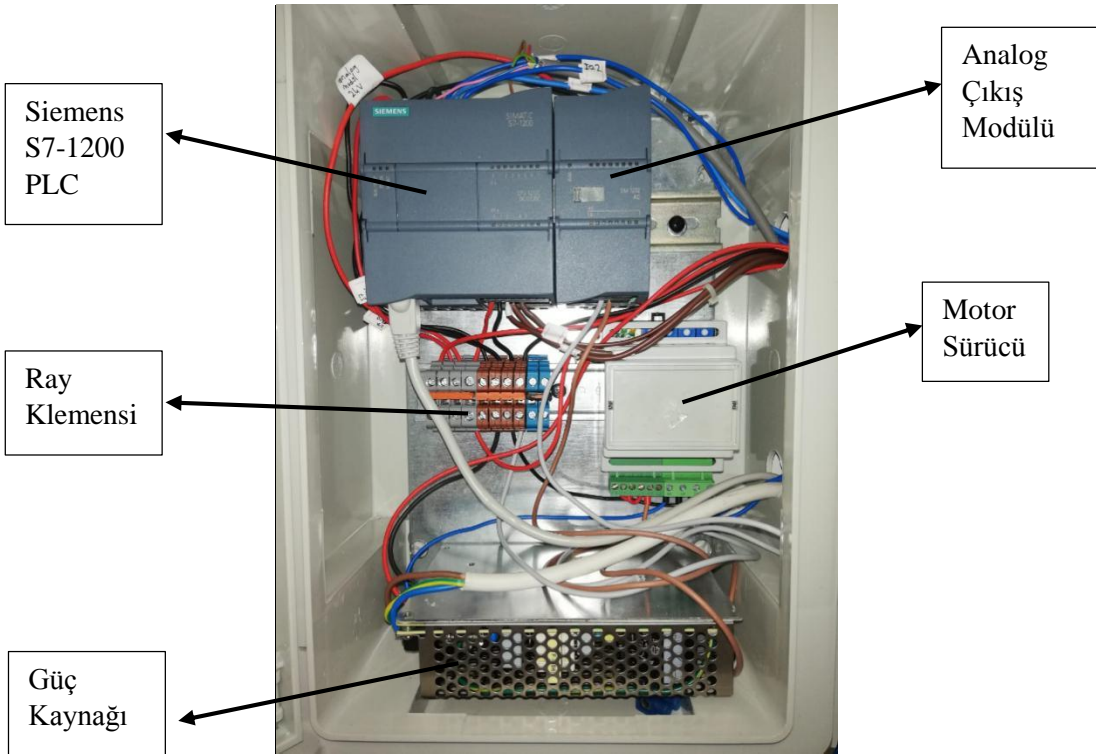
BÖLÜM BEŞ

KONTROL SİSTEMİ VE PLC İLE SIVI SEVİYE KONTROLÜ

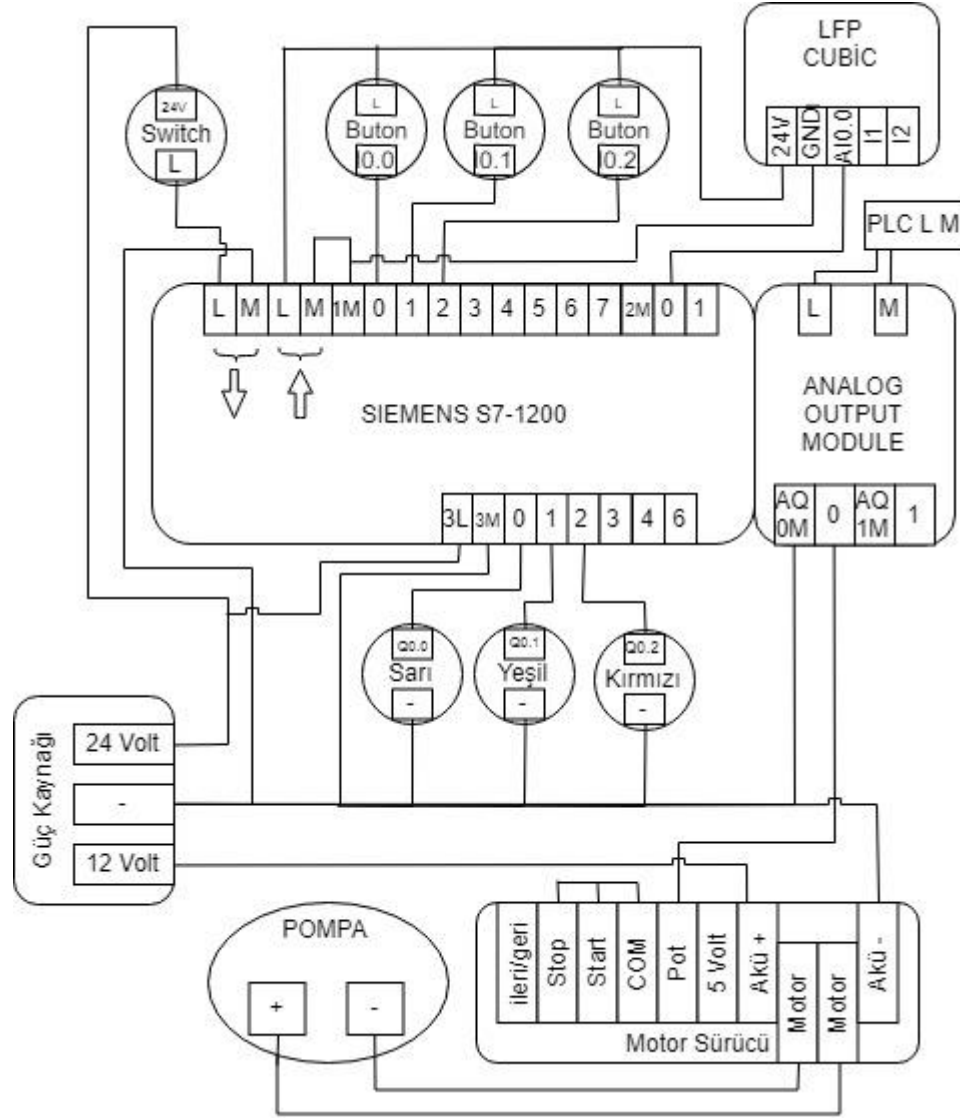
5. KONTROL SİSTEMİ VE PLC İLE SIVI SEVİYE KONTROLÜ

5.1. Cihaz ve Ekipmanlar

Projede kullanılacak ekipmanları seçmeden önce farklı kaynaklardan benzer sistemler araştırılmış ve yol haritası buna göre çizilmiştir. Ardından deponun boyutu, doldurma süresi gibi proje kısıtlamalarını dikkate alarak kullanılacak ekipmanların seçimi yapılmıştır. Ekipman seçiminden sonra Şekil 5.1.'de görülen pano oluşturulmuştur.



Şekil 5.1. Kontrol Panosu



Şekil 5.2. Kontrol Sistemi Şeması

5.1.1. Programlanabilir mantıksal denetleyici(PLC)

Sistemde kontrolcü olarak Siemens firmasına ait S7-1200 CPU1212C DC/DC/DC modeli kullanılmıştır. Laboratuvarında bulunan diğer PLC modellerine göre daha avantajlıdır. Ancak kullanımı diğer PLC' lere göre çok daha zordur. Bu kontrolcünün kullanılmasının sebebi son dönemde endüstride sıkça tercih edilmesi ve kullanıcıya teknik olarak daha fazla imkân sağlamasıdır. Örneğin kendi içerisinde bulunan PID_Compact bloğu sayesinde kullanıcı PID katsayılarını rahatlıkla değiştirebilmekte veya otomatik ayarlayabilmektedir.

Pompanın sürülme işleminin ilk başta PWM sinyalleri üzerinden yapılması planlanmıştır. PLC'nin dijital çıkışları gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra PWM sinyali üretebilmektedir. PWM ile motor sürme işlemi yapılmıştır, ancak sistem üzerinde sağlıklı çalışmadığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden pompanın sürülmesi için analog çıkış kullanılması gerektiğine

karar verilmiştir. PLC üzerinde analog çıkış olmadığı için analog çıkış modülü alınmıştır. Bu modül iki adet analog çıkışa izin vermektedir.



Şekil 5.3. Siemens S7-1200 PLC ve Analog Çıkış Modülü [18]

5.1.2. Motor sürücünün seçimi

Sürülecek pompanın giriş voltajı 12 Volt DC olduğu için bu voltaj değerine uygun motor sürücü seçilmiştir. Bunun yanında analog girdiye göre hızının ayarlanabilir olması gerekmektedir. Pompanın çektiği akım miktarını dikkate alarak Elektronik Kontrol firmasına ait 12 Volt DC motor sürücü kullanılmıştır. Ek8’ de motor sürücünün özellikleri verilmiştir.

Sürücü 0-5 Volt arasında analog giriş almaktadır. PLC’ nin analog çıkışı motor sürücüye bağlanır.



Şekil 5.4. Motor Sürücü [19]

5.1.3. Sensörün seçimi

Yapılacak sistemin kullanıcının belirleyeceği seviyeye göre PID kontrol ile dolum yapması istendiği için dijital girdi veren bir sensör yerine analog girdi veren bir sensörün kullanılması gerekmektedir. Yapılan literatür taramalarına göre sıvı seviye sistemlerinde kullanılan sensörlerin ultrasonik, şamandıra ve basınç sensörleri olduğu görülmektedir. Ultrasonik sensörlerin maliyeti ve basınç sensörlerinin uygulama zorluğundan bu sensörler uygun görülmemiştir. Bu yüzden SICK firmasının LFP Cubic sıvı seviye sensörü kullanılmıştır. Şekil 5.5.' de sensör görseli görülmektedir. Ek9' da sensörün teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 5.5. SICK LFP Cubic Sıvı Seviye Sensörü [20]

5.1.3.1. Sensörün çalışma prensibi

LFP sensör, TDR(Time Domain Reflectometry) prensibine göre çalışmaktadır. Bu prensip elektromanyetik dalgaların iletim süresinin işlenmesine dayanmaktadır. Sensör bir prob üzerinden düşük enerjili elektromanyetik pals iletir. Bu palslar bir sıvı yüzeyine çarparsa palsın bir kısmı geri iletilir. Oluşan zaman farkından yararlanılarak sıvı seviyesi tespit edilir. Sensör ölçülen sıvı seviyesine göre 0-10 Volt aralığında analog çıkış verir. Aynı zamanda kullanıcı tarafından belirlenen alt ve üst sıvı seviye aralığında dijital çıkış verebilir. Bu sensörün en büyük avantajlarından biri hemen hemen bütün sıvılar ile çalışabilmesidir. Köpük modu sayesinde süt, zirai ilaç gibi üretim sırasında köpük oluşturan sıvıların seviye tespitinde de hatasız bir şekilde çalışabilmektedir.

5.1.3.2. Sensörün yerleştirilmesi

Lfp sensör endüstriyel uygulamalarda kullanıldığı için daha çok metal kaplarda kullanılmaktadır. Plastik kaplarda kullanmak için prob olarak kullanılan mil metal bir boru içine yerleştirilmiştir. Ancak mil boru içine merkezlenerek yerleştirilmelidir. Aksi takdirde mil boruya temas ederse hatalı ölçüme neden olmaktadır. Alternatif bir çözüm olarak boru

tankın içinde mile temas etmeyecek şekilde dış bir pozisyona konumlandırılmıştır. Bu sayede hem montaj açısından kolaylık sağlanmıştır hem de sıvı dipten doldurularak sessiz ve çalkantısız bir doluş sağlanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 5.6. (a) Sensörün Çelik Boru İçine Montajı, (b) Sensörün Revize Edilmiş Montajı

Şekil 5.6.(a) sensör milinin, çelik boru içine yerleştirildiği durumdur. Şekil 5.6.(b)' de ise bu durumun revize edilmiş hali görülmektedir.

5.2. Kontrol Yazılımı

Yazılım, Siemens' in kendi programı olan TIA Portal üzerinden yazılmıştır. Mevcut versiyon TIA Portal V14'tür. İlgili yazılım Ek10' da verilmiştir.

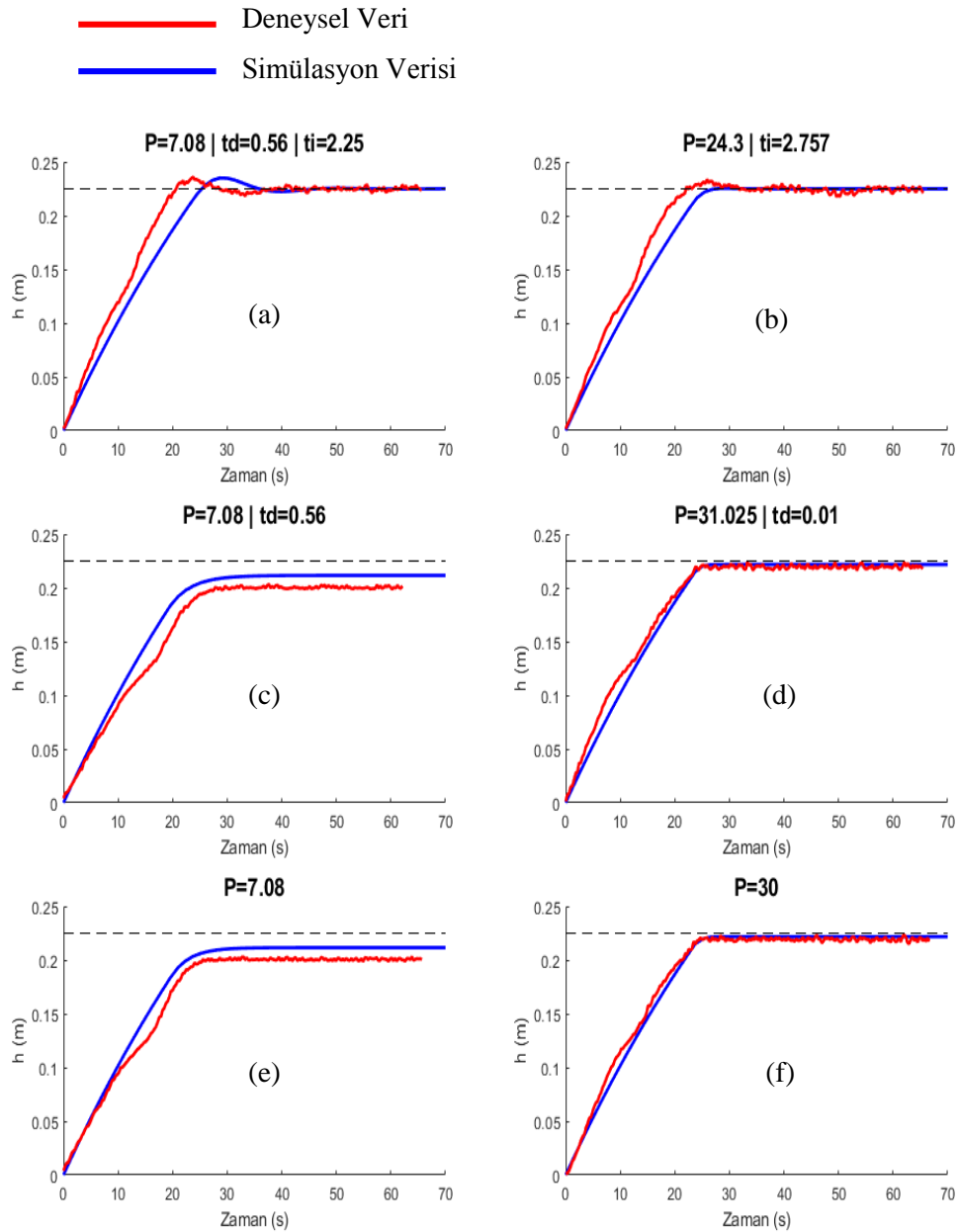
Kontrol yazılımı “Sistem” ve “PID Kontrol” olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Sistem bloğu standart organizasyon bloğudur. Bu kısımda sistemi çalıştırma, durdurma, sensörden alınan analog girişin ölçeklenmesi, ikaz lambalarının yanıp sönmesi gibi genel işlemler yapılmaktadır. PID Kontrol kısmı ise Cyclic Interrupt organizasyon bloğudur. Bu kısımda ise PID komutu kullanılarak pompanın sürülme işlemi yapılmıştır.

Ön tarafta bulunan kumanda kısmındaki ilk buton PLC'nin kendi hesapladığı PID değerlerine göre, ikinci buton kendi hesapladığımız PID değerlerine göre sistemi çalıştırır. Üçüncü buton ise sistemi beklemeye alır. Bekleme durumunda sarı ikaz lambası, denge durumuna gelinip gelinmediğini belirtmek için ise yeşil ve kırmızı ikaz lambaları yanmaktadır.

Yazılımda kullanıcı sistemi çalıştırdığında ilk olarak sensör yardımıyla sıvı seviye bilgisi alınır. Sonra bu girdiye göre PID yardımıyla çıkış voltajı ayarlanarak pompa bu voltaja göre çalışır. PID bloğunun oluşturulması Ek11’ de detaylı olarak gösterilmiştir.

5.3. Sistemin Deneysel ve Simülasyon Karşılaştırılması

Deneyisel veriler grafik haline getirilmeden önce ölü zamanlar çıkarılmalıdır. Ölü zamanları çıkarılarak oluşturulan, sistemden elde edilen deneyisel veriler ile simülasyon verilerinin grafiksel karşılaştırılması Şekil 5.7.’ de verilmiştir.



Şekil 5.7. Simülasyon ve Deneyisel Verilerin Grafiklerinin Karşılaştırılması

Tablo 5.1. Simülasyon ve Deneysel Sonuçların Değerleri

		Yükselme süresi	Overshoot(%)	Tepe değer	Kararlı hal değeri
P=30	Simülasyon	19,989	0,000	0,222	0,222
	Deneysel	19,490	0,000	0,224	0,224
P=7.08	Simülasyon	21,377	0,000	0,212	0,212
	Deneysel	30,682	0,000	0,203	0,203
P=31.025 td=0.01	Simülasyon	19,989	0,000	0,222	0,222
	Deneysel	19,985	0,000	0,224	0,224
P=7.08 td=0.56	Simülasyon	22,022	0,000	0,212	0,212
	Deneysel	34,932	0,000	0,203	0,203
P=24.3 ti=2.757	Simülasyon	19,993	0,181	0,225	0,225
	Deneysel	16,350	3,846	0,234	0,225
P=7.08 td=0.56 ti=2.25	Simülasyon	19,992	4,475	0,235	0,225
	Deneysel	15,932	4,813	0,236	0,225

Elde edilen simülasyon verileriyle deneysel veriler karşılaştırıldığında, sistemin istenen kararlı hal yüksekliğine yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Şekil 5.13. c ve d grafiklerine bakıldığında sistemin matematik modeli başlığında kabul edilen akış sisteminin normal çalışma noktaları yakınında doğrusallaştırılması durumundan dolayı sonuç normal çalışma noktasından(h) uzaklaşırsa deneysel veri ile simülasyon verisi örtüşmemeye başlar. Tablo 5.1.’de görüldüğü üzere kararlı hal değeri istenilen yüksekliğe hatasız olarak ulaşabilmesi için kontrolcü değerlerinde integral kontrolcü değeri bulunmalıdır. Diğer kontrolcü değerleri kararlı hale çok yakın olmasına rağmen hatasız olarak denge konumuna ulaşamamaktadır.

BÖLÜM ALTI

MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİ

MALİYET HESABI

6. MASAÜSTÜ SIVI SEVİYE SİSTEMİ MALİYET HESABI

Sistem oluşturulurken kullanılan elemanlar aşağıda gösterilmiştir. Bu elemanların seçiminde birçok husus dikkate alınmıştır. Alınan bu hususlar arasında maliyet önemli bir yere sahiptir. Örneğin sensör seçiminde önce ultrasonik sensör düşünülmüş ancak maliyeti kullanılan sensörün yaklaşık 2 katı olduğu için vazgeçilmiştir. Aynı işlevi gören LFP Cubic sensörü seçilerek 1000 TL'ye yakın tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca tesisat yapımında kullanılan plastik bağlantı elemanları da yaklaşık 100 TL az harcamayı sağlamıştır. Bütün bunlar göz önüne alındığında proje kapsamında oluşturulan sistemin baştan kurulması durumunda en az 5020 TL' lik bir harcama yapılması gerekmektedir.

Tablo 6.1. Maliyet hesabı

No	Ürün Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat(TL)	Maliyet(TL)	Hibe(TL)
1	Siemens S7-1200 PLC	Adet	1	1720	1720	1720
2	Analog Çıkış Modülü	Adet	1	600	600	-
3	Seaflo Hidrofor Pompa	Adet	1	295	295	-
4	Motor Sürücü	Adet	1	190	190	-
5	LFP Cubic Sıvı Seviye Sensörü	Adet	1	1250	1250	1250
6	Güç Kaynağı	Adet	1	120	120	120
7	30x30 Alüminyum Sigma Profil	Metre	10	30	300	300
8	MDF Plaka	Adet	4	15	60	60
9	Pleksi Plaka	Adet	1	25	25	25
10	Pleksi Boru	Adet	1	150	150	150
11	Pano Elemanları(Kumanda kutusu, buton, led vb.)	Adet	1	150	150	-
12	Elektronik Elemanlar(Kablo, klemens vb.)	Adet	1	100	100	-
13	Tesisat Elemanları(Manşon, dirsek, hortum vb.)	Adet	1	60	60	-
					Toplam:	5020
					Hibe:	3625
					Harcanan:	1395

BÖLÜM YEDİ

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sonuç olarak sıvı seviye kontrolü, uygulama ve kullanım açısından geniş bir alana sahiptir. Gelişen teknoloji ile beraber hassas işlemlerde insan gücü, yerini otomasyona bırakmaktadır. Otomatik sıvı seviye kontrolü de gelişen bu teknolojiye önemli bir örnektir.

Projedeki kısıtlar ve ihtiyaçlar doğrultusunda bir deney sistemi tasarlanmış ve üretilmiştir. Ana tanktan hidrofor pompa ile kontrol tankına basılan sıvının seviyesi, sensör yardımıyla sürekli ölçülür. PLC yardımıyla işlenen sensör sinyali ile pompa değişken devirlerde sürülerek kontrol tankındaki sıvının, sürekli kontrolü sağlanır.

Bu sistem masaüstü boyutlara göre üretilmiştir. Ancak matematik model üzerinde, kullanılan ekipmanlarda, gerekli değişiklikler yapılarak, sistem istenilen boyutlarda ve amaçlarda çalışabilecek duruma getirilebilir. Bu durum da farklı endüstriyel alanlarda kullanıma olanak sağlamaktadır.

7.1. Projede Yapılabilecek Geliştirmeler

Sistemde iki farklı konuda geliştirme yapılabilir. Bunlardan ilki mekanik geliştirmelerdir. Diğer geliştirme konusu ise yazılım ve elektronik geliştirmelerdir.

Mekanik olarak geliştirilebilecek durumlar:

- Mevcut sistem üzerindeki tesisatta kullanılan plastik hortum ve bağlantı elemanları yerine PVC borular kullanılarak daha kaliteli ve görsellik açısından daha uygun bir tesisat kurulabilir.
- Kontrol edilen tankın boyutları büyütülerek fazladan bir sensör sisteme yerleştirilebilir.
- Bölüm 1.3’ te verilen tuz giderme uygulamalarına yönelik değişiklikler yapılabilir. Bu değişiklikler birden fazla sıvının karıştığı durumlarda, farklı özellikte olan sıvı seviyesinin kontrolü için yapılabilecek değişikliklerdir. Yazılım ve elektronik geliştirmeler ise:
- Birden fazla pompa kullanılarak sıvıların belli oranda karıştırılması, oluşan karışım sıcaklığını da PID kontrol ile sabit tutulması,
- Kullanıcının süreci takip edebilmesi, kısa sürede değişiklik yapabilmesi için bir SCADA ekranı eklenmesidir.

KAYNAKLAR

- [1] Şahbazlı, R. 2017. Su Tanklarında Sıvı Seviye Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s. 1, Aydın. Formattan biçimlendir
- [2] https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-the-liquid-level-control-system_fig11_258401173 (Erişim Tarihi: 01.02.2019)
- [3] Sabattini L, Digani V, Secchi C, Cotena G, Ronzoni D, Foppoli M, et al. Technological roadmap to boost the introduction of AGVS in industrial applications IEEE international conference on intelligent computer communication and processing (ICCP);
- [4] Level Control Applications. <https://beta.spiraxsarco.com/learn-about-steam/control-applications/level-control-applications> (Erişim Tarihi: 25.05.2019)
- [5] Kleitz, B. 2013. PLC Level Control <https://www.youtube.com/watch?v=5XjgAf8bTs0&t=> (Erişim Tarihi: 01.09.2018)
- [6] Quanser. Coupled Tanks, <https://www.quanser.com/products/coupled-tanks/> (Erişim Tarihi: 15.09.2018)
- [7] 2019. Win Euresia Fuarı, 12-15 Mart, Tuyap İstanbul.
- [8] Çağrı, İ. 2016. PLC ile Sıvı Seviye Otomasyonu, <https://www.youtube.com/watch?v=mOUHy2JaUNY> (Erişim Tarihi: 05.11.2018)
- [9] Miller, L. 2018. Critical Level Control Ensures Highest Efficiency For Desalter Units <https://www.flowcontrolnetwork.com/critical-level-control-ensures-highest-efficiency-for-desalter-units/> (Erişim Tarihi: 22.05.2019)
- [10] Miller, L., Enberg, A. 2019. A Systemic Approach To Storage Tank Overfill Protection <https://www.flowcontrolnetwork.com/systemic-storage-tank-safety-overfill-protection/> (Erişim Tarihi: 17.05.2019)
- [11] Sholette, B. 2017. Level Measurement In Water And Wastewater Lift Stations <https://www.flowcontrolnetwork.com/level-measurement-in-water-wastewater-lift-stations/> (Erişim Tarihi: 10.05.2019)

- [12] Akbulut, Y., Akın, M., Karael, M., Pehlivanoglu, S. 2018. Masaüstü Sıvı Seviye Sisteminin Tasarımı, Üretimi ve PLC ile Otomatik Kontrolü. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Araştırma Tezi, İzmir.
- [13] Haoqiang Ji, 2017 , PLC Programming For A Water Level Control System: Design and System Implementation ,B.Sc., Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2013
- [14] Crowe, C. T., Elger. D. F., Williams, B. C., Roberson, J. A., Engineering Fluid Mechanics 9th Ed. 2009., John Wiley & Sons, Inc., USA.
- [15] Ogata, K. Modern Control Engineering 5th Ed. Pearson, USA.
- [16] Engineering ToolBox, 2004. Minor or Dynamic Loss Coefficients for Pipe or Tube System Components. https://www.engineeringtoolbox.com/minor-loss-coefficients-pipes-d_626.html (Erişim Tarihi: 10.01.2019)
- [17] Aström, K., Hagglund, T., 1995. PID Controllers: Theory, Design, and Tuning 2nd Edition, Sayfa 80-83, USA.
- [18]<https://www.conrad.com/p/siemens-cpu-1212c-dcddc-6es7212-1ae31-0xb0-plc-controller-24-vdc-197403> (Erişim Tarihi: 08.03.2019)
- [19] <http://www.elektronikkontrol.com/> (Erişim Tarihi: 10.03.2019)
- [20]<https://www.sick.com/tr/tr/akscan-sensoerleri/seviye-sensoerleri/lfp-cubic/c/g249766> (Erişim Tarihi: 15.03.2019)

EKLER

Ek1. 6063 alüminyum alaşım özellikleri

MEKANİK ÖZELLİKLERİ ;

Temper	Akma Mukavemeti (MPa) Min-Max	Çekme Mukavemeti (MPa) Min-Max	Uzama (%50) Min-Max	Sertlik (Brinel) Min-Max
O	50	100	26	25
T1	90	150	24	45
T4	90	160	21	50
T5	110 - 175	150 - 215	12	60
T6	170 - 210	205 - 245	12	75

*Kullanılan profil T4' tür.

Ek2. Mdf plaka özellikleri

Mekanik değerler Levha ortalama değerleri	Birim	Levha kalınlığı		
	[mm]	>12-19	>19-30	>30-40
Yoğunluk, GOST 10634-88	[kg/m³]	tesise özel		
Gerilme mukavemeti, GOST 10636-90	[MPa]	≥ 0,85	≥ 0,80	≥ 0,75
Eğilime mukavemeti, GOST 10635-88	[MPa]	≥ 35	≥ 31	≥ 26
Esneklik modülü, GOST 10635-88	[MPa]	≥ 3200	≥ 3100	≥ 2900
Kalınlık şişmesi 24h, GOST 10634-88	[%]	≤ 10	≤ 8	≤ 7
Yırtılma mukavemeti, GOST 23324-09	[MPa]	≥ 1.2		

Ek3. Matlab kodları ve simulink blokları

```
clc;clear;
qin=0.000087083333; C=(pi*(100*10^-3)^2)/4 ;ks=0;
D=(12.7*10^-3);L=0.65;g=9.81;v=10^(-6);
h=0.225 ;z0=0.65;z1=z0+h;
Ke= 0.5; Kv= 277; Kc=0.27 ; KE=1 ;
f=5; %iterasyon için f(Resistance coefficient) değeri
% iterasyon
for k=1:1:10;
V=sqrt((2*g*D*z1)/(D+L*f+D*(Ke+Kv+Kc+KE)));
Re=(V*D)/v; % Reynolds sayısı
if Re > 2300;
f=0.25/(log10((ks/(3.74*D))+(5.74/(Re)^0.9)))^2; % Colebrook Equation (turbülans
akış için)
else
f=64/Re ; %(laminar akış için)
end
end
qo=(V*(pi*D^2)/4); % kararlı hal çıkış debisi
R=(h)/qo; %sistem direnç değeri

% Simülasyonun grafiklerinin işlenmesi

figure (1)
P=7.08;td=0.56;ti=2.25; %kontrolcü değerleri
run 'PIDsim.slx';
sim('PIDsim.slx');
subplot(3,2,1);
hold on;
plot(tout,yout.signals.values,'linewidth',2,'Color','b');
title('P=7.08 | td=0.56 | ti=2.25','fontsize',14);
hold on;
plot([0,70],[h,h], '--','Color','k');
xlabel('Zaman (s)');
ylabel('h (m)');

P=24.3;td=0;ti=2.757;
sim('PIDsim.slx');
subplot(3,2,2);
hold on;
plot(tout,yout.signals.values,'linewidth',2,'Color','b');
title('P=24.3 | ti=2.757','fontsize',14);
hold on;
plot([0,70],[h,h], '--','Color','k');
xlabel('Zaman (s)');
ylabel('h (m)');
```

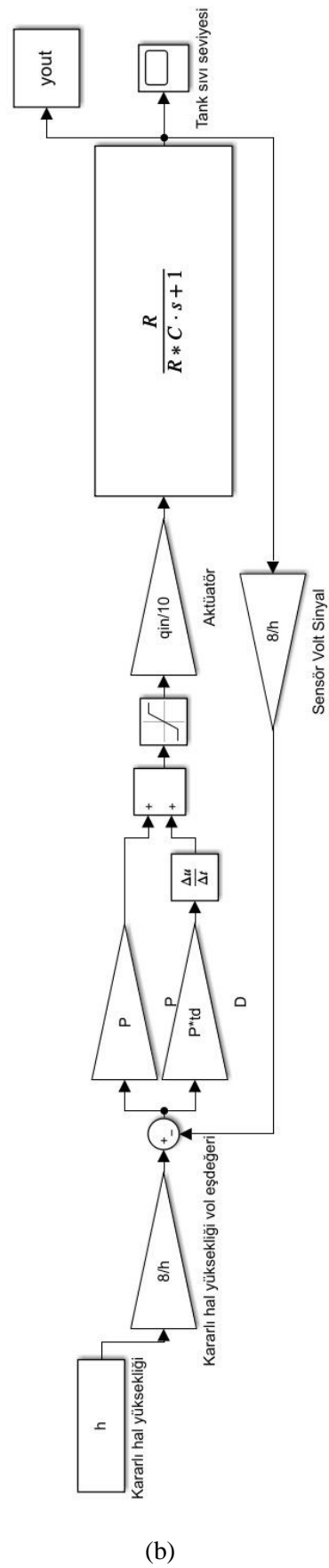
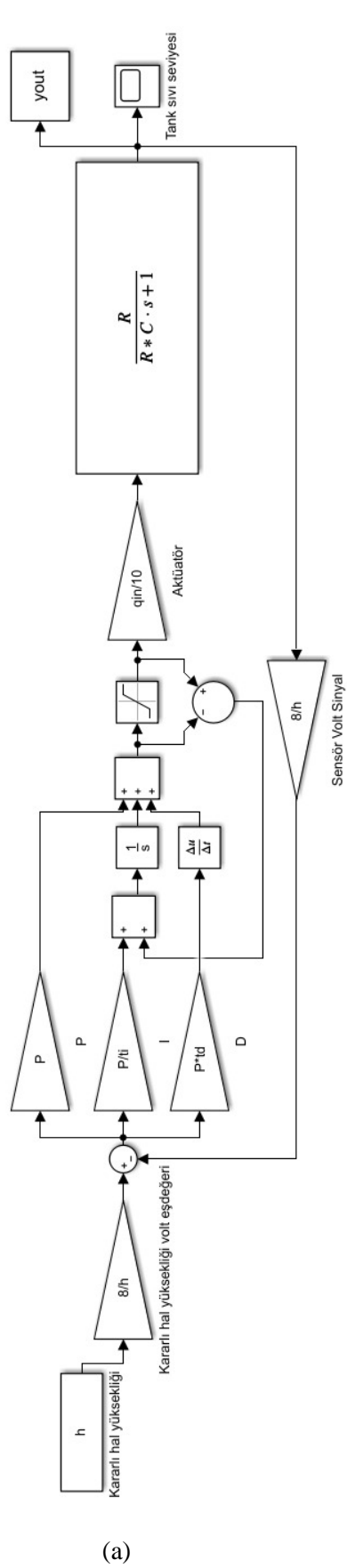
```

P=31.025;td=0.01;
run P_PDsim.slx;
sim('P_PDsim.slx');
subplot(3,2,4);
hold on
plot(tout,yout.signals.values,'linewidth',2,'Color','b');
title('P=31.025 | td=0.01','fontsize',14);
hold on;
plot([0,70],[h,h], '--','Color','k');
xlabel('Zaman (s)');
ylabel('h (m)');
P=7.08;td=0.56;
sim('P_PDsim.slx');
subplot(3,2,3);
hold on
plot(tout,yout.signals.values,'linewidth',2,'Color','b');
title('P=7.08 | td=0.56','fontsize',14);
hold on;
plot([0,70],[h,h], '--','Color','k');
xlabel('Zaman (s)');
ylabel('h (m)');
P=7.08;td=0;
sim('P_PDsim.slx');
subplot(3,2,5);
hold on;
plot(tout,yout.signals.values,'linewidth',2,'Color','b');
title('P=7.08','fontsize',14);
hold on;
plot([0,70],[h,h], '--','Color','k');
xlabel('Zaman (s)');
ylabel('h (m)');
P=30;td=0;
sim('P_PDsim.slx');
subplot(3,2,6);
hold on;
plot(tout,yout.signals.values,'linewidth',2,'Color','b');
title('P=30','fontsize',14);
hold on;
plot([0,70],[h,h], '--','Color','k');
xlabel('Zaman (s)');
ylabel('h (m)');

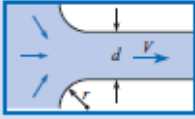
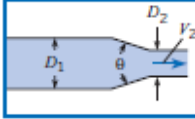
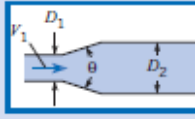
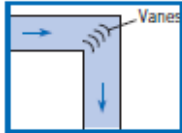
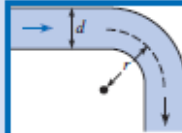
```

Verilen MATLAB kodlarının kullanılabilmesi için Simulink üzerinde Ek3.a.' da verilen blok diyagramının oluşturulup “PIDsim.slx” şeklinde MATLAB kodu ile aynı klasöre kaydedilmesi gerekir.

Aynı şekilde Ek3.b. için de benzer aşama izlenerek “P_PDsim.slx” şeklinde kaydedilmelidir.



Ek4. Akış sistemi için k kayıp katsayılarının değerleri

LOSS COEFFICIENTS FOR VARIOUS TRANSITIONS AND FITTINGS				
Description	Sketch	Additional Data	K	Source
Pipe entrance $h_L = K_e V^2 / 2g$		r/d 0.0 0.1 >0.2	K_e 0.50 0.12 0.03	(10) [†]
Contraction $h_L = K_C V_2^2 / 2g$		D_2/D_1 0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 0.90	K_C $\theta = 60^\circ$ 0.08 0.08 0.07 0.06 0.06 0.06 K_C $\theta = 180^\circ$ 0.50 0.49 0.42 0.27 0.20 0.10	(10)
Expansion $h_L = K_E V_1^2 / 2g$		D_1/D_2 0.00 0.20 0.40 0.60 0.80	K_E $\theta = 20^\circ$ 0.30 0.25 0.15 0.10 K_E $\theta = 180^\circ$ 1.00 0.87 0.70 0.41 0.15	(9)
90° miter bend		Without vanes	$K_b = 1.1$	(15)
		With vanes	$K_b = 0.2$	(15)
90° smooth bend		r/d 1 2 4 6 8 10	$K_b = 0.35$ 0.19 0.16 0.21 0.28 0.32	(16) and (9)
Threaded pipe fittings	Globe valve—wide open		$K_v = 10.0$	(15)
	Angle valve—wide open		$K_v = 5.0$	
	Gate valve—wide open		$K_v = 0.2$	
	Gate valve—half open		$K_v = 5.6$	
	Return bend		$K_b = 2.2$	
	Tee			
	Straight-through flow		$K_t = 0.4$	
	Side-outlet flow		$K_t = 1.8$	
	90° elbow		$K_b = 0.9$	
	45° elbow		$K_b = 0.4$	

[†]Reprinted by permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, from the 1981 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Ek5. Sistemin modellenmesinde yapılan işlemler

Kapasitans

$$C = \frac{\pi(D)^2}{4} = 0,00785m^2$$

İterasyon başlangıç değerleri

$f = 5$ başlangıç değeri

$$V_2 = \sqrt{\frac{0.875 * 0.0127 * 2 * 9.81}{0.0127 + 5 * 0.65 + 0.0127 * 278.77}}$$

$$V_2 = 0.1790 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{0.1790 * 0.0127}{10^{-6}}$$

$$Re = 2.2736 * 10^3$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{0}{3.7 * 0.0127} + \frac{5.74}{(2.2736 * 10^3)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0281$$

İterasyon sonucunda bulunan değerler

$$V_2 = 0.2467 \text{ m/s}$$

$$Re = 3.1334 * 10^3$$

$$f = 0.04385$$

Çıkış debisinin bulunması

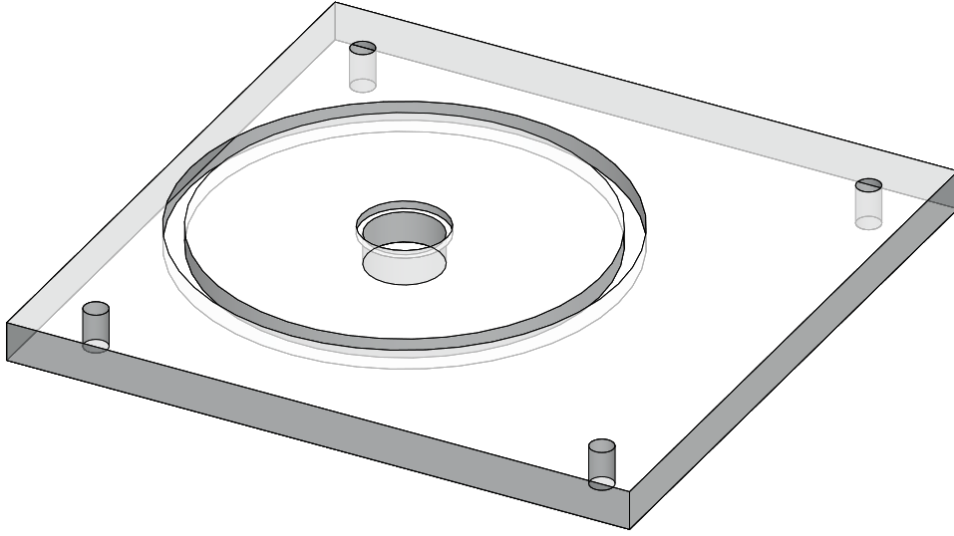
$$q_o = \frac{\pi(\text{çıkış boru çapı})^2}{4} * V_2 = \frac{\pi(0.0127)^2}{4} * 0.2467 = 3.125467 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

R değerini elde edilmesi

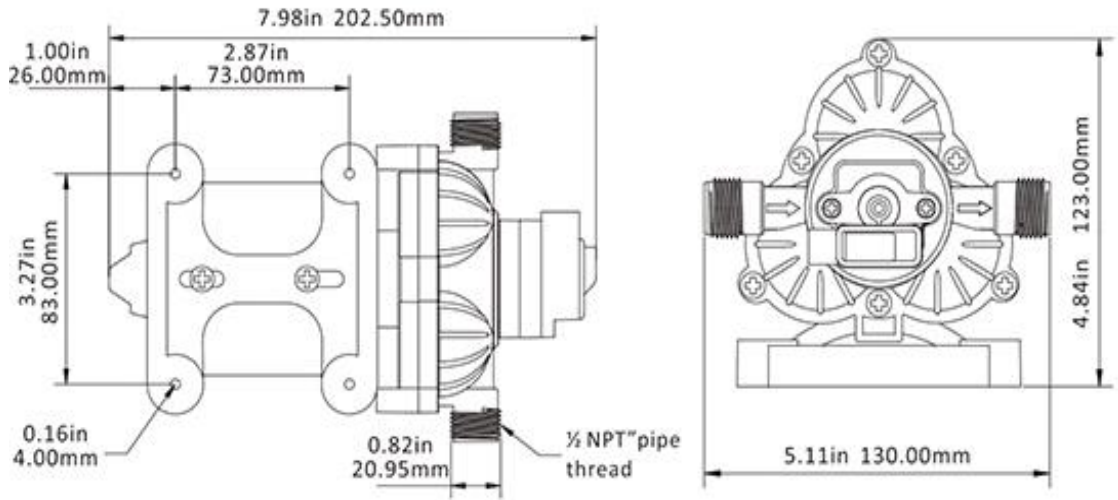
$$R = \frac{h}{q_o}$$

$$R = 7199$$

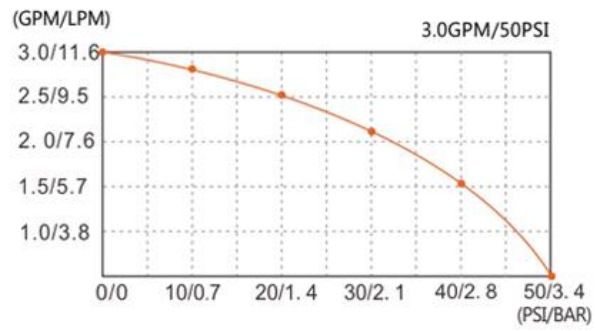
Ek6. Pleksi tank tabanı



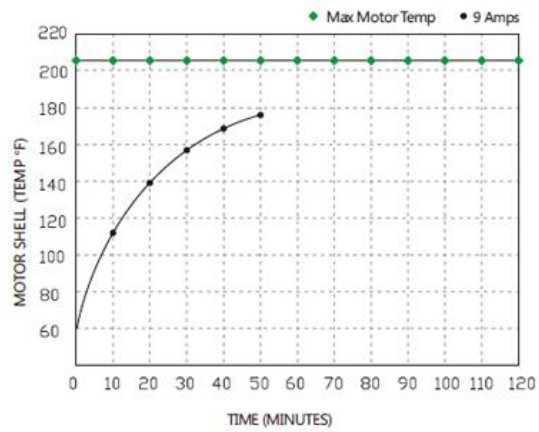
Ek7. Hidrofor pompa özellikleri



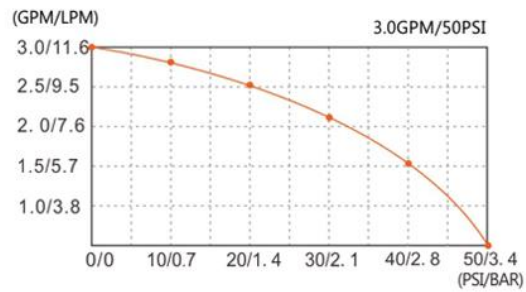
PERFORMANCE



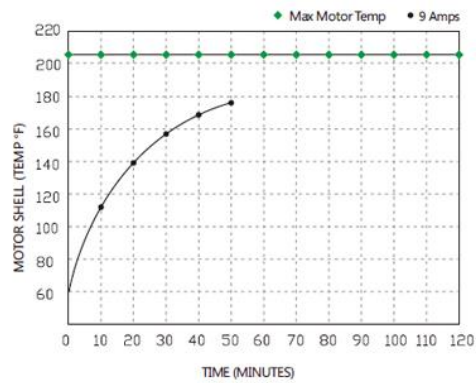
HEAT RISE



PERFORMANCE



HEAT RISE





Ek8. Motor sürücü özellikleri

E.K.S. ELEKTRONİK

DC MOTOR HIZ KONTROL CİHAZI (AKÜDEN ÇALIŞMA)

DC12-10 10-16 Volt Input
DC24-10 16-36 Volt Input
DC48-10 32-52 Volt Input

16 KHz çalışma frekansı
İleri - Geri çalışma
Hızlanma ve yavaşlama süresi ayarı
Maksimum ve minimum çalışma voltajı ayarı
Akü bağlı, çalışıyor, alarm ve ileri-geri ledli uyarı
10 K potans ile 0 dan %98 e kadar kademesiz voltaj ayarı
0-5 Volt harici gerilim ile hız kontrolü.



Ledli Uyarılar

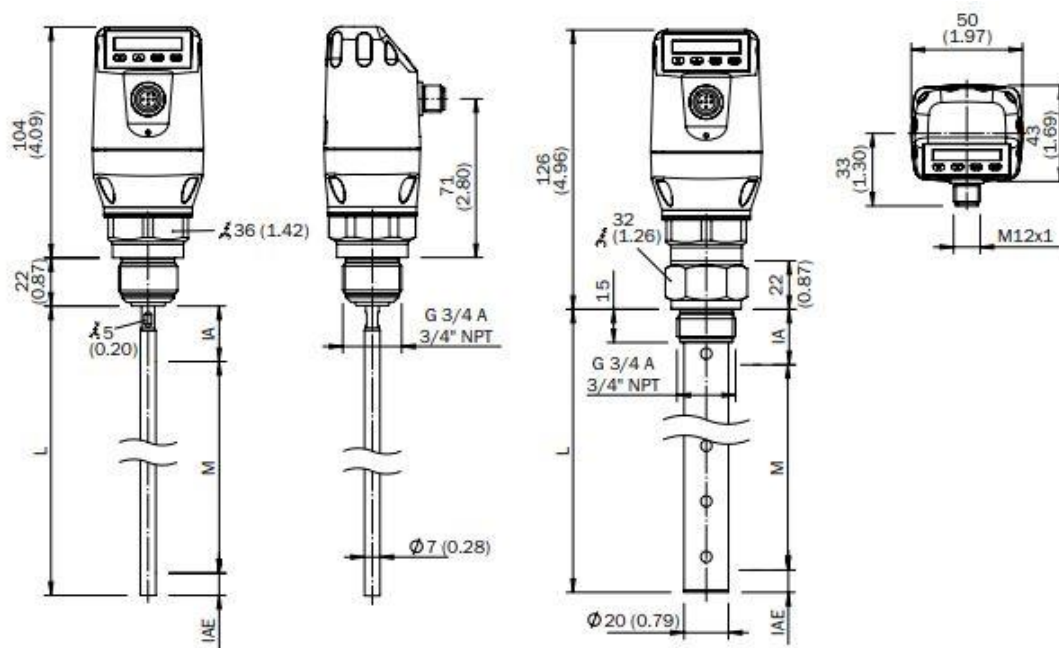


Ek9. Sensörün teknik özellikleri

Supply voltage.	12 V DC ... 30 V DC
Current consumption	≤ 100 mA at 24 V without output load
Initialization time	≤ 5 s
Protection class	III
Connection type	M12 x 1, 5-pin M12 x 1, 8-pin
hysteresis	Min. 3 mm, freely configurable
Output signal ¹⁾	4 mA ... 20 mA / 0 V ... +10 V automatically switchable depending on output load ²⁾ 1 PNP transistor output (Q1) and 1 PNP/NPN transistor output (Q2) switchable, or 1 PNP transistor output (Q1) and 3 PNP/ NPN transistor outputs (Q2 to Q4) switchable (type-dependent) ²⁾
Signal voltage HIGH	U _v - 2 V
Signal voltage LOW	≤ 2 V
Output current	< 100 mA
Inductive load	< 1 H
Capacitive load	100 nF
Temperature drift	< 0.1 mm/K
Output load	4 mA ... 20 mA < 500 ohms at U _v > 15 V 4 mA ... 20 mA < 350 ohms at U _v > 2 V 0 V ... +10 V > 750 ohms at U _v ≥ 14 V
Lower signal level	3.8 mA ... 4 mA
Upper signal level	20 mA ... 20.5 mA
EMC	EN 61326-2-3, 2014/30/EU

Accuracy ¹⁾	± 5 mm
Reproducibility ¹⁾	≤ 2 mm
Resolution	< 2 mm
Response time ²⁾	< 400 ms
Dielectric constant	≥ 5 for mono-rod probe/rope probe ≥ 1.8 with coaxial tube
Conductivity	No limitation
Maximum level change ³⁾	500 mm/s
Inactive area at end of probe ¹⁾	10 mm

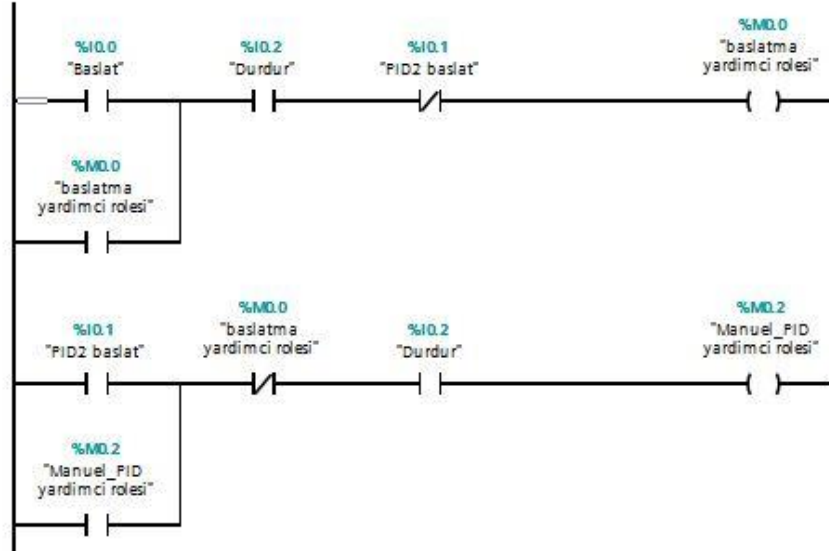
Medium	Liquids
Detection type	Limit, continuous
Probe length	<div>Mono-rod probe</div> <div>Cable probe</div> 200 mm ... 2,000 mm 1,000 mm, 2,000 mm, 3,000 mm, 4,000 mm
Adjustable measuring range	95 mm ... 6,005 mm
Process pressure	-1 bar ... +10 bar
Process temperature	-20 °C ... +100 °C
GOST certificate	✓
RoHS certificate	✓
IO-Link	✓
UL certificate	✓



Ek10. PLC yazılımı ve PID kontrol bloğu

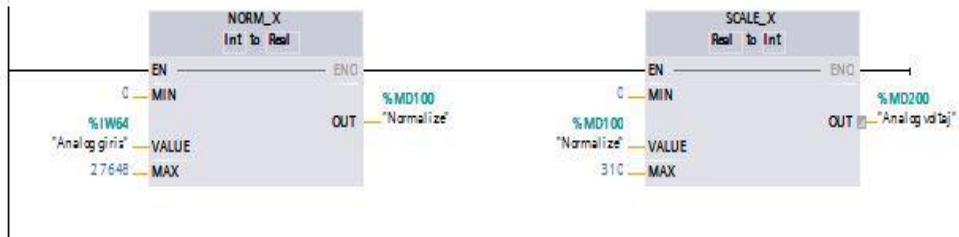
Network 1: PID baslatma durdurma

Comment



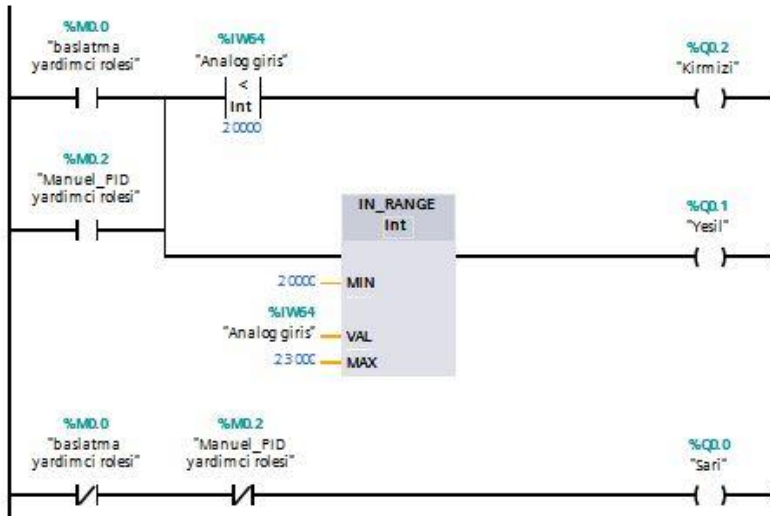
Network 2: Sensörden değer okuma ve ölçekleme.

Comment



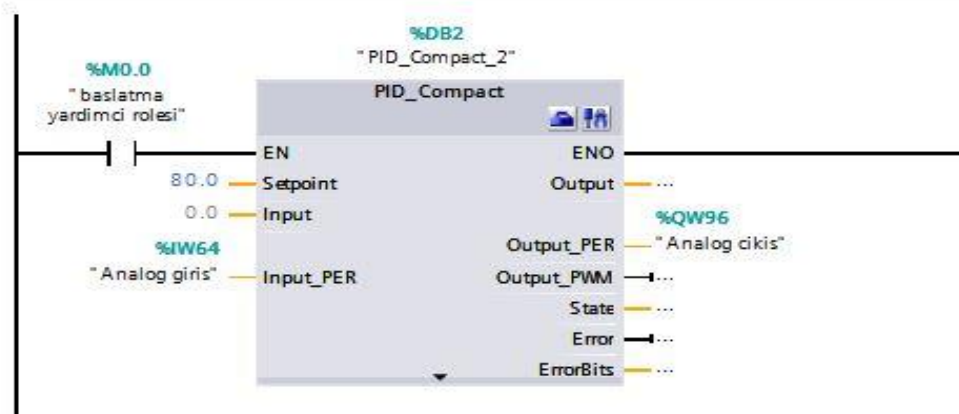
Network 3: İkaz lambaları

Comment



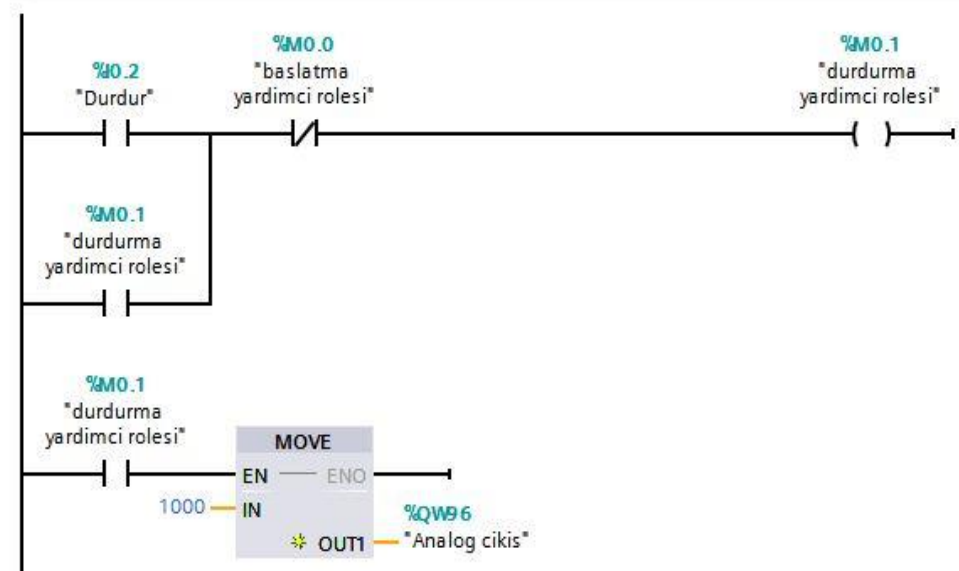
Network 1: PID Blogu

Comment



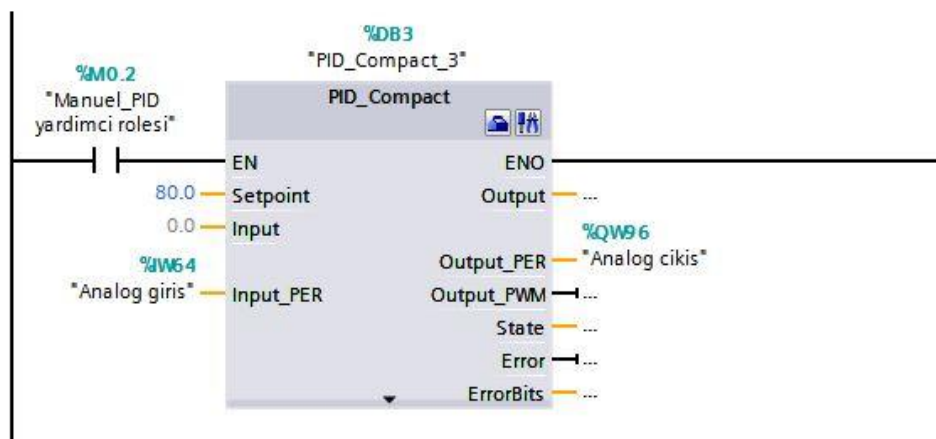
Network 2: PID durdurma

Comment



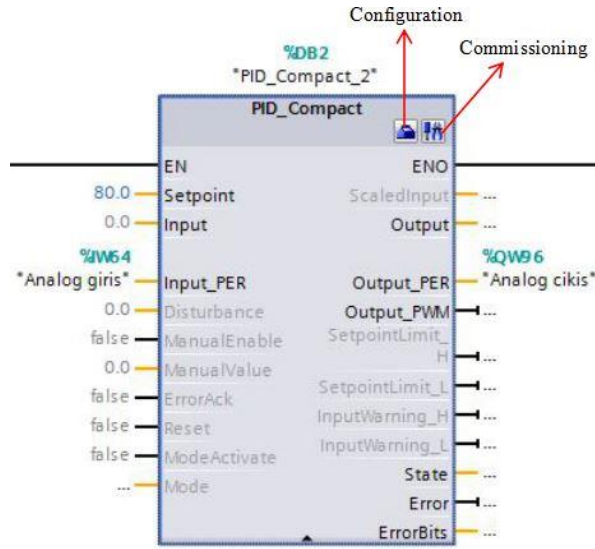
Network 3:

Comment

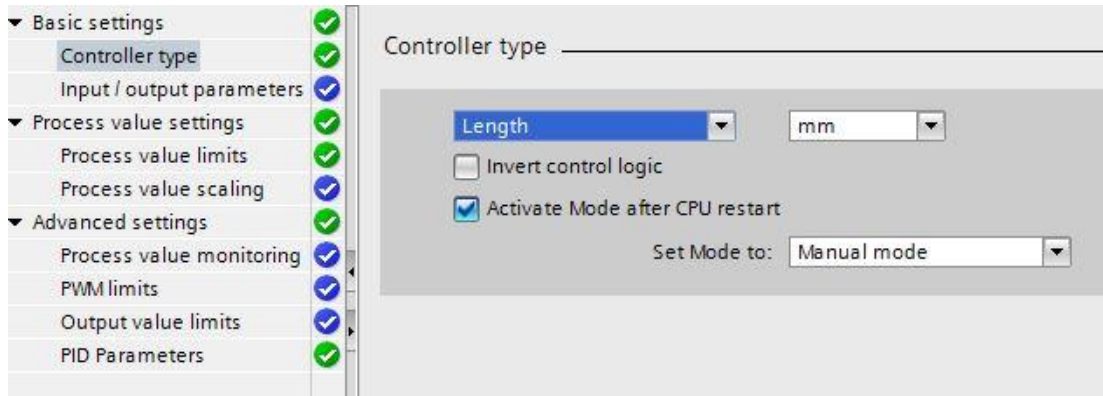


Ek11. PID bloğunun tanımlanması

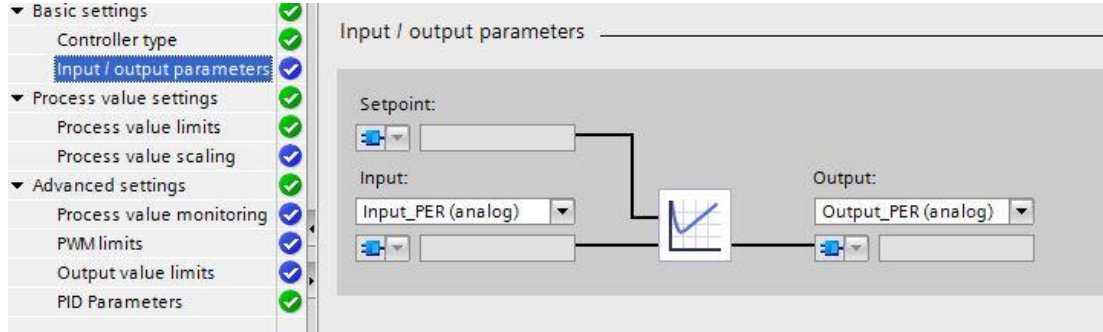
PID bloğu tanımlamak için öncelikle komutlar bölmesinden PID_Compact bloğu yazılıma eklenir. Blok üzerindeki “Setpoint” kısmına sistemin dengeye gelmesi istenen konum yüzde cinsinden yazılır. “Input_PER” kısmına sensörün analog çıkışının bağlı olduğu analog giriş adresi ve “Output_PER” kısmına çıkış olarak analog çıkış modülünün adresi girilir. Bloğun üzerinde “Configuration” ve “Commissioning” sekmeleri ile PID ayarları yapılabilir ve süreç çalışırken gözlemlenebilir.



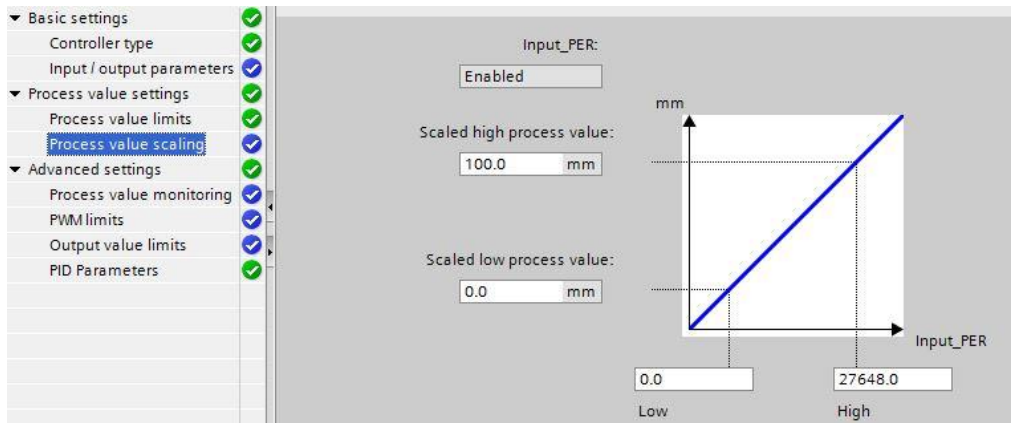
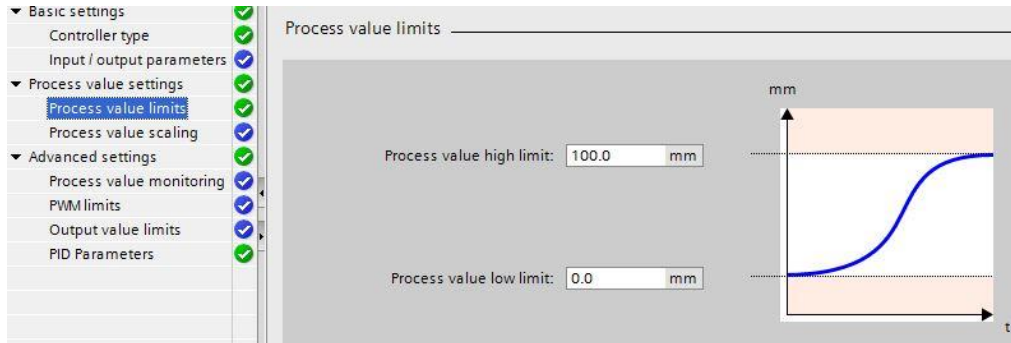
Configuration sekmesinde PID bloğunun genel ayarları yapılmaktadır. Bu sekmede ilk olarak kontrolcü tipi seçilir. Seviyeyi kontrol ettiğimiz için milimetre cinsinden “Length” seçilir.



Kontrolcü tipi seçildikten sonra girdi ve çıktı parametre ayarları yapılır. Analog girdi ve analog çıktı kullandığımız için Input_PER(analog) ve Output_PER(analog) seçilir.

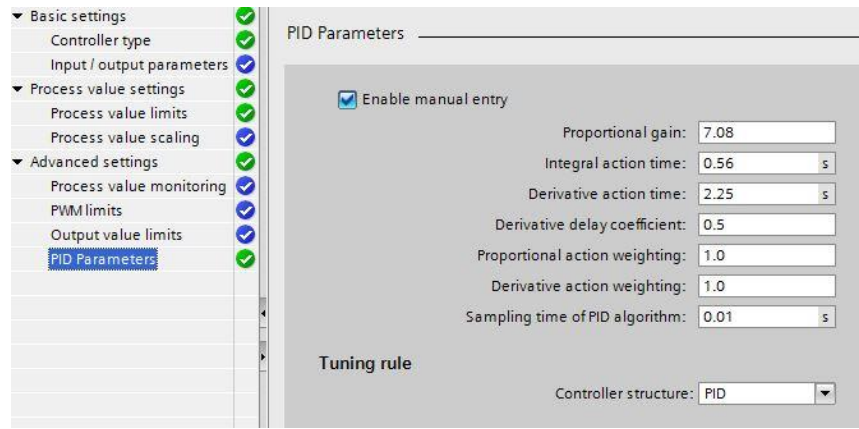


Bu işlemin ardından sürecin parametrelerinin girilmesi gerekmektedir. Sıvı seviyesi yüzde olarak düşünüldüğü için sürecin alt ve üst değerlerine sırasıyla 0 mm ve 100 mm girilmiştir. Ardından bu değerler 0-10 Volt' a denk gelecek şekilde ayarlanmıştır. 0-10 Voltun decimal olarak karşılığı 0-27648'e denk gelmektedir.

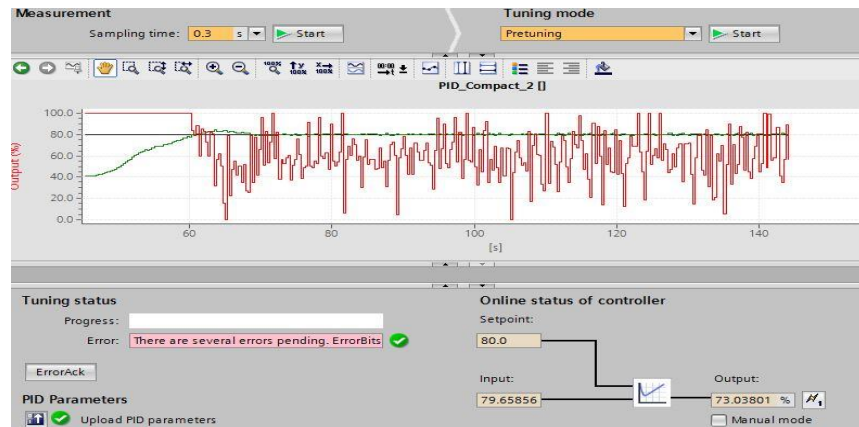


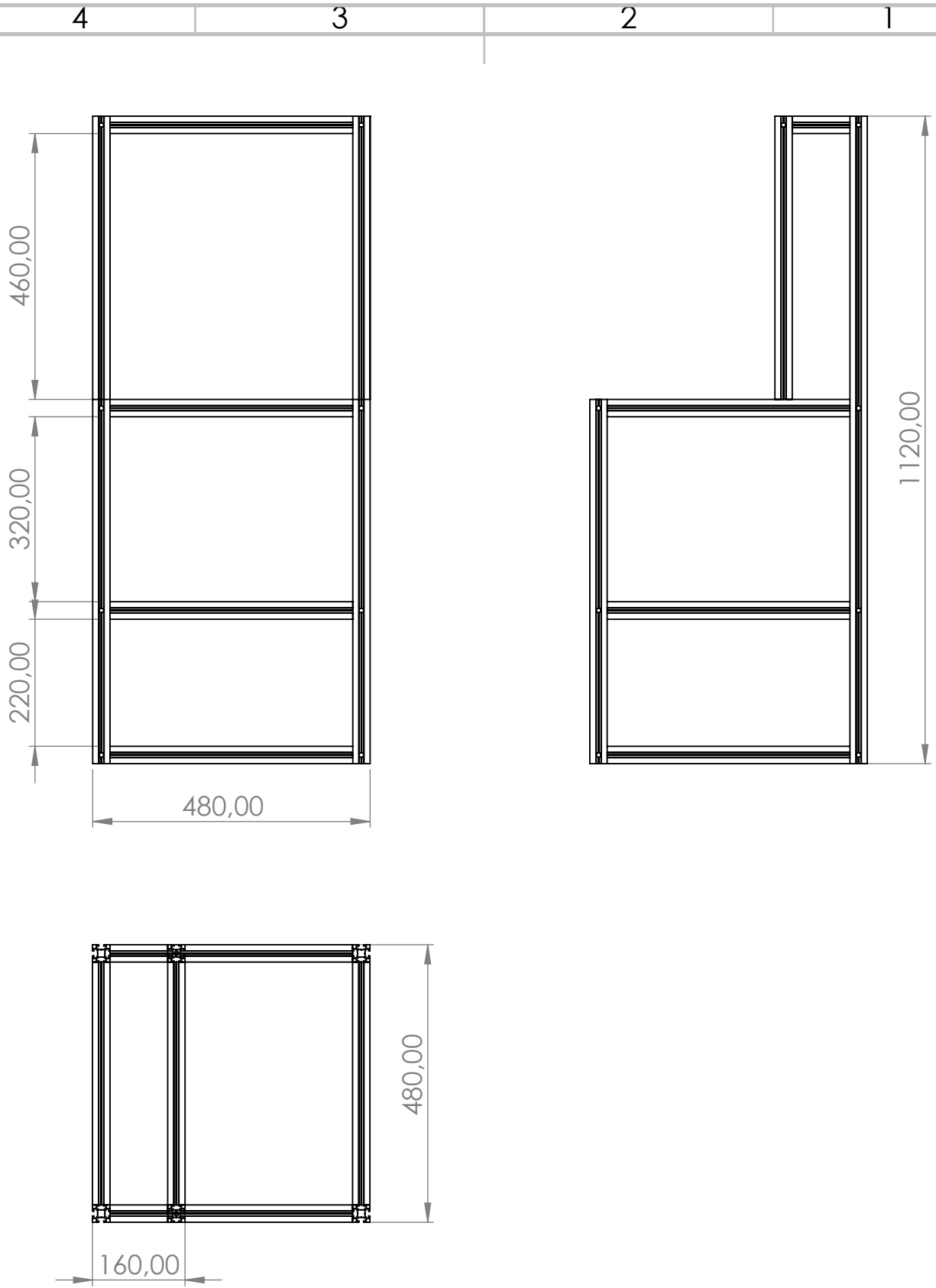
Temel ayarlar ve sürecin ayarları tamamlandıktan sonra PID değerleri atanır. “Enable manual entry” kutucuğu işaretlenerek kullanıcı PID değerlerini istediği gibi değiştirebilir.

Proportional gain, Integral action time, Derivative action time değerleri matematiksel modelde elde edilen PID katsayılarına göre girilir. “Derivative delay coefficient”, türevsel etkinin gecikmesini belirleyen bir katsayıdır. PLC’ nin verilerine göre önerilen değerin 0.5 olduğu yazmaktadır. “Proportional action weighting” , belirlenen setpoint’e göre değişen bir değerdir. 0 ile 1 arasında tanımlanması gereken bir aralık vardır. Oransal etkinin efektifliğini arttırmak için 1 değeri girilmiştir. Aynı şekilde” Derivative action weighting” kısmına da aynı değer girilmiştir.” Sampling time of PID algorithm” ise PID algoritmasının örneklem alma süresini temsil etmektedir. Düşük bir değer olması gerektiği düşünülerek 0.01 değeri girilmiştir.



Commission sekmesinde ise sistemin durumu takip edilir. Açılan ekranın sol üst köşesinde bulunan “Measurement” kısmındaki “Start” butonuna basıldığında izleme işlemi başlatılır. Elde edilen grafik Excel formatında kaydedilebilmektedir. Tuning mode kısmında bulunan Fine Tuning seçeneği ile PLC sistemin PID değerlerini kendi çıkarabilmektedir.





İSİM	İMZA	TARİH	BAŞLIK:
ÇİZEN	MERTCAN AKIN		
DENET.			
ONAY.			
ÜRET.			
KALİTE			
MALZEME:			RESİM NO.
6063 ALÜMİNYUM			şase
AĞIRLIK:			ÖLÇEK:1:10
			SAYFA 1 / 1

A4