T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR TABANLI PH KONTROLÜ İÇİN KONTROL ALGORİTMASI VE KONTROLÜN OPTİMİZASYONU

GİZEM AKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. MESUT AKGÜN

İSTANBUL, 2016

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR TABANLI PH KONTROLÜ İÇİN KONTROL ALGORİTMASI VE KONTROLÜN OPTİMİZASYONU

GİZEM AKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. MESUT AKGÜN

İSTANBUL, 2016

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR TABANLI PH KONTROLÜ İÇİN KONTROL ALGORİTMASI VE KONTROLÜN OPTİMİZASYONU

Gizem AKIN tarafından hazırlanan tez çalışması 19.01.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Mesut AKGÜN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mesut AKGÜN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet KOYUN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Devrim Barış KAYMAK

İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında pH ölçümünün bilgisayar tabanlı olarak yapılması amaçlanmış buna yönelik hesaplamalar ve kodlamalar yapılmıştır.

Tez çalışmamın planlamasında ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Mesut AKGÜN ‘e, bu zorlu tez sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli arkadaşım, Demet ÖZALTUN ‘a ve tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ocak,2016

Gizem AKIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi

KISALTMA LİSTESİ viii

ŞEKİL LİSTESİ ix

ÇİZELGE LİSTESİ xii

ÖZET xiii

ABSTRACT xiv

BÖLÜM 1 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Orijinal Katkı 2

BÖLÜM 2 3

PROSES KONTROLÜNE GENEL BAKIŞ 3

2.1 Otomatik Kontrol Biçimleri 4
2.1.2 Açık-kapalı (On-Off) kontrol 4
2.1.2 Geri Beslemeli Kontrol 4
2.1.3 Oransal (P) kontrol edici 5
2.1.4 Oransal – integral (PI) kontrol edici 6
2.1.5 Oransal – integral – türevsel (PID) kontrol edici 7
2.1 pH 'ın Tanımı ve Gerikarıştırmalı pH Nötralizasyon Reaktörünün Modellenmesi 8
2.2 TASARLANAN pH KONTROL SİSTEMİ ARAYÜZÜ 10
2.3 GELİŞTİRİLEN ARAYÜZÜN KONTROL SİSTEMİNDE TESTİ 15
2.3.1 Deney Düzeneği 15

BÖLÜM 3 17

SONUÇ VE ÖNERİLER 17

3.1 SONUÇLAR 17
3.1.1 P Kontrol Algoritmasıyla Kontrol 17
3.1.2 PI Kontrol Algoritmasıyla Kontrol 27
3.1.3 Öneriler ve Yorumlar 37

KAYNAKLAR 38

EK-A 39

MATHCAD İLE YAPILAN HESAPLAMALAR 39

EK-B 47

KODLAMA 47

KODA EKLENEN ORANSAL KONTROL HESABI 47

KODA EKLENEN ORANSAL- İNTEGRAL KONTROL HESABI 49

ÖZGEÇMİŞ 54

SİMGE LİSTESİ

Δt	Dijital kontrol edici için uygulama periyodu
ε	Hata
$E_m(s)$	Hata ölçerin iletim fonksiyonu
F_1	Asit hacimsel debisi
F_2	Baz hacimsel debisi
$G(s)$	Laplace cinsinden genel iletim fonksiyonu
$G_c(s)$	Kontrol edici iletim fonksiyonu
$G_d(s)$	Yük değişkeninin iletim fonksiyonu
$G_m(s)$	Müdahale edilen değişkenin iletim fonksiyonu
$G_p(s)$	Son kontrol elemanının iletim fonksiyonu
$G_{pc}(s)$	Kontrol edicinin iletim fonksiyonu
τ	Tamsayı cinsinden ölü zaman (dk)
K_c	Kontrol edici kazancı
K_a	Asitlik sabiti
K_{su}	Suyun çözünürlük çarpımı
M	Molar (mol/L)
MV(s)	Müdahale edilen değişken
N	Model denkleminin mertebesi
pH	Hidrojen iyonu derişiminin negatif logaritması
pK_a	Asitlik çarpımının negatif logaritması
SP	İstenen değer
t	Zaman (dk)
$T_p(s)$	Kontrol değişkeninin ölçülen değeri ve tahmini değeri arasındaki fark

τ_I İntegral zaman sabiti

θ_m Ölü zaman

u(t) Kontrol edici çıktısı

V Volt

x_a Asit dönüşüm oranı

x_b Baz dönüşüm oranı

X(s) Laplace cinsinden genel giriş değeri

X(t) Zaman cinsinden genel giriş değeri

ysp(t) İstenen çıkış değeri

y(t) Gerçek çıkış değeri

Y(s) Laplace cinsinden genel çıkış değeri

Y(t) Zaman cinsinden genel çıkış değeri

KISALTMA LİSTESİ

GKR	Geri karışmalı reaktör
P	Oransal kontrol
PB	Oransal bant
PI	Oransal – integral kontrol
PID	Oransal – integral – türevsel kontrol
PV	Proses değişkeni

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Geri beslemeli sıcaklık üzerinde gösterimi [10]. 5
Şekil 2. 2 Geri beslemeli sıcaklık kontrolünün blok diyagramı [10]. 5
Şekil 2. 3 İki giriş akımlı gerikarışmalı reaktör. 9
Şekil 2. 4 Fosforik asitin titrasyon eğrisi [12]. 10
Şekil 2. 5 Visual Basic 6.0'dan bir ekran görüntüsü 11
Şekil 2. 6 Başlat düğmesine basıldıktan sonra aktif olan Durdur düğmesi 11
Şekil 2. 7 Programdaki grafik arayüzünün görüntüsü 12
Şekil 2. 8 Gerçek pH değerini gösteren ve pH çizgisi aktif eden bölüm 12
Şekil 2. 9 pH Set değerini gösteren ve pH Set çizgisi aktif eden bölüm 12
Şekil 2. 10 Ayarlar düğmesi 13
Şekil 2. 11 Ayarlar menüsü 13
Şekil 2. 12 Doğru port bulunduğunda pH değerini gösterdi ekran 13
Şekil 2. 13 pH Set değerinin 15 girildiğinde ekrana gelen uyarı 13
Şekil 2. 14 Geliştirilen programın son görüntüsü 14
Şekil 2. 15 Deney düzeneği 16
Şekil 2. 16 Bilgisayarın yazıcı çıkışını röleye ve kontrol vanalarına bağlayan 16
Şekil 3. 1 Birinci dereceden bir sistemin birim adım değişimine verdiği cevap 18
Şekil 3. 2 Zamanla asit eklenmesiyle elde edilen grafik (a), zamanla asit+saf su eklenmesiyle elde edilen grafik (b) 19
Şekil 3. 3 Zamanla baz eklenmesiyle elde edilen grafik (a), zamanla baz+saf su eklenmesiyle elde edilen grafik (b) 20
Şekil 3. 4 Blok Diyagramı 21
Şekil 3. 5 Set değeri değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol) ... 22
Şekil 3. 6 Set değeri değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol) ... 22
Şekil 3. 7 Distürbans değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol) .. 23
Şekil 3. 8 Distürbans değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol) .. 24
Şekil 3. 9 Kp=10 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı 24
Şekil 3. 10 Kp=20 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı 25
Şekil 3. 11 Kp=30 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı 25

Şekil 3. 12 Kp=40 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı 25
Şekil 3. 13 Kp=50 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı 26
Şekil 3. 14 Kp=10 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı . 26
Şekil 3. 15 Kp=20 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı . 26
Şekil 3. 16 Kp=30 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı . 26
Şekil 3. 17 Kp=40 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı . 27
Şekil 3. 18 Kp=50 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı . 27
Şekil 3. 19 Sistemin Fotoğrafı 27
Şekil 3. 20 Set değeri değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol) .. 28
Şekil 3. 21 Set değeri değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol) .. 29
Şekil 3. 22 Distürbans değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol) . 29
Şekil 3. 23 Distürbans değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol) . 30
Şekil 3. 24 Kp=30 τ=50 Ki=0.6 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 31
Şekil 3. 25 Kp=30 τ=100 Ki=0.3 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 31
Şekil 3. 26 Kp=30 τ=300 Ki=0.1 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 31
Şekil 3. 27 Kp=30 τ=500 Ki=0.06 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 32
Şekil 3. 28 Kp=30 τ=600 Ki=0.05 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 32
Şekil 3. 29 Ki=0.3 Kp=10 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 32
Şekil 3. 30 Ki=0.3 Kp=20 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 33
Şekil 3. 31 Ki=0.3 Kp=40 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 33
Şekil 3. 32 Ki=0.3 Kp=50 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı 33
Şekil 3. 33 Kp=30 τ=50 Ki=0.6 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 34
Şekil 3. 34 Kp=30 τ=100 Ki=0.3 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 34
Şekil 3. 35 Kp=30 τ=300 Ki=0.1 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 34
Şekil 3. 36 Kp=30 τ=500 Ki=0.06 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 34
Şekil 3. 37 Kp=30 τ=600 Ki=0.05 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 35
Şekil 3. 38 Ki=0.06 Kp=10 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 35
Şekil 3. 39 Ki=0.06 Kp=20 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 36

Şekil 3. 40 Ki=0.06 Kp=40 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 36
Şekil 3. 41 Ki=0.06 Kp=50 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı 36

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Oransal, integral ve türevsel parametrelerin bağımsız olarak arttırılmasındaki etkileri [11]……..8

ÖZET

BİLGİSAYAR TABANLI PH KONTROLÜ İÇİN KONTROL ALGORİTMASI VE KONTROLÜN OPTİMİZASYONU

Gizem AKIN

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mesut Akgün

Sistemlerin kontrolü, bütün mühendislik dallarının ortak olarak kullandığı bir konudur. Bu sistemlerden sadece biri olan, çoğu kimyasal süreçte pH kontrolü çok önemlidir. Özellikle doğrusallıktan sapma eğilimi gösteren pH'ın kontrolünde, oluşabilecek sapma ve hatalara zamanında müdahale edebilmek için kullanılan sistemlerin en iyi şekilde optimizasyonunun sağlanması ve bunun için uygun bir arayüze sahip olması gerekmektedir. Bu çalışmada pH kontrolü amacıyla Visual Basic 6.0 programlama dili ile geliştirilen yazılımın, istenilen ihtiyaçları karşılaması için araştırmalar yapılmıştır.

Deneylerde oda koşullarındaki 0.1M fosforik asit (H_3PO_4) ve 0.1M sodyum hidroksit (NaOH) çözeltilerinin, 2 litre hacmindeki sürekli karıştırmalı akışlı reaktörde bir araya getirilmesi suretiyle, pH'ın kontrolü ve bu kontrole göre P, PI kontrol algoritmaları hesaplanarak optimizayonunun sağlanması için deneyler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: pH kontrolü, bilgisayar tabanlı kontrol, proses kontrol

ABSTRACT

COMPUTER BASED PH CONTROL ALGORITHM AND OPTIMIZATION OF CONTROL

Gizem AKIN

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Mesut AKGÜN

Control of systems is an issue used by all engineering disciplines as common. Only one of these systems, pH control is important in many chemical processes. Especially in the control of pH tends deviation from linearity of the system used to be able to intervene in time to deviations and errors that can occur to ensure the best possible optimization and must have a suitable interface for it. For the purposes of this study, pH control software developed in Visual Basic 6.0 programming language is made for research to meet the desired needs.

Experiments in room conditions in 0.1M phosphoric acid (H_3PO_4) and 0.1M sodium hydroxide (NaOH) solutions, by bringing together in a continuous stirred tank flow reactor of 2 liter volume, done experiments to provide pH control according to the control P, PI control algorithms calculated for optimizing.

Keywords: pH control, computer -based control, process control

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE ENGINEERING AND TECHNOLOGY

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

pH kontrolü kimyasal proses endüstrisinde karşılaşılan klasik ve zor, doğrusal olmayan bir kontrol problemidir. Laboratuvar ölçekli pH kontrol sistemleri birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir.

Gustafsson (1985) [1] pH kontrol çalışmasında bahsedildiği üzere; sülfirik asit-sodyum karbonat reaksiyon sisteminin kullanıldığı sabit kontrol metodunu geliştirdi. Aynı kimyasal sistem, Hall ve Seborg (1989) [2] ile Girardot (1989) [3] tarafından da; iki tanklı nötralizasyon sistemi halinde sabit kontrol reaksiyonunu kullanarak çalışıldı.

Buchholt ve Kummel (1979) [4] çalışmalarında; kuvvetli asit ve kuvvettli baz için uyarlanabilir optimize PI geribeslemeli kontol sistemini kullandı.

Williams ve arkadaşları (1990) [5] model tabanlı kontrol ile; şehir atık suyu içinde karışmış halde bulunan bilinmeyen konsantrasyonlu sülfürik asit, hidroklorik asit, asetik asit, sodyum asetat, sodyum hidroksitin pHını inceledi.

Bu makalelerdeki sonuçlardan da görülebildiği üzere pH kontrolü farklı kimyasal sistemler, konsantrasyon seviyeleri ve fiziksel proses ekipmanlar kullanılmadığı takdirde zordur. Genel olarak, bütün bu araştırmalar pH kontrol süreçlerindeki karşılaşılan zorlukları göstermektedir.

1.2 Tezin Amacı

Bilindiği üzere kontrol sistemleri neredeyse tüm mühendislik alanlarında kullanılan çok geniş bir kavramdır. Böyle düşünüldüğünde kontrol sistemleri için kontrolör tasarımı oldukça önemli bir hal almaktadır. Özellikle tıbbi, askeri ve hayati tehlike oluşturabilecek diğer alanlarda hata oranının sıfıra yakın olması gerekir. Bu durumda kontrolörlerin en iyi şekilde tasarlanması ve katsayılarının bu şekilde belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Sistemlerin kontrolü, bütün mühendislik dallarının ortak olarak kullandığı bir konudur. Bu yüzden kontrol sistemleri tüm mühendislik alanlarının farklı çeşitlerde üretim yapmasına olanak sağlar ve bu ürünlerin maksimum performans vermesinde önemli rol oynar.

Çoğu kimyasal süreçte pH kontrolü çok önemlidir. Bunlara; atık su, kazan besleme suyu, ısı değiştirici suyu, soğutma kulesi suyu tasfiyesi, türlü kimyasal ve biyoteknolojik tepkimeler, petrokimya, gıda, ilaç, maden, dokuma sektörleri, koagülasyon, çöktürme, elektrohidroliz olayları örnek olarak gösterilebilir. Yukarıdaki örneklerin çoğunda kabul edilebilir pH aralığı çok dardır ve sıkı bir kontrol sağlanması gereklidir [6].

1.3 Orijinal Katkı

Sunulan çalışmada temel olarak bir yazılım geliştirilmiştir. Sürekli akımlı karıştırmalı bir kabın içerisindeki suyun pH'ının kontrolünün sağlanması için Visual Basic programı ile geliştirilen yazılım daha sonra P (oransal) kontrol ve PI (oransal-integral) kontrol hesaplamaları mathcad programı yardımı ile yapılarak ve bu hesaplamalar Visual Basic'te geliştirilen programa eklenip, sistemin optimizasyonunun sağlanması için Ki ve Kp farklı değerler alınarak denenmiştir.

BÖLÜM 2

PROSES KONTROLÜNE GENEL BAKIŞ

Proses, yerine getirilmesi gereken bir görevin uygulanmasına yönelik, her aşaması farklı işlemler içeren, birbirine bağlı işlemlerin, birbirinden etkilenen aşamalar halinde olan bir işlemler bütünüdür. Herhangi bir prosesin verimliliğine iç veya dış bir takım etkenler etki eder. Bu etkenler Proses Değişkenleri olarak tanımlanır. Kimyasal ve fiziksel proses değişkenlerine örnek olarak sıcaklık, basınç, debi, pH, konsantrasyon, seviye, vb. gibi bir takım parametreleri sayabiliriz.

Bir kontrol sistemi seçilirken, sistemin hızı, cevap verme süresi, hassasiyet, tolerans gibi karakteristik davranış özellikleri incelenir ve bu değerlere göre seçim yapılır. Kontrol sistemlerine ait algoritmaları açık ve kapalı döngülü sistemlere ait kontrol algoritmaları olarak iki ana başlıkta incelenebilir. Kapalı ve açık devre kontrol algoritmaları arasında temel farklılıklar bulunmaktadır. Açık devre kontrol sisteminde kontrol edilen parametre ile ilgili ayarlama yapılır ancak ayarlanılan bu değerle ilgili herhangi bir ölçme, değerlendirme veya düzeltme yapılmaz. Başka bir deyişle çıkış büyüklüğünde meydana gelebilecek olası bir hata anında giriş değişkeninin herhangi bir düzeltici, telafi edici fonksiyonu yoktur. Bu olumsuz durum sebebiyle endüstriyel kontrol sistemlerinde açık döngülü algoritmalar genellikle tercih edilmezler. Kapalı devre kontrol algoritmalarında ise ayarlanılan değerle ilgili sürekli ölçmeler yapılarak istenilen çıkış değerinin kontrol edilmesi ve sabit kalması, yani hatanın kısa bir sürede telafi edilmesi sağlanır. Kapalı döngülü kontrol algoritmaları, bu olumlu ve düzeltici karakteristikleri nedeniyle endüstriyel çalışmalarda çok geniş kullanım alanları bulmaktadır [7]. Kontrol sistemlerinde oransal (P), integral (I) ve türevsel (D) olarak 3 farklı tip temel denetleyici kullanılmaktadır.

2.1 Otomatik Kontrol Biçimleri

Otomatik kontrol, bir sistemde bir veya birden fazla parametrenin ölçülmesi ve bu ölçülen parametrenin arzu edilen bir değerde, amaca uygun bir şekilde sabit tutulmasını sağlamaktır.

2.1.2 Açık-kapalı (On-Off) kontrol

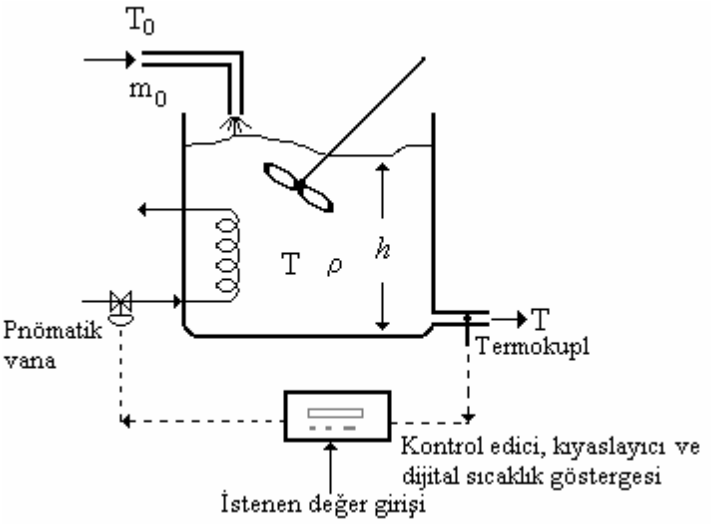
Cihazı set değeri üstünde ya da altında ayar değişkeni tümüyle kapatılır ya da açılır. Bu kontrolde kontrol altında tutulan eğişken sürekli salınım halindedir. İstenilen değerler için açma, üstündeki değerler için ise kapama yapılır.

2.1.2 Geri Beslemeli Kontrol

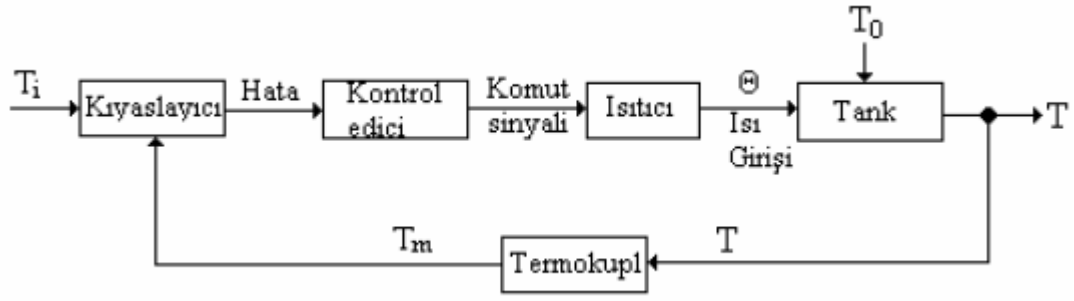
Kapalı çevrim denetim sisteminde çıkış değişkeni, ölçme elemanı ile ölçülür ve ölçme büyüklüğü girişe geri beslendikten sonra referans bir değer ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda hata sinyali elde edilir, hata sinyalinin yapısına ve denetlenen çıkış değişkenine uygun bir denetim sinyali üretilir. Bu kapalı sisteme geri beslemeli kontrol sistemi denir[8].

Geri beslemeli kontrol düzeneklerine örnek olarak; oda sıcaklığına bağlı ısıtma ya da soğutma düzeneği, su sıcaklığına bağlı kullanım suyu ısıtma düzeneği, basınç ölçümüne bağlı pompalama düzeneği, yağmur şiddetine bağlı silecek düzeneğini verebiliriz.

Bu tip kontrolün eksik yanı kontrol hareketinin, referans değerden sapma olana kadar başlamamasıdır. Ancak sapma belirlendiği anda kontrol düzeneği bunu yok etmek için etki eder. Bu durum, en küçük değişimlere bile tahammülü olmayan bazı sistemlerde büyük zarara neden olabilir, ve müdahalede çok geç kalınmış olabilir. Yük değişkenin meydana geldiği andan itibaren, yük değişkenlerinin etkisinin tespit edilip kontrol edici tarafından bir düzeltme komutunun verilmesine kadar geçecek olan bu gecikmeye “ölü zaman” olarak adlandırılır. Bu kontrol yöntemi deneme-yanılma yöntemiyle çalıştığından denge konumundan pozitif veya negatif ayrılmalar görülür. Geri beslemeli kontrolün tipik bir dalgalanma eğilimi vardır [9].



Şekil 2. 1 Geri beslemeli sıcaklık üzerinde gösterimi [10].



Şekil 2. 2 Geri beslemeli sıcaklık kontrolünün blok diyagramı [10].

2.1.3 Oransal (P) kontrol edici

Hata miktarına ve Kp katsayısına bağlı olarak oransal kontrol, denetleyici çıkışını üretir. Sistemin statik doğruluğunu ve dinamik cevabını artırır. Hatanın ve oransal kontrol katsayısının doğrudan fonksiyonudur. Kontrol edici çıktısı o andaki hata değeri ile bir kazanç değerinin çarpımıyla hesaplanır.

Hata azaldıkça daha düşük bir kontrol etkisi gösteren P kontrol, çıktının referansa hafif bir şekilde yaklaşması sağlar böylelikle aç/kapa kontrolde oluşan salınım etkisi gözlemlenmez. Fakat bu durumda kontrol etkisi çok zayıflayacağından belirli bir değerin altında kontrol sinyalinin bağlandığı tahrik sisteminin sisteme etkisi çok zayıflayacak ve sistem çıktısı referans asla tam ulaşamaz. Bu farka da ofset denir ve oransal bant küçültülerek ofset

azaltılabilir fakat bu da bir yerden sonra kontrol sisteminin aç/kapa kontrol gibi davranmasına neden olur.

$$u\ t\ = MV\ t\ = K_p e\ t\ + V_0 \tag{2.1}$$

K_p: Oransal kazanç

e: $Hata = SP - PV$

t: Zaman ya da anlık zaman (şimdiki)

V_0: Ofset düzeltme parametresi

Hatanın sabit değeri için sabit denetleyici çıkışı üretilir. Hatanın devam etme durumunda kontrol çıkışı değişmez.

2.1.4 Oransal – integral (PI) kontrol edici

Oransal kontrolde oluşan sapmayı azaltmak veya ortadan kaldırmak için kontrol cihazı integral alıcı devre kulanılır. Ölçülen değer ile set edilen değer arasındaki fark sinyalinin zamana göre integrali alınır. Bu integral değeri, fark değeri ile toplanır ve oransal bant kaydırılmış olur.

Bu şekilde sisteme verilen enerji otomatik olarak artırılır veya azaltılır, bunun sonucunda proses değişkeni set değerine oturtulur.

Kontrolör çıktısı:

$$u\ t\ = MV\ t\ = K_p e\ t\ + K_i \int_0^t e\ t_i\ dt_i \tag{2.2}$$

Set değeri (SP) ile gerçek ölçüm değeri (PV) arasındaki fark e hata yada sapma değeri kontrol çıkışını verir.

e: $Hata = SP - PV$

K_p: Oransal kazanç

K_i: Integral kazanç

t: Zaman ya da anlık zaman (şimdiki)

τ: Entegrasyon değişkeni, zaman 0 ′dan t zamanına kadar ki değerleri alır

2.1.5 Oransal – integral – türevsel (PID) kontrol edici

Oransal (P), Oransal türevsel (PD), Oransal integral (PI) kontrolün yeterli gelmediği, karmaşık proseslerde Oransal İntegral Türevsel (PID) kontrol sistemleri devreye girer. Oransal kontrolde ofset integral algoritmasıyla istenen değerin çok üzerine çıkılması veya altına inilmesi ise türev algoritması ile giderilir.

PID kontrol çıktısı oransal, integral ve türevsel terimlerin toplamının hesabıdır. Bu değişkenlerin toplamına ayarlanmış değişken (MV) dersek, kontrolör çıkışı olarak da u(t) tanımlanırsa, PID algoritmasının son şekli şu şekildedir:

$$u\ t\ = MV\ t\ = K_p e\ t\ + K_i\ \int_0^t e\ t_i\ dt_i + K_d \frac{de(t)}{dt} \tag{2.3}$$

K_p: Oransal kazanç

K_i: Integral kazanç

K_d: Turevsel kazanç

e: $Hata = SP - PV$

t: Zaman ya da anlık zaman (simdiki)

τ: Entegrasyon değişkeni, zaman 0 ′dan t zamanına kadar ki değerleri alır

Eşdeğer, PID kontrol Laplace transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$L\ s\ = K_p + K_i\ \frac{1}{s} + K_d s \tag{2.4}$$

s: karmaşık sayı frekansı

Çizelge 2. 1 Oransal, integral ve türevsel parametrelerin bağımsız olarak arttırılmasındaki etkileri [11]

Parametre	Yükselme Zamanı	Aşma	Yatışma Süresi	Kararlı Hal Hata	Kararlılık
K_p	Azalır	Artar	Az değişim	Azalır	Bozulur
K_i	Azalır	Artar	Artar	Giderilir	Bozulur
K_d	Az değişim	Azalır	Azalır	Teoride etki etmez	K_d küçük ise düzelir

2.1 pH 'ın Tanımı ve Gerikarıştırmalı pH Nötralizasyon Reaktörünün Modellenmesi

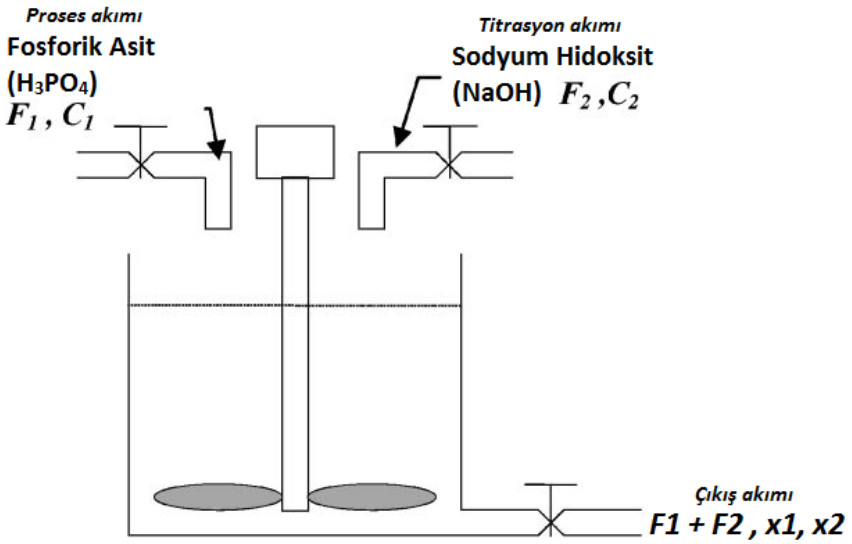
pH bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimidir. Bir maddenin pH değeri hidrojen iyonu [H^+] ile hidroksil iyonunun [OH^-] derişimlerinin oranına direk bağlıdır. Eğer H^+ derişimi OH^- derişiminden fazla ise çözelti asidik; yani pH değeri 7'den düşüktür. Eğer OH^- derişimi H^+ derişiminden fazla ise bazik; yani pH değeri 7'den büyüktür. Eğer OH^- ve H^+ iyonlarından eşit miktarlarda mevcutsa, madde 7 pH değerine sahip olmak üzere nötrdür.

pH teriminde p; eksi logaritmanın matematiksel sembolünden, ve H ise Hidrojenin kimyasal formülünden türetilmişlerdir. pH tanımı Hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritması olarak verilebilir pH = -log[H^+].

Yiyecek ve içecek endüstrilerinde, kimyasal, petrokimasal, ilaç, güç ve tekstil endüstrilerinde pH ölçümü ve kontrolü prosesin verimliliği ve ürün kalitesi açısından önemli birer ölçüttürler.

pH prosesi asidik ve bazik iki tepkenin tam karışma varsayımı ile nötralizasyonu olarak düşünülebilir. Buradaki pH prosesinde bunlardan birincisi bir zayıf asit olan fosforik asit (H_3PO_4), ikincisi ise bir kuvvetli baz olan sodyum hidroksittir (NaOH). Fosforik asit bir poliprotik asittir bu sebeple birden fazla asidik hidrojeni ihtiva etmektedir. Gerikarışmalı

reaktörün (GKR) akımları proses giriş akımı ve titrasyon giriş akımı ve bunların kütlece toplamından ibaret olan çıkış akımıdır (Şekil 2.3).



Şekil 2. 3 İki giriş akımlı gerikarışmalı reaktör.

$$H_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow H_2PO_4^- + H_3O^+ \qquad K_{a1} = \frac{H_2PO_4^-\ H_3O^+}{H_3PO_4} = 7.5x10^{-3} \tag{2.5}$$

$$H_2PO_4^- + H_2O \leftrightarrow HPO_4^{-2} + H_3O^+ \qquad K_{a1} = \frac{HPO_4^{-2}\ H_3O^+}{H_2PO_4^-} = 6.23x10^{-8} \tag{2.6}$$

$$HPO_4^{-2} + H_2O \leftrightarrow PO_4^{-3} + H_3O^+ \qquad K_{a1} = \frac{HPO_4^{-2}\ H_3O^+}{HPO_4^{-2}} = 2.2x10^{-13} \tag{2.7}$$

Kütle dengesi (Toplam fosfat):

$$H_3PO_{4\ başlangıç} = H_3PO_4 + H_2PO_4^- + HPO_4^{-2} + HPO_4^{-2} \tag{2.8}$$

Elektronörtlük (yükleme dengesi):

$$Na^+ + H_3O^+ = H_2PO_4^{-1} + 2\ HPO_4^{-2} + 3\ PO_4^{-3} + OH^- \tag{2.9}$$

Konsantrasyonlar yük dengesi ile çarpılır, örneğin buradaki yük dengesi eşitliğinde konsantrasyon bir fosfat iyonunun taşıdığı -3 yük ile çarpılır.

Su ayrılma (auto-ionization) eşitliği:

$$2H_2O \leftrightarrow OH^- + H_3O^+ \tag{2.10}$$

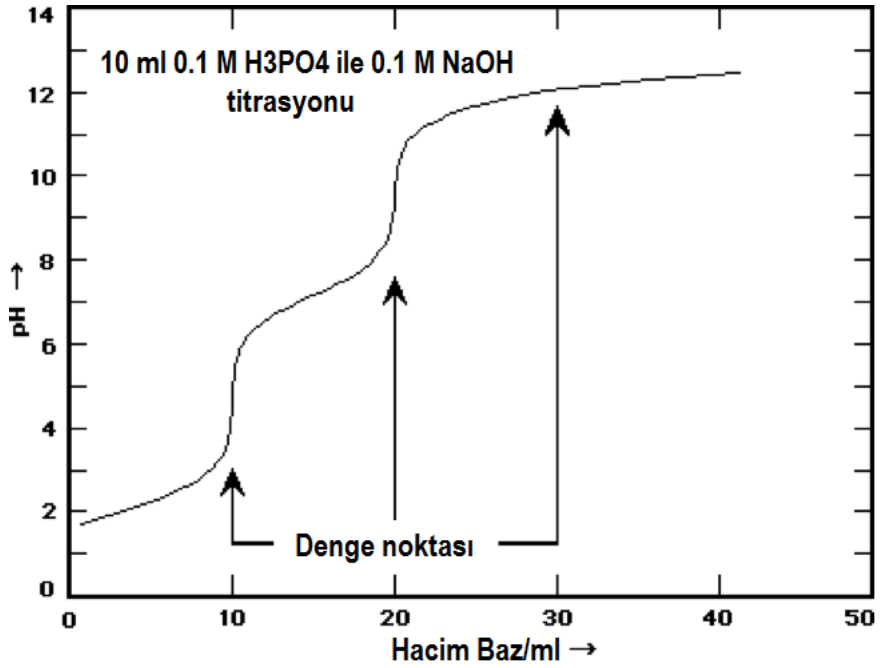
$$K_s = OH^-\ H_3O^+ = 1.0x10^{-14} \tag{2.11}$$

Dihidrojen fosfattaki fosforik asitin yüzde konsantrasyonu her pH 'ta aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$\frac{H_3PO_4}{H_2PO_4^-} = \frac{H_3O^+}{K_{a1}} \qquad (2.12)$$

pH sistemi dizaynında ilk adım, proses sıcaklığında ve yeterli datalar ile titrasyon eğrisi oluşturmaktır. Titrasyon eğrisi pH kontrol sistemlerinin dizaynında, çalıştırılmasında ve çalışma sırasında çıkan sorunları çözmede tek başına en önemli bilgilerin başında gelir.

10 ml 0.1M NaOH, 0.1M fosforik asit titrasyonu için teorik bir titrasyon eğrisi:



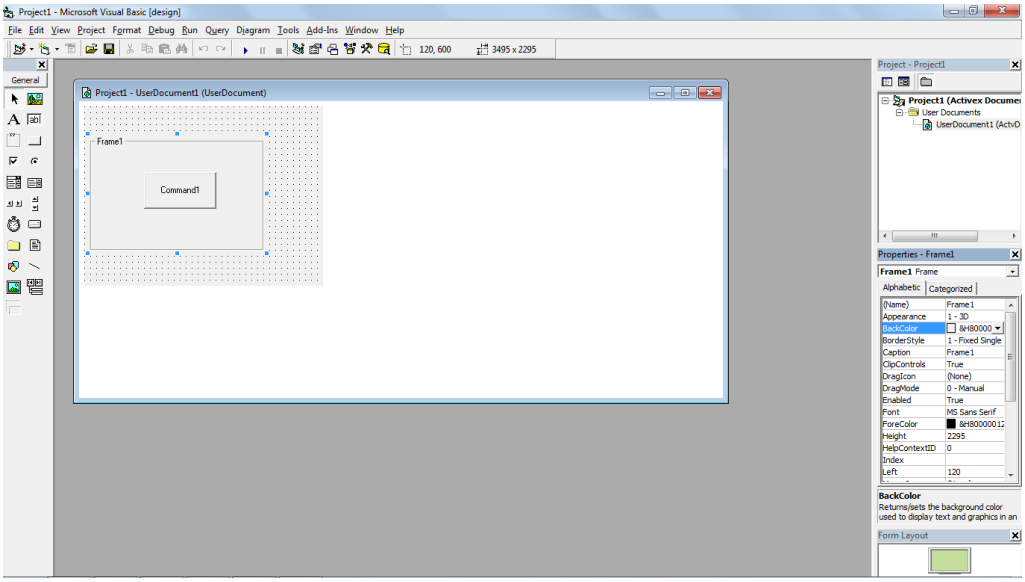
Şekil 2. 4 Fosforik asitin titrasyon eğrisi [12].

İlk asit ve baz konsantrasyonları eşit ve ilk asit hacmi 10 ml olduğundan, ilk denklik noktası 10 ml baz ilave edildiğinde görülür. Grafikten 20 ml baz ilavesiyle denklik noktası açıkça görülür. Ama üçüncü denklik noktası (30 ml baz ilavesi ile) belirgin değildir [12].

2.2 TASARLANAN pH KONTROL SİSTEMİ ARAYÜZÜ

Programın arayüz tasarımı için Visual Basic programlama dili tercih edilmiştir. Visual Basic Microsoft firması tarafından Basic programlama dili üzerinde geliştirilmiş, olay

yönlendirmeli, üst seviye nesne tabanlı ve görsel bir programlama dilidir. En önemli özelliği Windows ile tam uyumlu olmasıdır. Bu çalışmada Visual Basic 6.0 kullanılmıştır [13].



Şekil 2. 5 Visual Basic 6.0'dan bir ekran görüntüsü

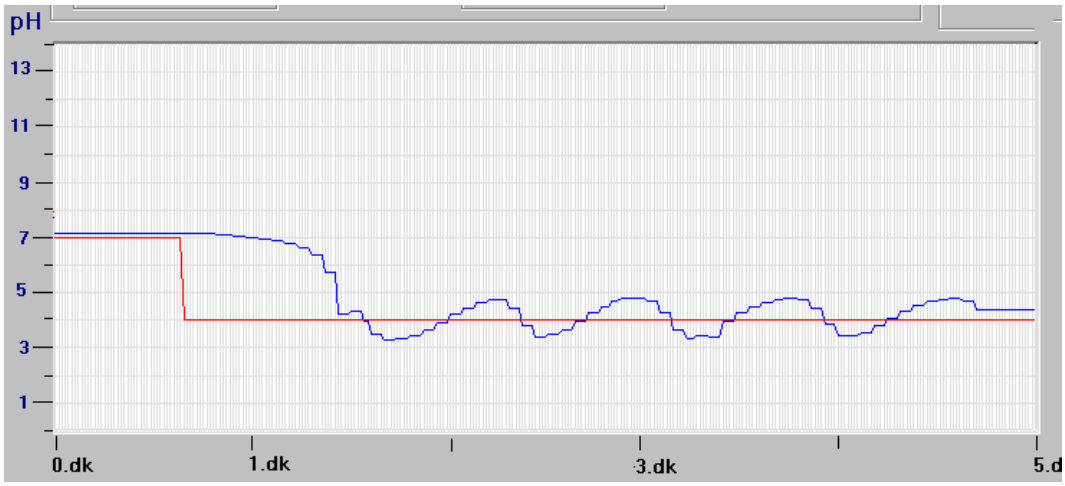
- **Başlat düğmesi:** pH ölçerden sinyallerin alınmasını ve alınan verilerin kaydedilmesini sağlamaktadır.
- **Çıkış düğmesi:** Programdan çıkmak ve sistemin döngülerini sonlandırmak için kullanılmaktadır.
- **Dur düğmesi:** Sistemin kontrol çevrimini durdurmakta ve alınan kayıtları sonlandırmaktadır.



Şekil 2. 6 Başlat düğmesine basıldıktan sonra aktif olan Durdur düğmesi

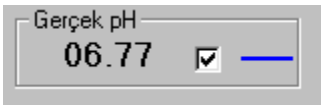
- **Detay düğmesi:** Fonksiyon sabitleri, fonksiyon değişkenleri ve sisteme özgü değişkenleri içeren bir ekranı açmaktadır.
- **Parametre Değiştirme düğmesi:** Kp, Kd, Ki, değişikliğini sağlabileceğimiz bir ekran açmaktadır.
- **Kontrol Tipi düğmeleri:** P, PI veya PID kontrollerini başlatmaktadır.
- **Gerçek pH ekranı:** Sistemden alınan dinamik pH veriler anlık ekrana yansıtmaktır.

- **Set düğmesi:** Set kutusuna yazılan değeri, set değeri olarak atamaktadır.
- **Grafik:** Zamana göre pH verilerini çizen eş zamanlı bu grafikte, hem set değerleri hem de pH değerleri birlikte gözlenebilmektedir. Grafik sistemin son 300 saniyesini göstermektedir. Alınan verileri saklamakta ve sürekli kendini yenileyerek eş zamanlı çalışmaktadır.



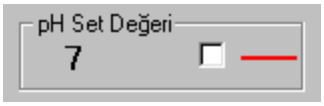
Şekil 2. 7 Programdaki grafik arayüzünün görüntüsü

- **pH kutusu:** Grafik arayüzüne bağlı olan bu kutu işaretliyken grafikte pH eğrisini göstermekte. İşaretli olmadığında ise pH eğrisini grafikten kaldırmaktadır. (Otomatik işaretlidir)



Şekil 2. 8 Gerçek pH değerini gösteren ve pH çizgisi aktif eden bölüm

- **pH Set kutusu:** Aynı pH kutusundaki çalışma prensibiyle çalışmaktadır. İşaretliyken pH set eğrisini göstermekte, kaldırıldığında ise grafikte göstermemektedir. (Başlangıçta işaretli değildir.)



Şekil 2. 9 pH Set değerini gösteren ve pH Set çizgisi aktif eden bölüm

- **Ayarlar:** Farklı sistemlerde çalışma imkanı sağlayan, programın verilerini hangi porttan alacağının ayarlandığı menüyü getiren düğme.

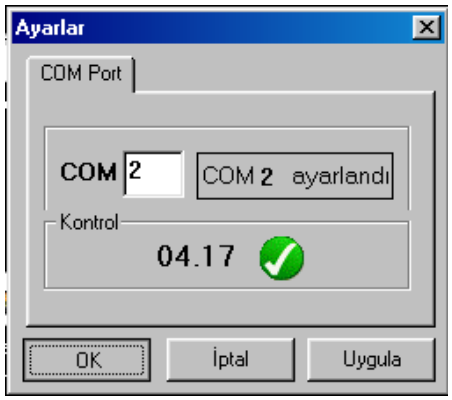


Şekil 2. 10 Ayarlar düğmesi

- **Ayarlar Menüsü:** Programa gelen verilerin hangi porttan alacağının ayarlandığı menü. Uygula tuşuna basıldığında sisteme veri girişi olduğu doğru portu bulduğu anda kontrol kısmında ölçülen pH değeri onay işaretiyle ekrana getirilmektedir.

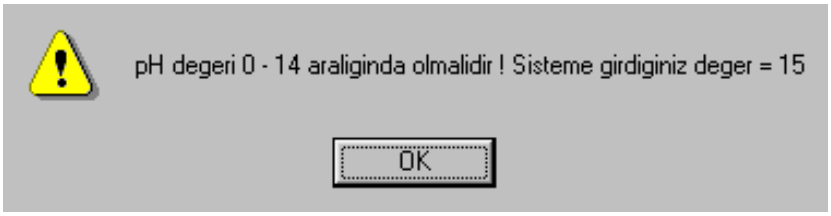


Şekil 2. 11 Ayarlar menüsü

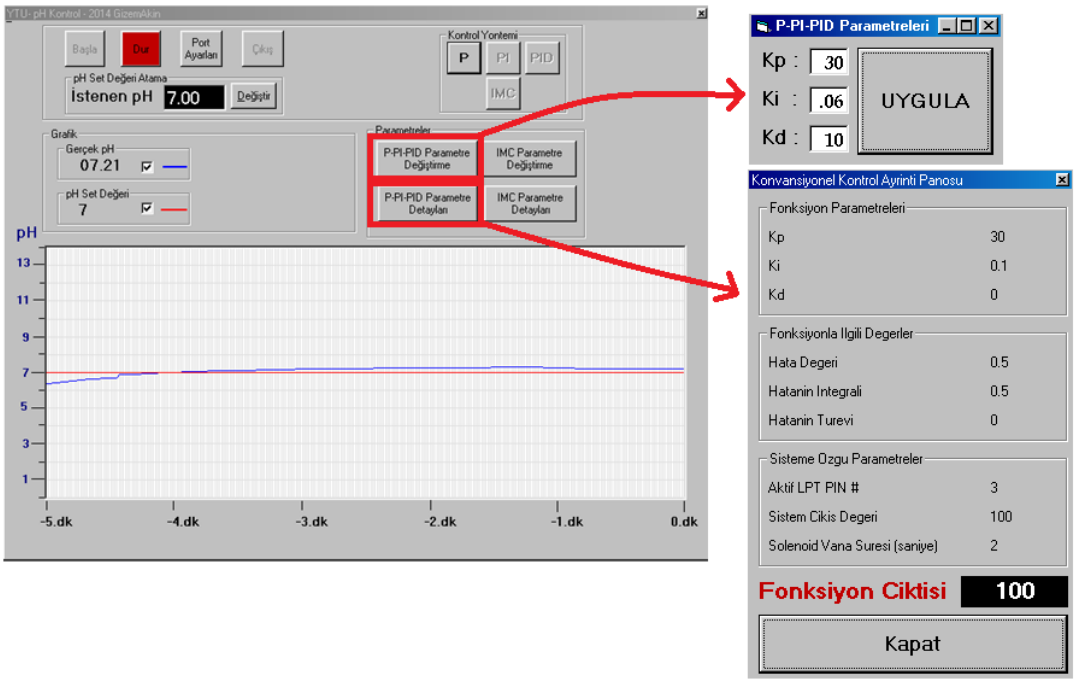


Şekil 2. 12 Doğru port bulunduğunda pH değerini gösterdi ekran

- **Yanlış değer uyarısı:** pH set ve kritik nokta uyarısı için girilen değerlerinin pH 0-14 aralığında olmaması durumunda değerleri sisteme giriş yapmayıp ardından uyarı vermesini sağlayan sistem.



Şekil 2. 13 pH Set değerinin 15 girildiğinde ekrana gelen uyarı



Şekil 2. 14 Geliştirilen programın son görüntüsü

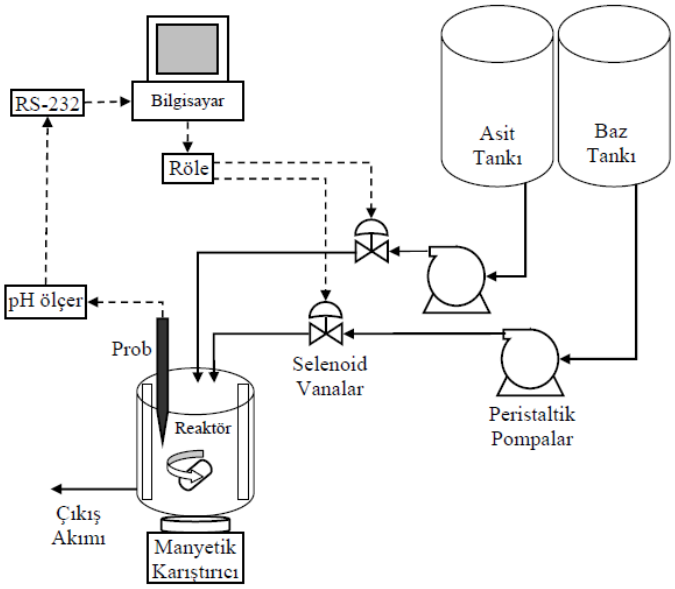
2.3 GELİŞTİRİLEN ARAYÜZÜN KONTROL SİSTEMİNDE TESTİ

2.3.1 Deney Düzeneği

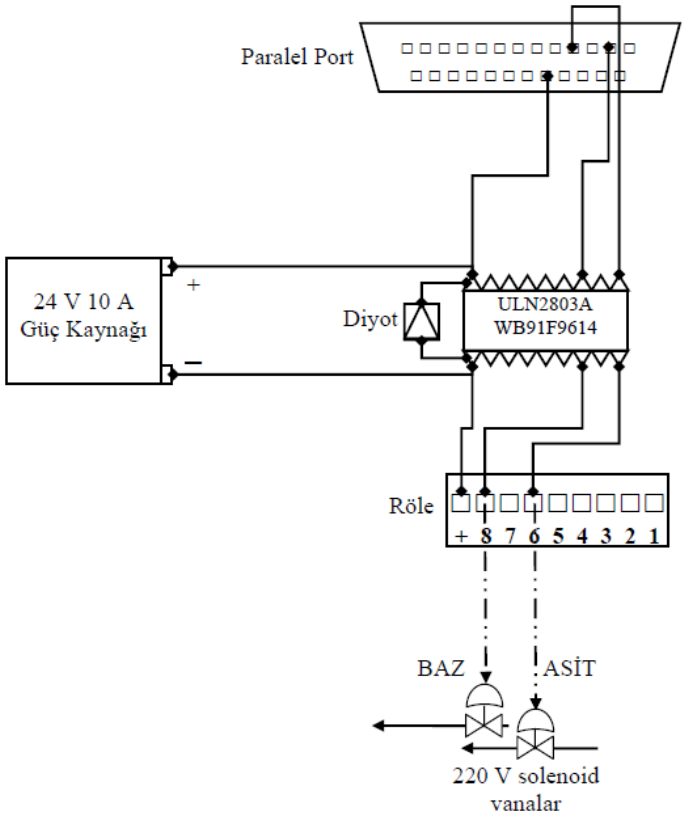
Çalışmada 0.005N H_3PO_4 ile 0.005N NaOH kullanılmıştır. Deneyler ortalama 20^oC sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Geri karıştırmalı cam reaktöre engeller monte edilmek suretiyle pratikçe tam karıştırma sağlanmıştır.

Asit ve baz çözelti tanklarından dozaj pompalarıyla belirli debilerde çekilen çözelti akımları, normalde kapalı solenoid vanalar vasıtasıyla bilgisayar kontrolü altında reaktöre beslenmiştir. Manyetik karıştırıcı ile karıştırılan kaba daldırılmış cam elektrod, kap içerisindeki sıvı karışımın iletkenliğini pH ölçere iletir. 4-20 mA çıkışlı pH ölçerde değerlendirilen pH bilgisi RS-232 bağlantısıyla bilgisayara ulaştırılmıştır. Kontrol amacıyla kullanılan yazılım, pH bilgisini alarak gerekli hesaplamaları yapar ve paralel port yoluyla kontrol sinyallerini önce özel olarak hazırlanmış bütünleşik devreye ulaştırılmıştır. Bütünleşik devre, 24 A güç kaynağından enerji almaktadır. Devreden geçen kontrol komutları, bağlantılarla röleye iletilmektedir. Rölenin sekiz adet çıkışından ikisinin, asit ve baz hatlarının üzerindeki solenoid vanalara açma – kapama komutları iletmesi suretiyle kontrol gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar süresince asit ve baz çözeltileri besleme hızı 100'er mL/dk'da sabit tutulmuş ve yalnızca solenoid vanalar vasıtasıyla kontrol yapılmıştır.

Kontrol yazılımları Microsoft Visual Basic 6.0 programlama dillerinde hazırlanmıştır [6]. Deney düzeneğinde Intel Celeron 1200 işlemcili bilgisayar, ADAM marka röle, Heidolph marka MR3000 model maksimum 1250 devir/dakika manyetik karıştırıcı ve manyetik balık, asit ve baz tanklarından vanalara su taşınması için 2 adet Ismatec marka MCP – Z Standard model seri porttan da kontrol edilebilen peristaltik dozaj pompası, 2 adet ¼ inç 220 V standart Tork marka solenoid vana ve Yıldırım marka 24 V 10 A regülatörlü doğru akım güç kaynağı kullanılmıştır. Röle ile bilgisayar arasındaki elektronik devre ve bağlantılar YTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında özel olarak hazırlanmıştır ve Şekil 2.16' da gösterilmektedir [6].



Şekil 2. 15 Deney düzeneği



Şekil 2. 16 Bilgisayarın yazıcı çıkışını röleye ve kontrol vanalarına bağlayan elektronik devrenin şematik gösterimi.

BÖLÜM 3

SONUÇ VE ÖNERİLER

3.1 SONUÇLAR

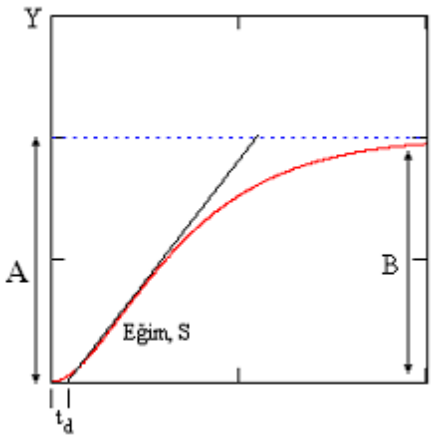
3.1.1 P Kontrol Algoritmasıyla Kontrol

Transfer fonksiyonları elde etmek için öncelikle manuel olarak ölçümler alınmıştır. Manuel olarak yapılan deneylerde, sabit hacimli geri karıştırmalı akışlı bir sisteme asit ve baz eklemesine karşın oluşan pH değişimlerini görmek amacıyla asit, baz, distürbans etkisini görmek amacıyla ise asit ve saf su, baz ve saf su eklemeleri ayrı ayrı yapılarak, zamanla olan pH değişimi ölçülmüş bunun sonucunda Mathcad programı yardımıyla Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'teki t (zaman) – pH grafikleri elde edilmiştir. Bu grafiklerden Cohen – Coon Yöntemiyle (3.2), (3.3) ve (3.4), (3.5)'teki transfer fonsiyonları hesaplanmıştır.

Cohen - Coon Yöntemi Kullanılarak Prosesin Transfer Fonksiyonun Belirlenmesi :

Cohen ve Coon isimli araştırmacılar, bir çok prosesin bir adım girişine cevabı aşağıdaki şekildeki (Şekil 3.1) gibi olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tür bir cevabın birinci dereceden bir sistemin cevabına benzer olduğunu gözlemlemişler ve birtakım değerleri kullanarak, kullanılabilecek her tür kontrol edicinin ayarlanması için korelasyonlar türetmişlerdir. Şekil 3.1' deki gibi bir cevap veren sistemlerin muhtemel transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$G_p \ s \cong \frac{K_p}{\tau_p s+1} \tag{3.1}$$



Şekil 3. 17 Birinci dereceden bir sistemin birim adım değişimine verdiği cevap

Burada $K_p = \frac{Son\ kararlı\ hal\ degeri}{Giriş\ büyüklüğü} = \frac{B}{A}$

$\tau_p = B / S$,cevaba çizilen teğetin eğimi

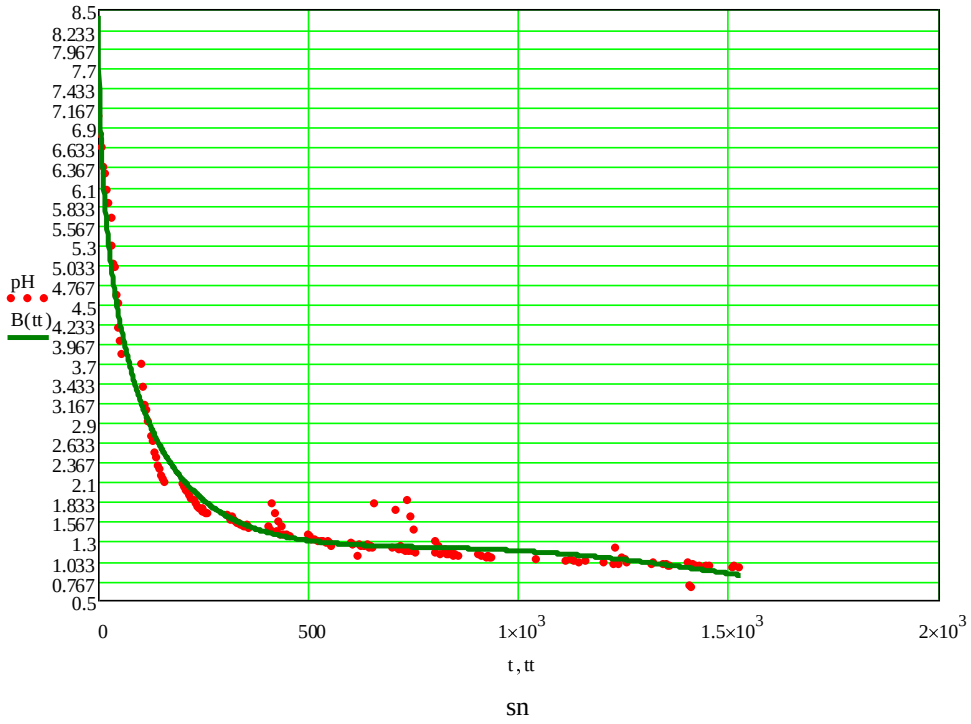
Yukarıdaki tanımlamalardan yola çıkarak pH değişiminin H^+ konsantrasyonları cinsinden, kullandığımız pH nötralizasyon prosesinin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$\frac{Y(s)_1}{X(s)_1} = G(s)_1 = \frac{-0.029}{218.772 \cdot s+1} \tag{3.2}$$

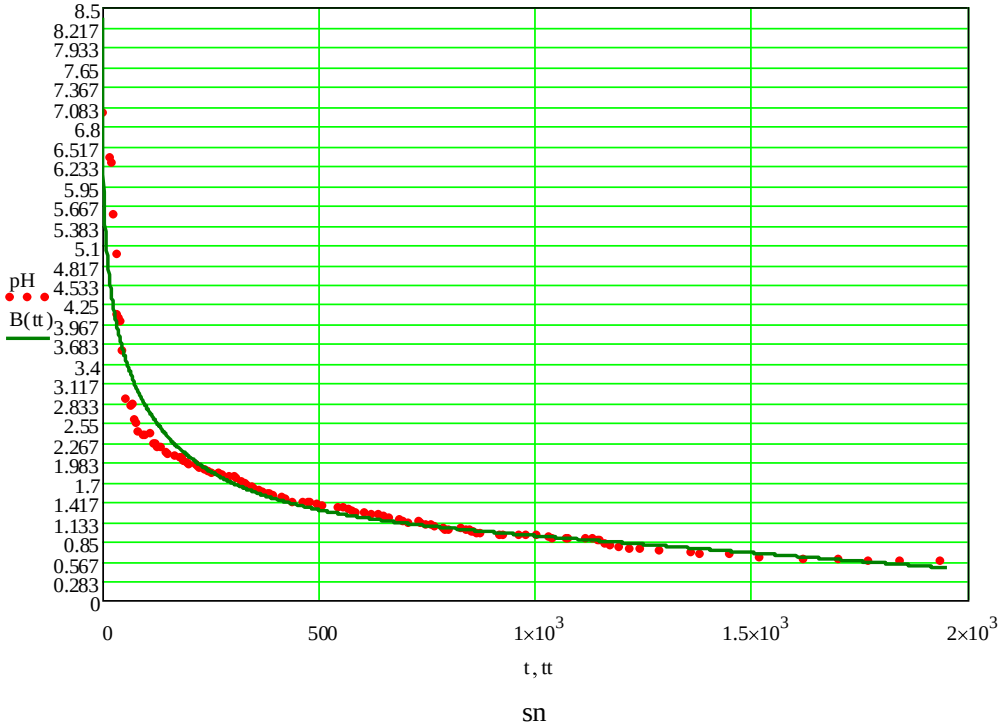
$$\frac{Y(s)_2}{X(s)_2} = G(s)_2 = \frac{-0.033}{22.992 \cdot s+1} \tag{3.3}$$

$$\frac{Y(s)_3}{X(s)_3} = G(s)_3 = \frac{0.032}{540 \cdot s+1} \tag{3.4}$$

$$\frac{Y(s)_4}{X(s)_4} = G(s)_4 = \frac{0.031}{191.687 \cdot s+1} \tag{3.5}$$

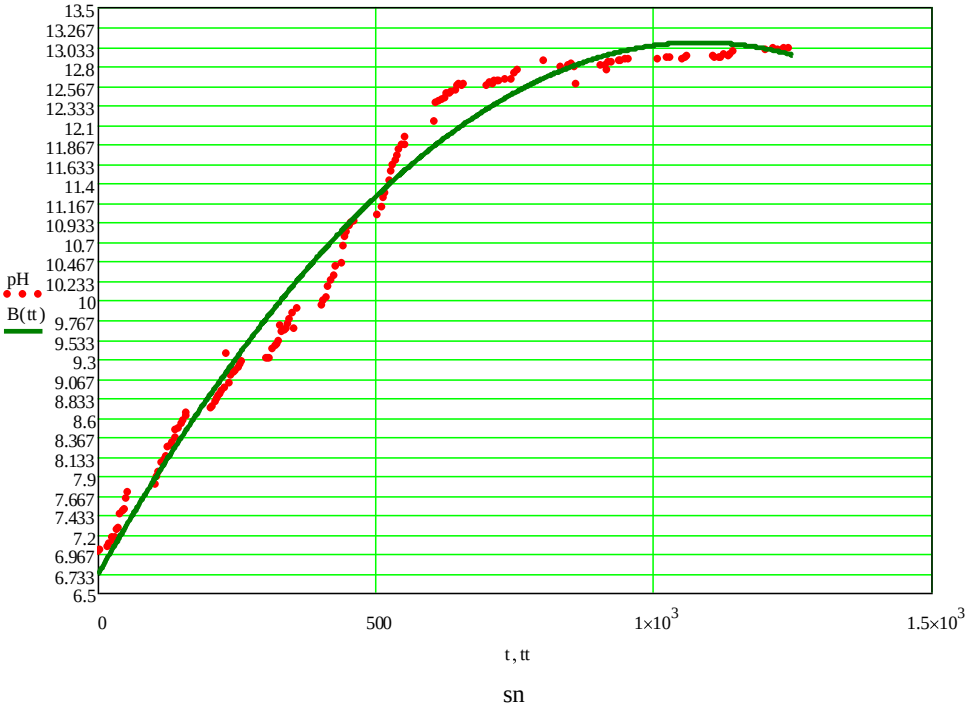


(a)

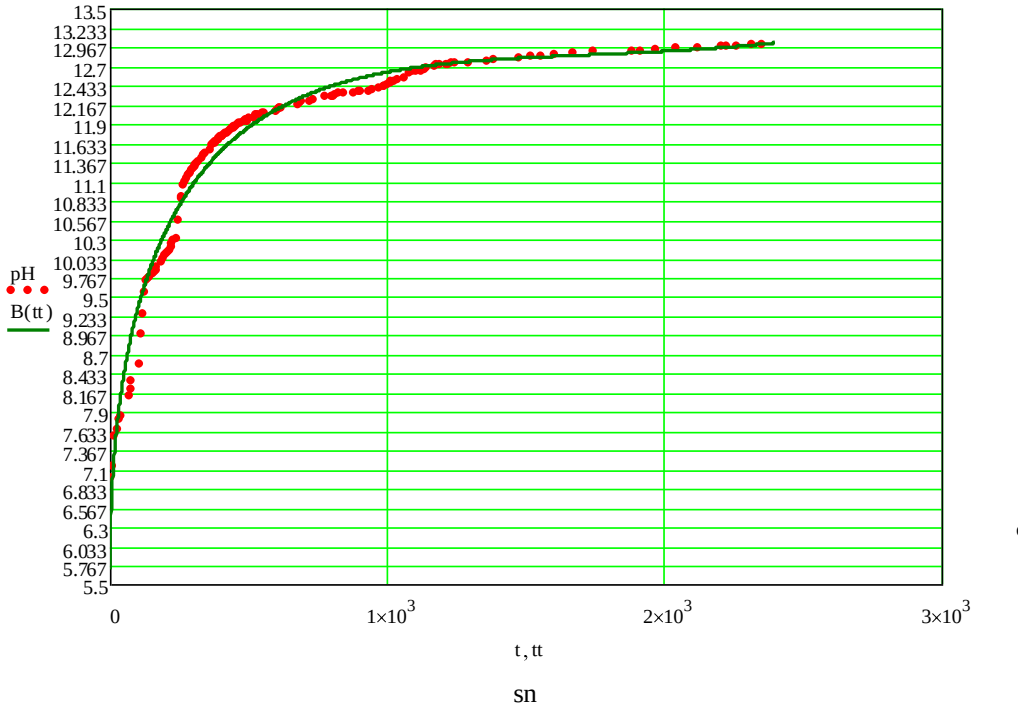


(b)

Şekil 3. 18 Zamanla asit eklenmesiyle elde edilen grafik (a), zamanla asit+saf su eklenmesiyle elde edilen grafik (b)

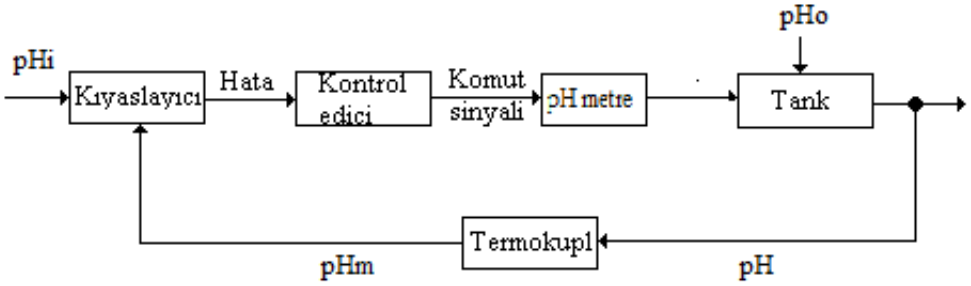


(a)



(b)

Şekil 3. 19 Zamanla baz eklenmesiyle elde edilen grafik (a), zamanla baz+saf su eklenmesiyle elde edilen grafik (b)



Şekil 3. 20 Blok Diyagramı

$$\frac{Gd}{1+Gp.Gs.Gv.Gc} \tag{3.6}$$

$$G(s)=\frac{\frac{-0.033}{22.992\cdot s+1}}{\frac{-0.029}{218.772\cdot s+1}}.K \tag{3.7}$$

$$G(s)=\frac{\frac{0.031}{191.687\cdot s+1}}{\frac{0.032}{540\cdot s+1}}.K \tag{3.8}$$

(3.6)'ya göre (3.7) ve (3.8)'de elde edilen transfer fonksiyonlar distürbans için $\frac{\Delta D}{s}$ ve set değeri değişimi için $\frac{sp}{s}$ ile çarpılıp, ters Laplace alınarak elde edilen denklemler Visual Basic programlama dilinde hazırlanan koda entegre edildiğinde;

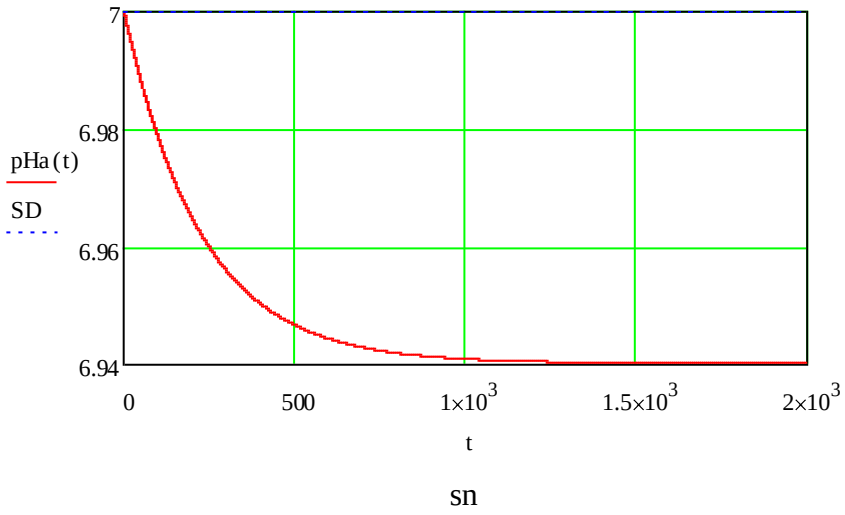
Mathcad programı ile yapılan hesaplamalarda ulaşılan grafikler:

- ***Set point değişimi ile asit eklenmesi:***

$$\frac{\frac{-0.029}{218.772s+1}\cdot K}{1+\frac{-0.029}{218.772s+1}\cdot K}\cdot\frac{sp}{s} \tag{3.9}$$

t=0,0.1…2000 K=1 pH=7 sp=2 SD:7

$$pHa(t):=\left[\frac{-K\cdot sp\cdot\left(29.0e^{0.000133\cdot K\cdot t-0.004587\cdot t}-29.0\right)}{29.0K-1000.0}\right]+pH \tag{3.10}$$



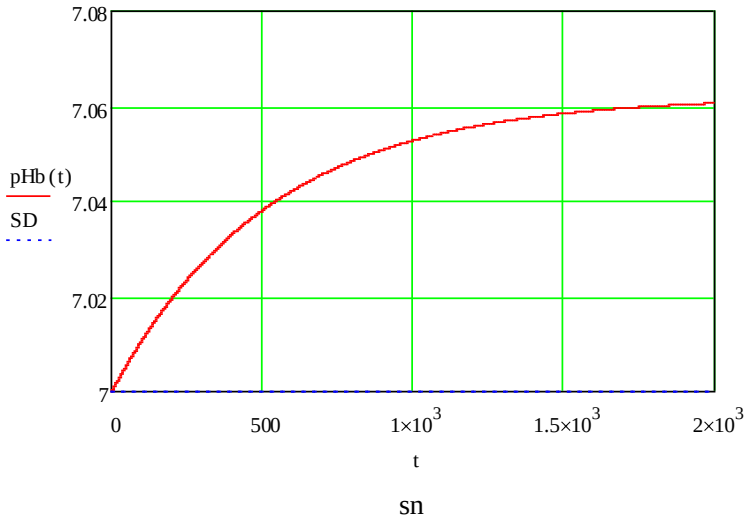
Şekil 3. 21 Set değeri değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol)

- ***Set point değişimi ile baz eklenmesi:***

$$\frac{K\cdot\left(\frac{0.032}{540s+1}\right)}{1+\left(\frac{0.032}{540s+1}\right)\cdot K}\cdot\frac{sp}{s} \tag{3.11}$$

T=0,0.1…..2000 ΔD=200 K=1 pH=7 sp:2 SD:7

$$pHb(t) := \left(\frac{4.0\cdot K\cdot sp - 4.0\cdot K\cdot sp\cdot e^{-0.00185\cdot t - 0.000059\cdot K\cdot t}}{4.0\cdot K + 125.0}\right) + pH \tag{3.12}$$



Şekil 3. 22 Set değeri değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol)

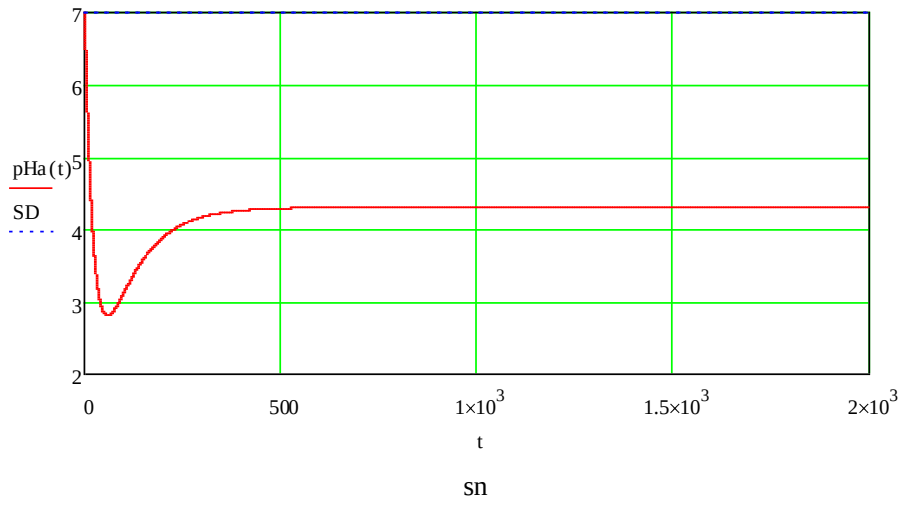
- ***Disturbans değişimi ile asit eklenmesi:***

$$\frac{\frac{-0.033}{22.992\cdot s+1}}{1+\frac{-0.029}{218.772s+1}\cdot K}\cdot\frac{\Delta D}{s} \qquad (3.13)$$

T=0,0.1….2000 ΔD=200 K=-50 pH=7 SD=7

$$pHa(t):=\left[\frac{7.194\Delta D}{195+0.0667K}\cdot e^{\frac{-t}{23}}+\frac{-7.194\Delta D}{195+0.0667K}\cdot e^{-\left(\frac{1-0.029\cdot K}{218}\right)\cdot t}-\frac{0.033\Delta D}{1-0.029K}+\frac{0.759\Delta D}{-195-0.667K}\cdot e^{\frac{-t}{23}}+\frac{-7.194\Delta D}{-195+4.988K+0.019K^2}\cdot e^{-\left(\frac{1-0.029\cdot K}{218}\right)\cdot t}\right]+pH$$

(3.14)



Şekil 3. 23 Distürbans değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol)

- ***Disturbans değişimi ile baz eklenmesi:***

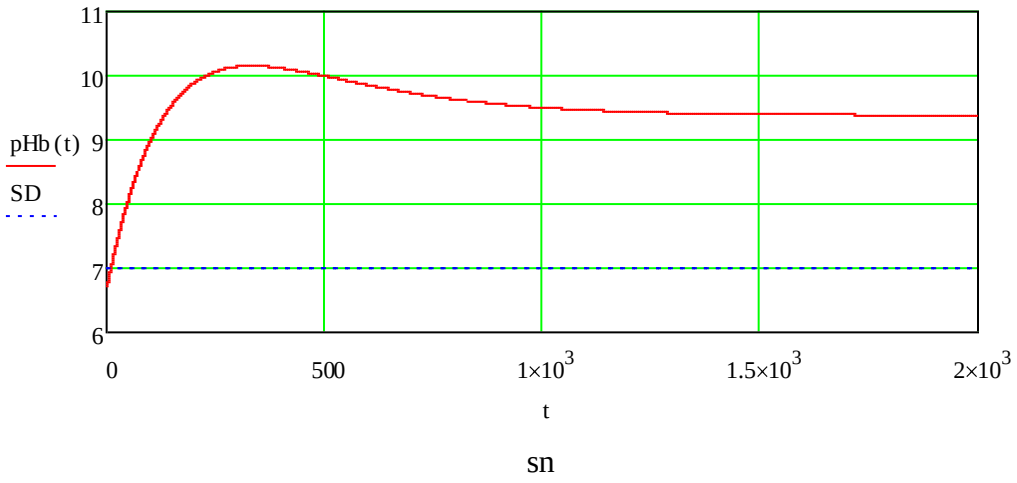
$$\frac{\frac{0.031}{191.687s+1}}{1+\left(\frac{0.032}{540s+1}\right)\cdot K}\cdot\frac{\Delta D}{s} \qquad (3.15)$$

T=0,0.1….2000 ΔD=200 K=-50 pH=7 SD=7

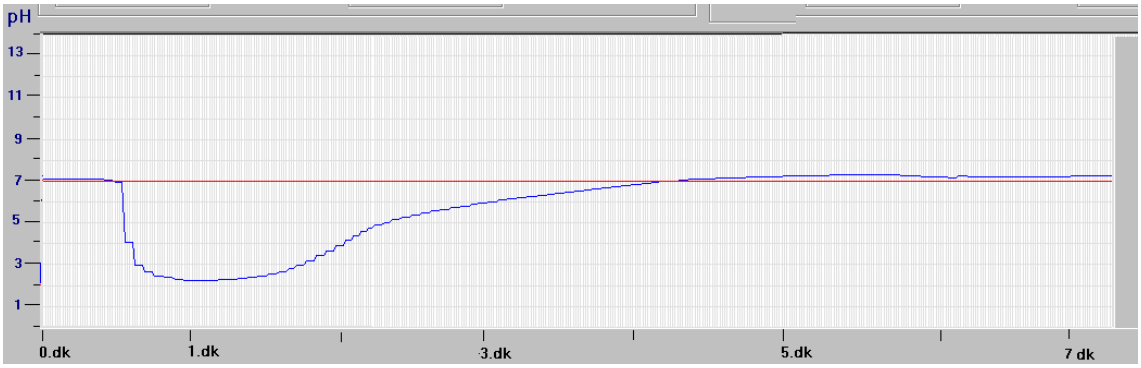
$$pHb(t):=\left[\frac{16.74\Delta D}{-348+6.144K}\cdot e^{\frac{-t}{192}}+\frac{16.74\Delta D}{348-6.144K}\cdot e^{-t\cdot\left(\frac{1+0.032\cdot K}{540}\right)}+\frac{0.031\Delta D}{1+0.032K}-\frac{5.952\Delta D}{-348+6.144K}\cdot e^{\frac{-t}{192}}+\frac{16.74\Delta D}{-348-4.992K+0.197K^2}\cdot e^{-t\cdot\left(\frac{1+0.032\cdot K}{540}\right)}\right]+pH$$

(3.16)

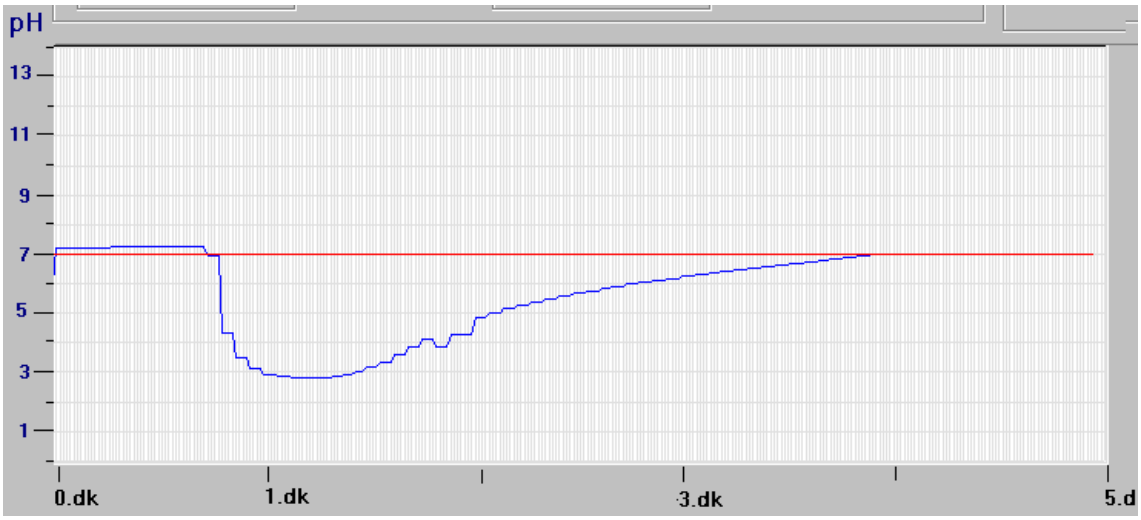
Oransal Kontrol (P)'de distürbans değişimini gözlemlemek için Kp değerleri 10, 20, 30, 40, 50 olarak denenip, 100 ml/dk debi ile program çalıştırıldığında ki program çıktısı sırasıyla Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te görülmektedir.



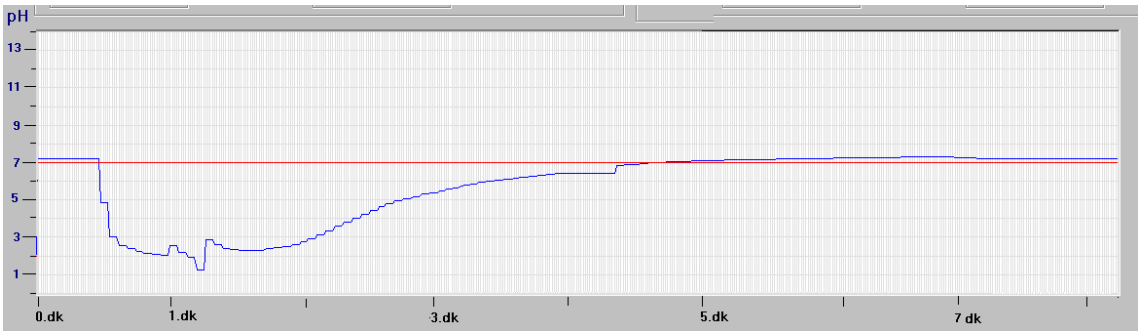
Şekil 3. 24 Distürbans değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol)



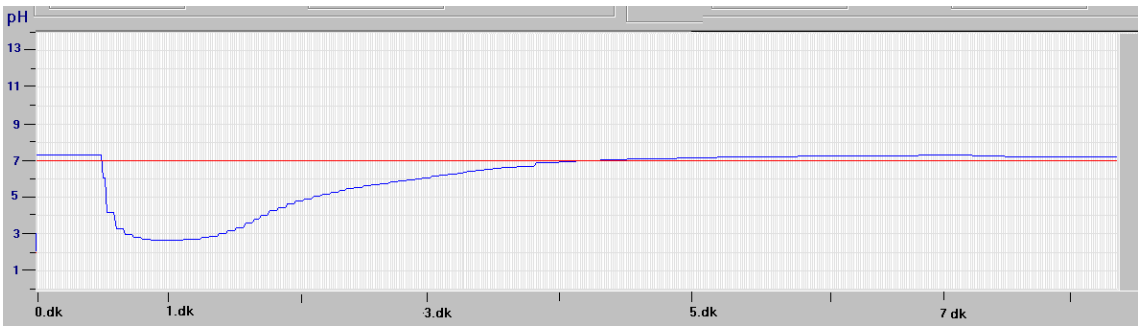
Şekil 3. 25 Kp=10 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı



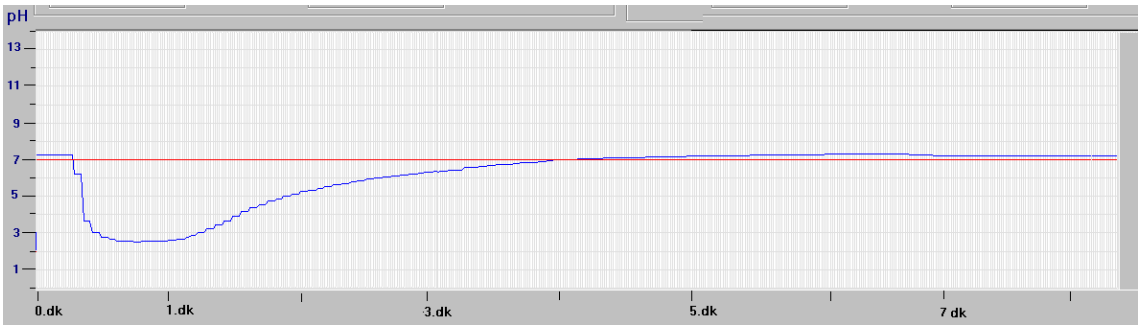
Şekil 3. 26 Kp=20 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 27 Kp=30 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı

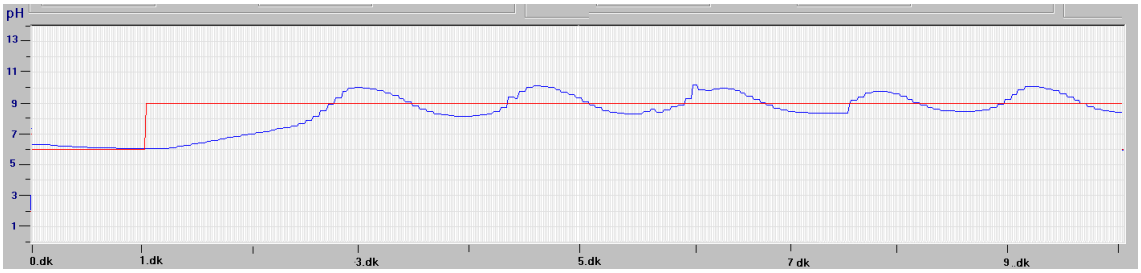


Şekil 3. 28 Kp=40 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı

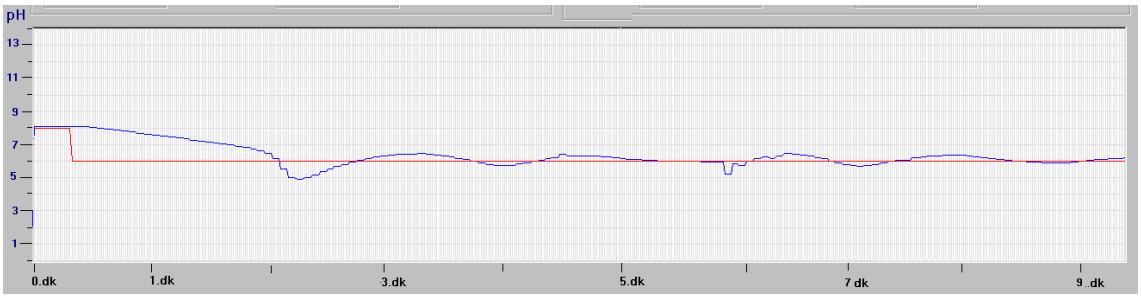


Şekil 3. 29 Kp=50 da Oransal Kontrol distürbans değişimini gösteren program çıktısı

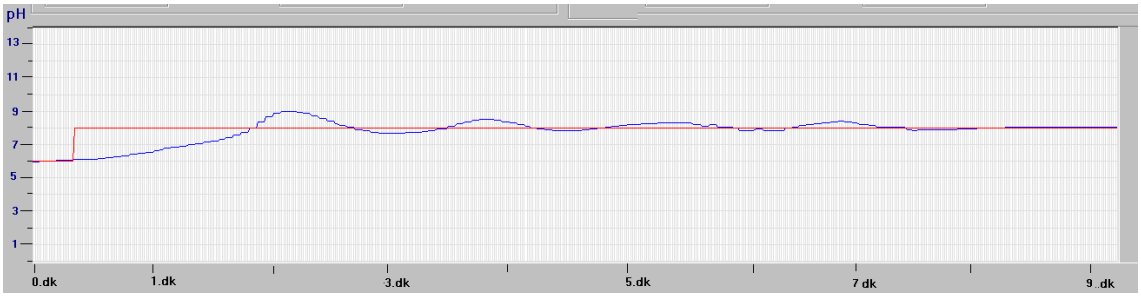
Oransal Kontrol (P) 'de set point değişimini gözlemlemek için Kp değerleri 10, 20, 30, 40, 50 olarak denenip, 100 ml/dk debi ile program çalıştırıldığında ki program çıktısı sırasıyla Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'te görülmektedir.



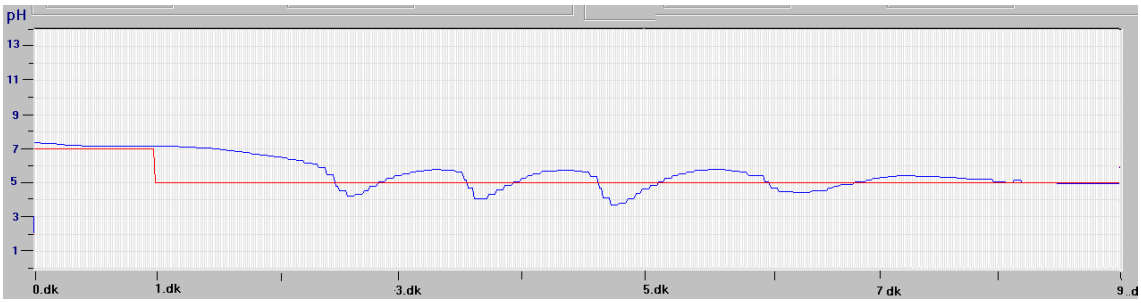
Şekil 3. 30 Kp=10 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



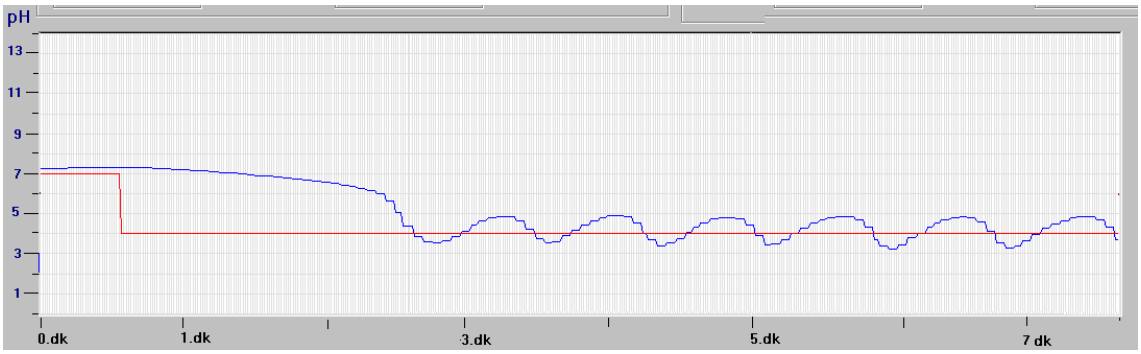
Şekil 3. 31 Kp=20 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 32 Kp=30 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 33 Kp=40 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 34 Kp=50 da Oransal Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 35 Sistemin Fotoğrafı

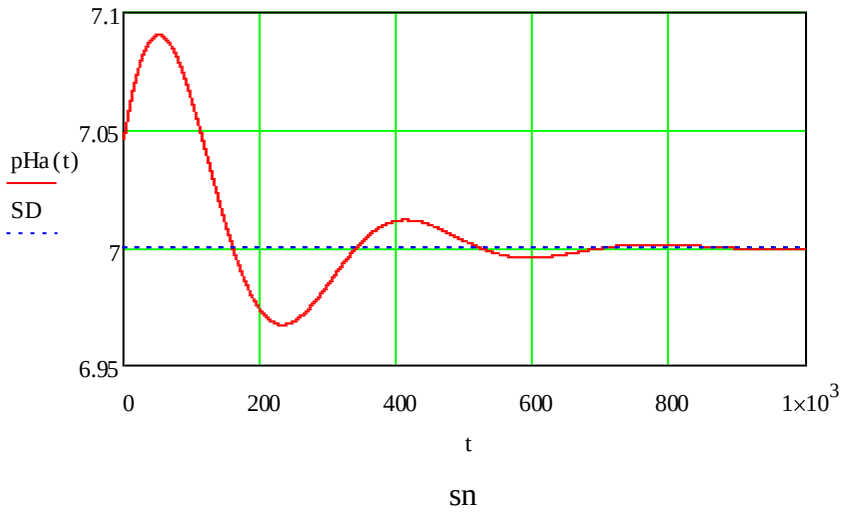
3.1.2 PI Kontrol Algoritmasıyla Kontrol

Mathcad programı ile yapılan hesaplamalarda ulaşılan grafikler:

- ***Set point değişimi ile asit eklenmesi:***

$$\frac{-0.029K \cdot sp \cdot (\tau I \cdot s + 1)}{(218s + 1) \cdot \tau I \cdot s - (0.029K \cdot \tau I \cdot s + 0.029K)} \quad (3.17)$$

t=0,0.1….1000 K=-50 pH=7 sp=7 τI=20 SD=7

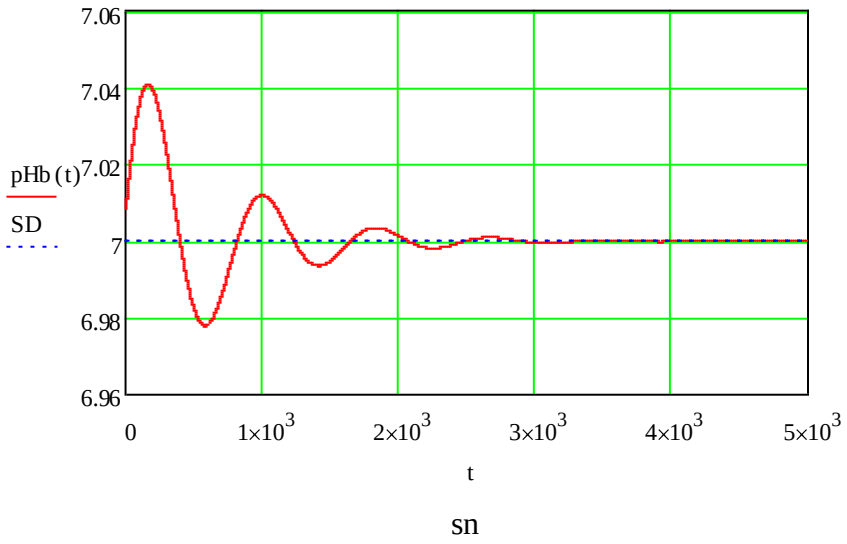


Şekil 3. 36 Set değeri değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol)

- ***Set point değişimi ile baz eklenmesi:***

$$\frac{(0.032K \cdot sp) \cdot (\tau I \cdot s + 1)}{(540s + 1) \cdot (\tau I \cdot s) + (0.032K) \cdot (\tau I \cdot s + 1)} \quad (3.18)$$

t=0,0.1….5000 K=20 pH=7 sp=7 τI=20 SD=7

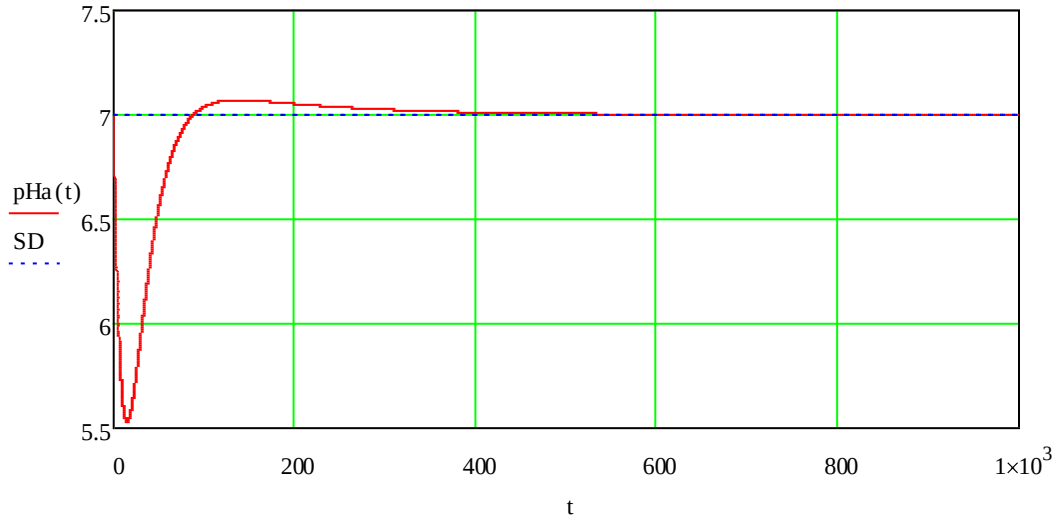


Şekil 3. 37 Set değeri değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol)

- ***Disturbans değişimi ile asit eklenmesi:***

$$\frac{\frac{-0.033}{22.992\cdot s+1}}{1+\left(\frac{-0.029}{218.772s+1}\right)\cdot K\cdot\left(1+\frac{1}{\tau I}\cdot\frac{1}{s}\right)}\cdot\frac{\Delta D}{s} \qquad (3.19)$$

t=0,0.1….1000 ΔD=200 K=-20 pH=7 sp=7 τI=10 SD=7

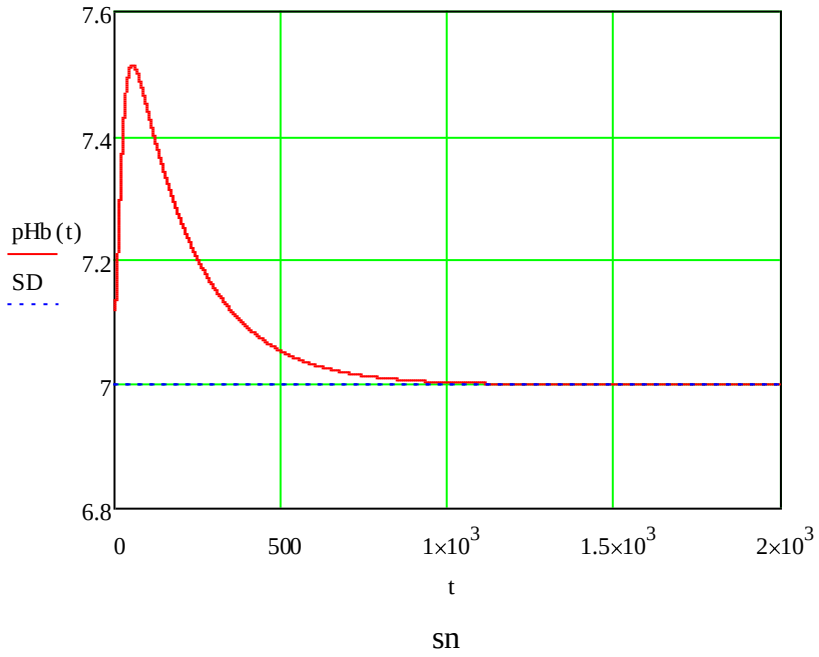


Şekil 3. 38 Distürbans değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol)

- ***Disturbans değişimi ile baz eklenmesi:***

$$\frac{\frac{0.031}{191.687s+1}}{1+\left(\frac{0.032}{540s+1}\right)\cdot K\cdot\left(1+\frac{1}{\tau I\cdot s}\right)}\cdot\frac{\Delta D}{s} \qquad (3.20)$$

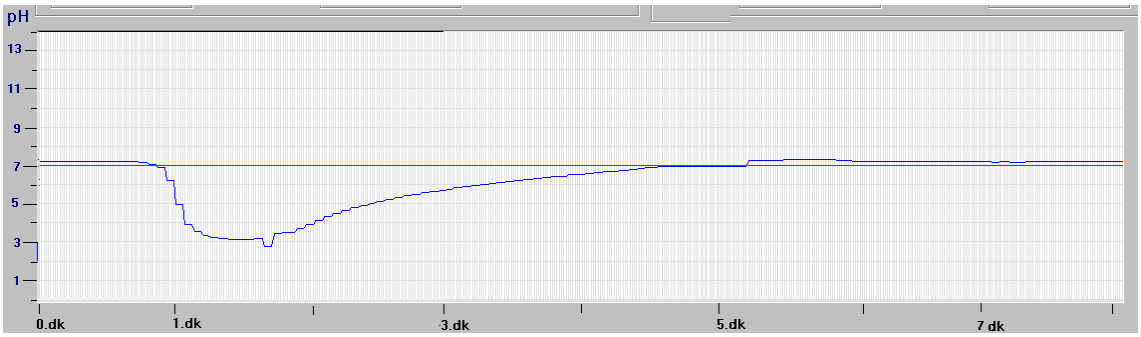
t=0,0.1….2000 ΔD=200 K=20 pH=7 sp=7 τI=10



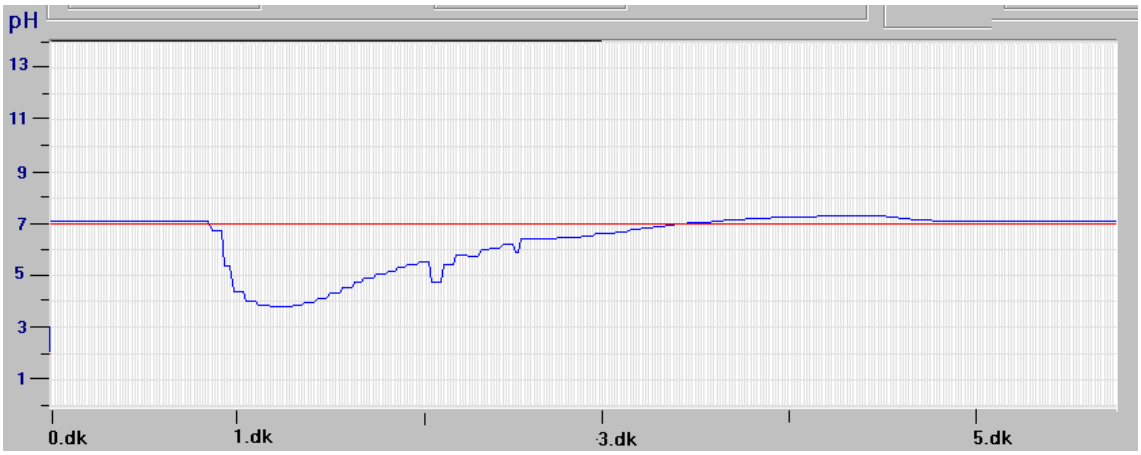
Şekil 3. 39 Distürbans değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol)

Oransal- Integral Kontrol (PI)'de distürbans değişimini gözlemlemek için öncelikle Kp değeri Kp=30'da iken τ_I değerleri 50, 100, 300, 500, 600 olarak seçilip (3.21)'deki hesaplamaya göre Ki değerleri sırasıyla 0.6, 0.3, 0.1, 0.06, 0.05 olarak denenip, 100 ml/dk debi ile program çalıştırıldığında ki program çıktısı sırasıyla Şekil 3.24, Şekil 3.25, Şekil 3.26, Şekil 3.27 ve Şekil 3.28'te görülmektedir.

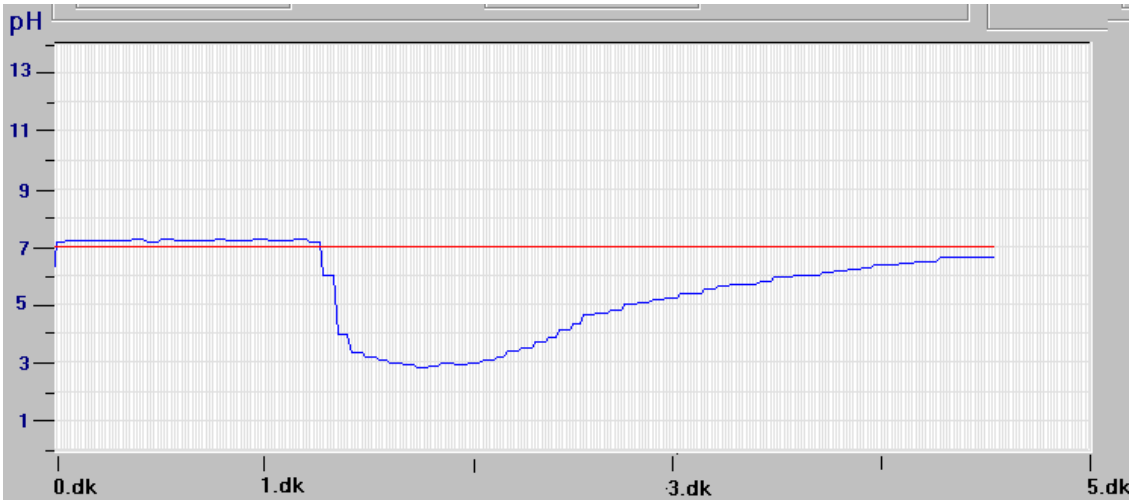
$$K_i = \frac{\mathrm{Kp}}{\tau_1} \qquad (3.21)$$



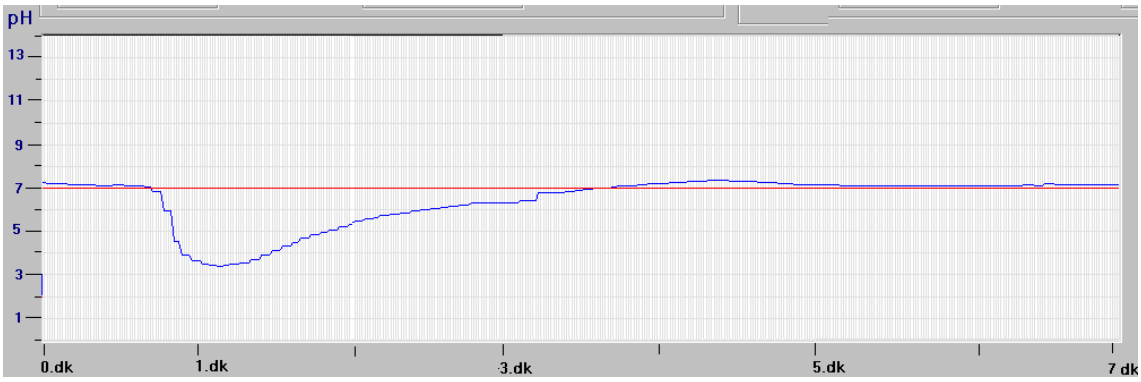
Şekil 3. 40 Kp=30 τ=50 Ki=0.6 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı



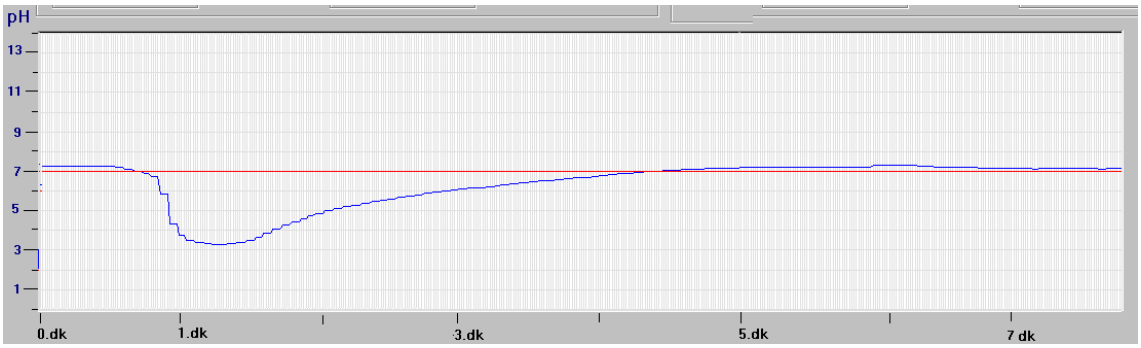
Şekil 3. 41 Kp=30 τ=100 Ki=0.3 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 42 Kp=30 τ=300 Ki=0.1 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı

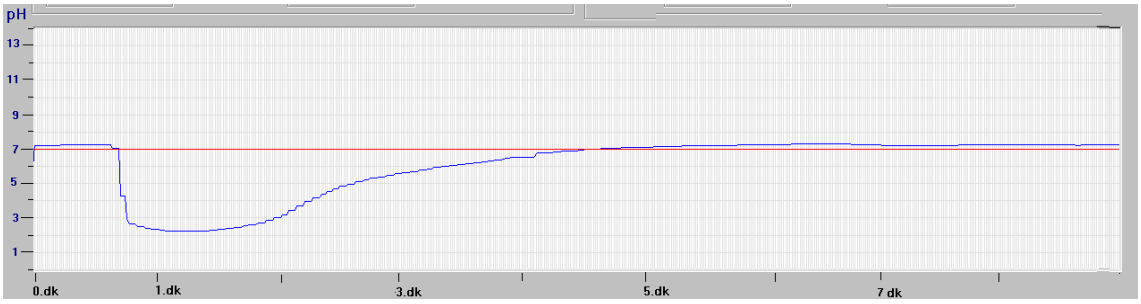


Şekil 3. 43 Kp=30 τ=500 Ki=0.06 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı

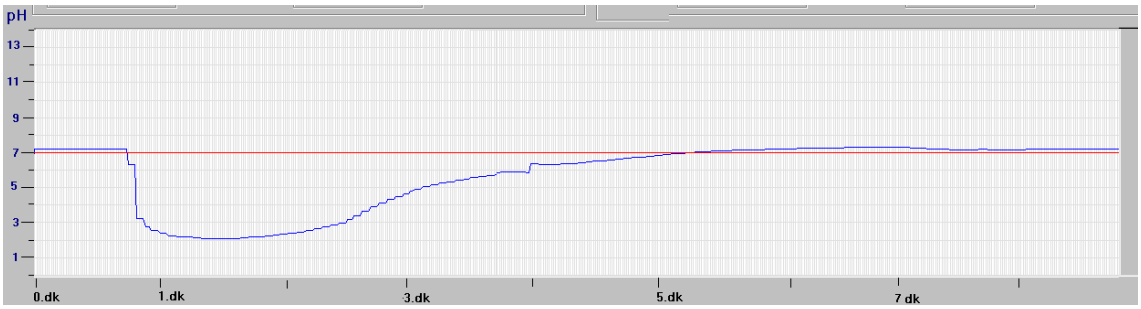


Şekil 3. 44 Kp=30 τ=600 Ki=0.05 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı

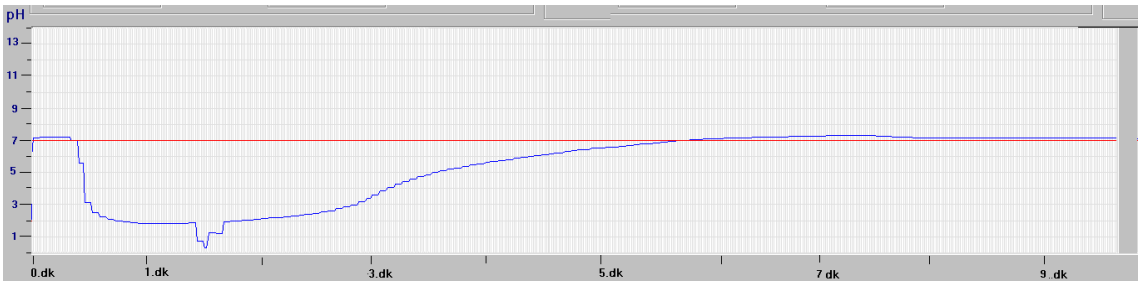
Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19 ve Şekil 3.20'de ki grafikler dikkate alınarak sistemin en kısa sürede kararlı hale geldiği Ki değeri 0.3 olarak alınıp Oransal- Integral Kontrol (PI)'de distürbans değişimini gözlemlemek için Kp değerleri 10, 20, 40, 50 olarak denenip, 100 ml/dk debi ile program çalıştırıldığında ki program çıktısı sırasıyla Şekil 3.29, Şekil 3.30, Şekil 3.31 ve Şekil 3.32'te görülmektedir.



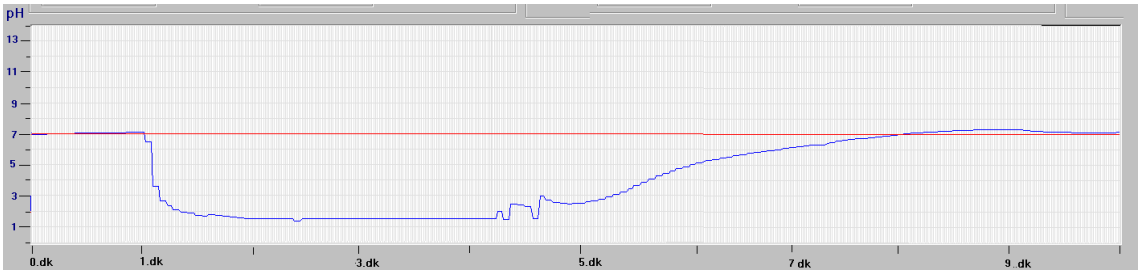
Şekil 3. 45 Ki=0.3 Kp=10 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 46 Ki=0.3 Kp=20 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı

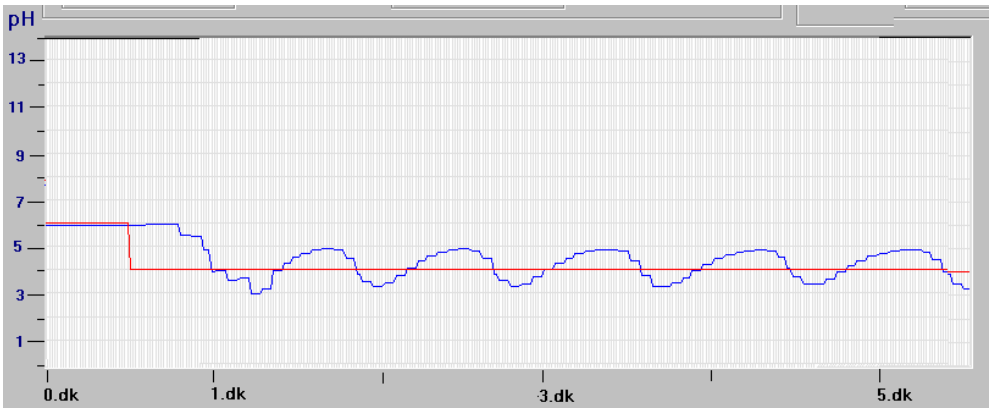


Şekil 3. 47 Ki=0.3 Kp=40 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı

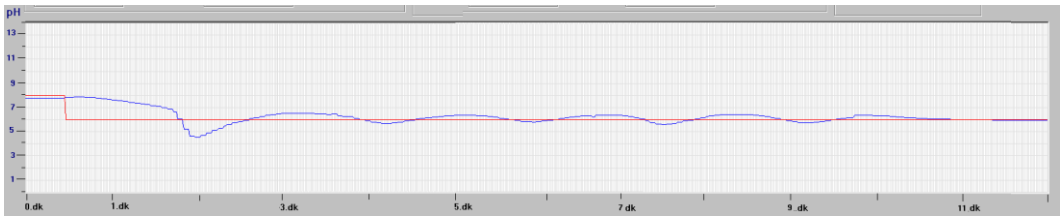


Şekil 3. 48 Ki=0.3 Kp=50 da Oransal-Integral Kontrol disturbans değişimini gösteren program çıktısı

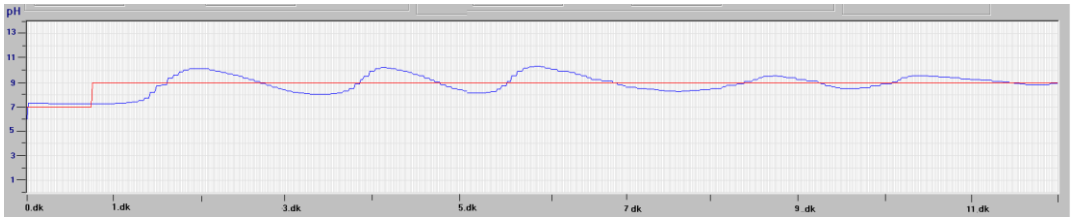
Oransal- Integral Kontrol (PI)'de set point değişimini gözlemlemek için öncelikle Kp değeri Kp=30'da iken τ değerleri 50, 100, 300, 500, 600 olarak seçilip (3.21)'deki hesaplamaya göre Ki değerleri sırasıyla 0.6, 0.3, 0.1, 0.06, 0.05 olarak denenip, 100 ml/dk debi ile program çalıştırıldığında ki program çıktısı sırasıyla Şekil 3.33, Şekil 3.34, Şekil 3.35, Şekil 3.36 ve Şekil 3.37'te görülmektedir.



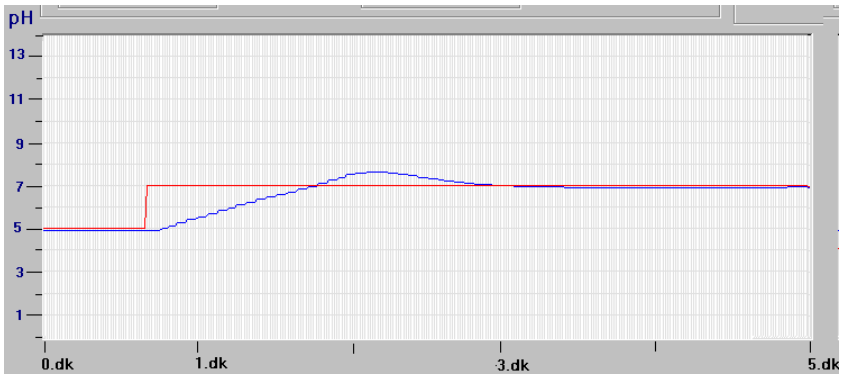
Şekil 3. 49 Kp=30 τ=50 Ki=0.6 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



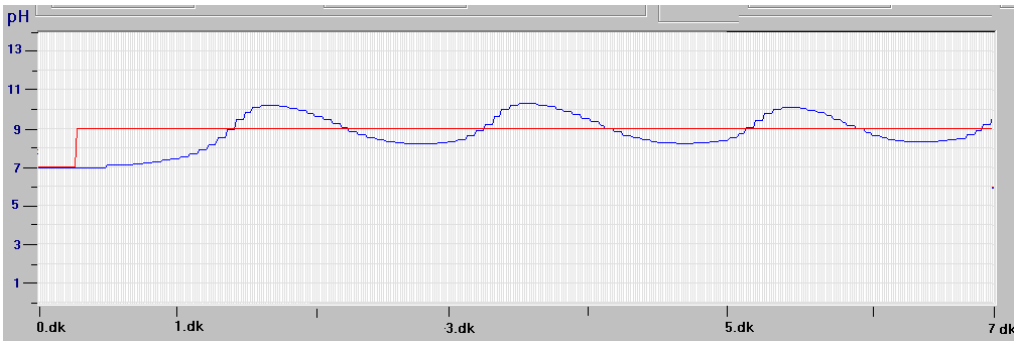
Şekil 3. 50 Kp=30 τ=100 Ki=0.3 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 51 Kp=30 τ=300 Ki=0.1 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı

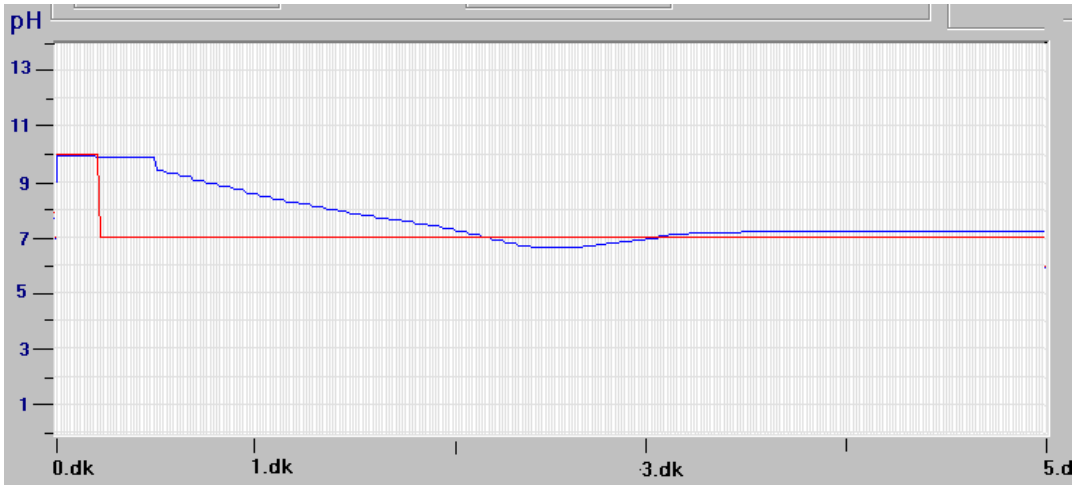


Şekil 3. 52 Kp=30 τ=500 Ki=0.06 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı

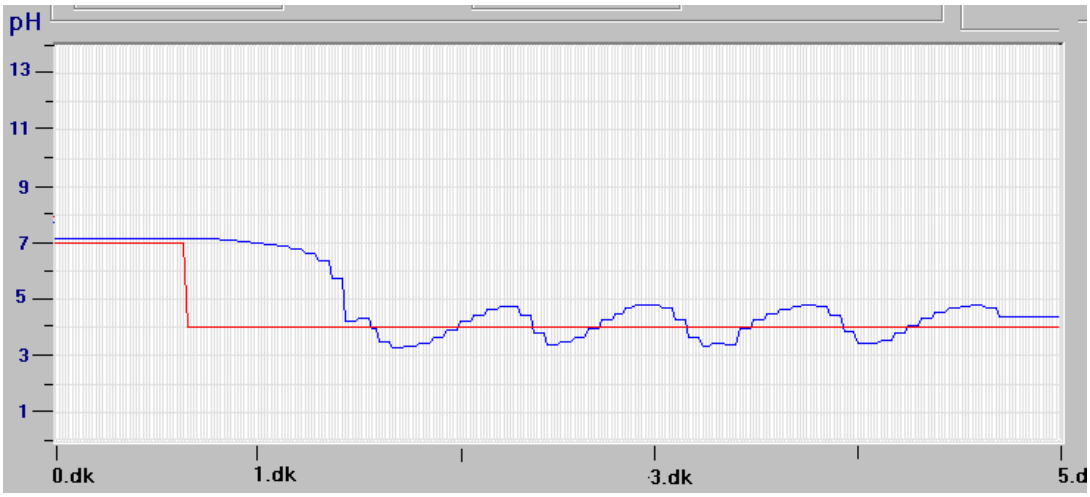


Şekil 3. 53 Kp=30 τ=600 Ki=0.05 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı

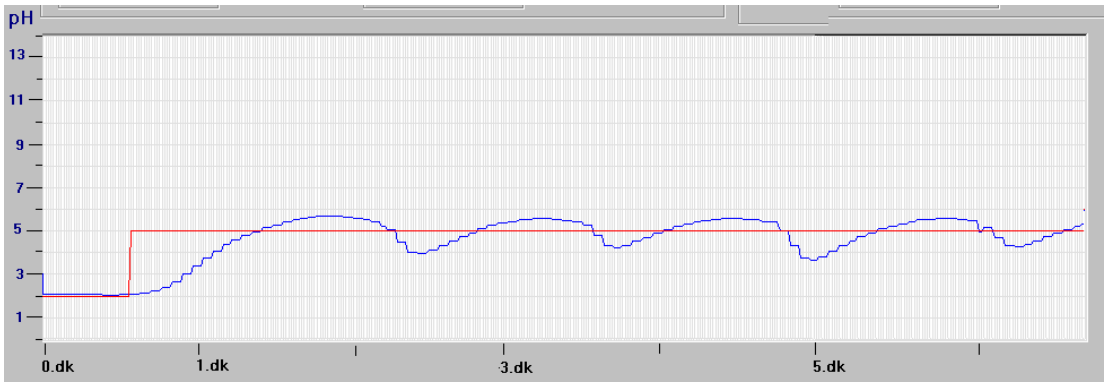
Şekil 3.33, Şekil 3.34, Şekil 3.35, Şekil 3.36 ve Şekil 3.37'te ki grafikler dikkate alınarak sistemin en kısa sürede kararlı hale geldiği Ki değeri 0.06 olarak alınıp Oransal- Integral Kontrol (PI)'de set point değişimini gözlemlemek için Kp değerleri 10, 20, 40, 50 olarak denenip, 100 ml/dk debi ile program çalıştırıldığında ki program çıktısı sırasıyla Şekil 3.38, Şekil 3.39, Şekil 3.40 ve Şekil 3.41 'te görülmektedir.



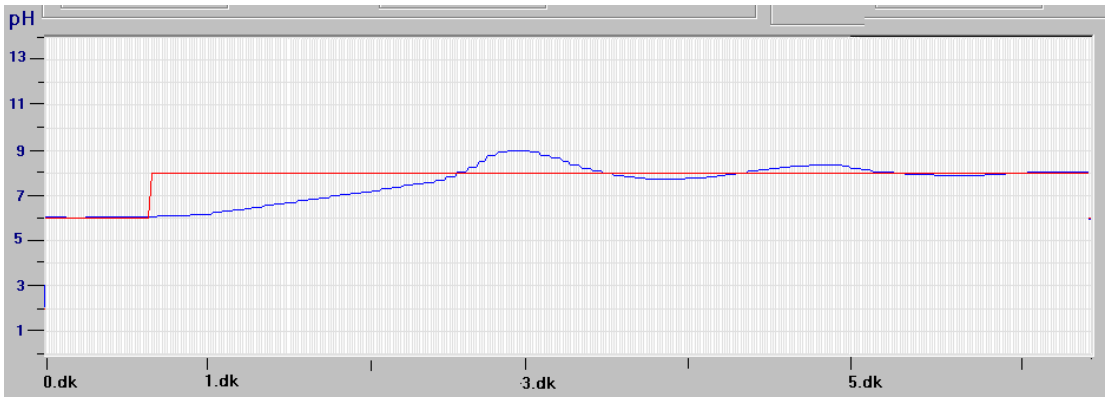
Şekil 3. 54 Ki=0.06 Kp=10 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 55 Ki=0.06 Kp=20 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 56 Ki=0.06 Kp=40 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı



Şekil 3. 57 Ki=0.06 Kp=50 da Oransal-Integral Kontrol set point değişimini gösteren program çıktısı

3.1.3 Öneriler ve Yorumlar

Geliştirilen arayüz yardımı ile sistemin farklı kontrol türlerinde set değeri değişimi ve distürbans karşısında verdiği tepkiler gözlenmiştir. Yapılan deneylerde kontrol optimizasyonu için P ve PI kontrol algoritmalarınının manuel olarak yapılan deneylerden alınan datalara göre yapılan hesaplamalar koda eklenmiş ve farklı Ki, Kp değerlerinde denemeler yapılmıştır. Grafiklerde kırmızı eğri set değerini, mavi eğri reaktör içinde ölçülen anlık pH değerlerini temsil etmektedir.

Bu kontrol çevrimleri karşılaştırıldığında;

- Oransal Kontrol'de Kp=40 iken distürbans değişimi uygulandığında sistem en kısa sürede (yaklaşık 3 dakikada) kararlı hale gelmiştir.
- Oransal Kontrol'de Kp=30 iken set point değişimi uygulandığında sistem en kısa sürede (yaklaşık 6 dakikada) kararlı hale gelmiştir.
- Oransal-Integral Kontrol'de Ki=0.3 Kp=10 iken disturbans değişimi uygulandığında en kısa sürede (yaklaşık 3 dakikada) sistem kararlı hale gelmiştir.
- Oransal-Integral Kontrol'de Ki=0.06 Kp=10 iken set point değişimi uygulandığında ise en kısa sürede (yaklaşık 2,5 dakikada) sistem kararlı hale gelmiştir.

Grafiklerden de görüldüğü üzere oransal kontrol yapıldığında istenen değerden sapma veya istenen değere ulaşmanın Oransal-integral kontrole göre uzun sürdüğü gözlemlenmiştir ve bu beklenen bir durumdur. Oransal- Integral kontrolde ise genel itibariyle oldukça iyi bir pH kontrolü sağlanmıştır. Buradan da görüldüğü üzere PI (Oransal - Integral) kontrol birinci dereceden doğrusal zaman gecikmesine sahip olmayan sistemler için optimum bir çözüm sunmaktadır.

Üzerinde çalışılacak yeni tasarımlarda, alınan verilerin Excel, Access veya SQL gibi daha rahat kullanılabilecek ve farklı hesaplar için kolay işlenebilecek veritabanlarına kaydedilmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Gustafsson, T. K., (1985). "An Experimental Study of a Class of Algorithms for Adaptive pH Control", Chemical Engineering Science, 40: 827-837.

[2] Hall, R. C., ve D. E. Seborg, (1989). "Modelling and Self-Tuning Control of a Multivariable pH Neutralization Process. Part I: Modelling and Multiloop Control", Proc. Am. Control Conf., Pittsburgh PA, 100: 1822-1827.

[3] Girardot, D. M., (1989). Control of pH Based on Reaction Invariants, Yüksek Lisans Tezi, California Üniversitesi, California.

[4] Buchholt, F., and M. Kummel, (1979). "Self-Tuning Control of a pH-Neutralization Process", Automatica, 15: 665-671.

[5] Williams, G. L., R. R. Rhinehart ve J. B. Riggs, (1990). "In-Line Process-Model-Based Control of Wastewater pH Using Dual Base Injection", Ind. Eng. Chem. Res., 29: 1254-1259.

[6] Söğüt, O.Ö., (2004). PID Ve Değişken Kazançlı PID Kontrol Algoritmalarıyla Bilgisayar Tabanlı Ph Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] Doğan I., D. (2006). "Microcontroller based applied digital control", John Willey & Sons Ltd., 60: 230-240.

[8] MEGEP, Endüsriyel Otomasyon Teknolojileri Kapalı Çevrim Kontrolü, http://megep.meb.gov.tr , 30 Kasım 2015

[9] Alpbaz, M., (1993). Proses Kontrol, A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, 12, Ankara.

[10] Akgün, M., (2003). Proses Dinamiği ve Kontrolü Ders Notları (Yayınlanmadı).

[11] Warwick, K., (1989). Control Systems Introduction, Prentice-Hall, İngiltere.

[12] Dartmouth Collage, Chemistry & Background https://www.dartmouth.edu/~chemlab/chem3-5/acid1/full_text/chemistry.html, 10.Kasım.2015

[13] İlim, Ö. A. (2012). Bilgisayar Tabanlı pH Kontrolü için Kontrol Algoritması ve Arayüz Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EK-A

MATHCAD İLE YAPILAN HESAPLAMALAR

P (Oransal) Kontrol Hesaplamaları

Asit İçin Transfer fonksiyonu:

Grafikler yardımıyla çıkarılan Gp(s) (son kontrol elemanının iletim fonksiyonu), Gd(s) (yük değişkeninin iletim fonksiyonu) ve Gc(s) = K (kontrol edici iletim fonksiyonu) fonksiyonları yerine yerleştirildiğinde ;

Elde edilir.

$$\frac{\frac{-0.033}{22.992\cdot s+1}}{1+\frac{-0.029}{218.772s+1}\cdot K}$$

Distürbans değişimini gözlemlemek için P (Oransal Kontrol Edici) olarak;

Elde edilir.

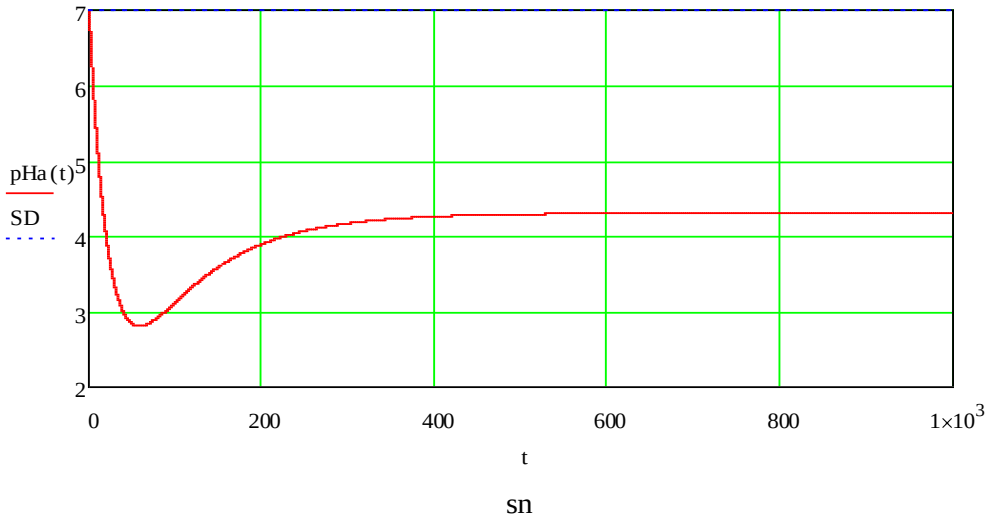
$$\frac{\frac{-0.033}{22.992\cdot s+1}}{1+\frac{-0.029}{218.772s+1}\cdot K}\cdot\frac{\Delta D}{s}$$

Ters Laplace alındığında ise elde edilen denklem ;

$$\frac{7.194\Delta D}{195+0.0667K}\cdot e^{\frac{-t}{23}}+\frac{-7.194\Delta D}{195+0.0667K}\cdot e^{-\left(\frac{1-0.029\cdot K}{218}\right)\cdot t}-\frac{0.033\Delta D}{1-0.029K}+\frac{0.759\Delta D}{-195-0.667K}\cdot e^{\frac{-t}{23}}+\frac{-7.194\Delta D}{-195+4.988K+0.019K^2}\cdot e^{-\left(\frac{1-0.029\cdot K}{218}\right)\cdot t}$$

Değerler;

T=0,0.1….1000 ΔD=200 K=-50 pH=7 SD=7



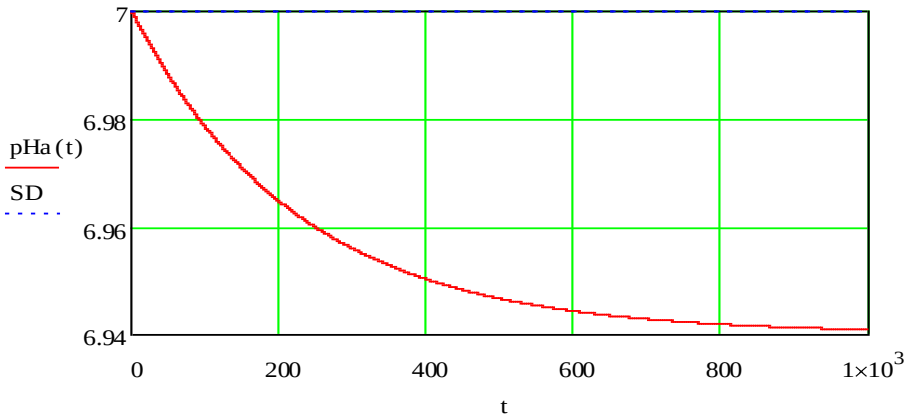
Şekil A.1 Distürbans değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol)

Set point değişimini gözlemlemek için P (Oransal Kontrol Edici) olarak;

$$\frac{\frac{-0.029}{218.772s+1}\cdot K}{1+\frac{-0.029}{218.772s+1}\cdot K}\cdot\frac{sp}{s}$$

$$-\frac{K\cdot sp\cdot\left(29.0e^{0.00013302752293577981651\cdot K\cdot t-0.0045871559633027522936\cdot t}-29.0\right)}{29.0K-1000.0}$$

t=0,0.1….1000 K=1 pH=7 sp=2



Şekil A.2 Set değeri değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol)

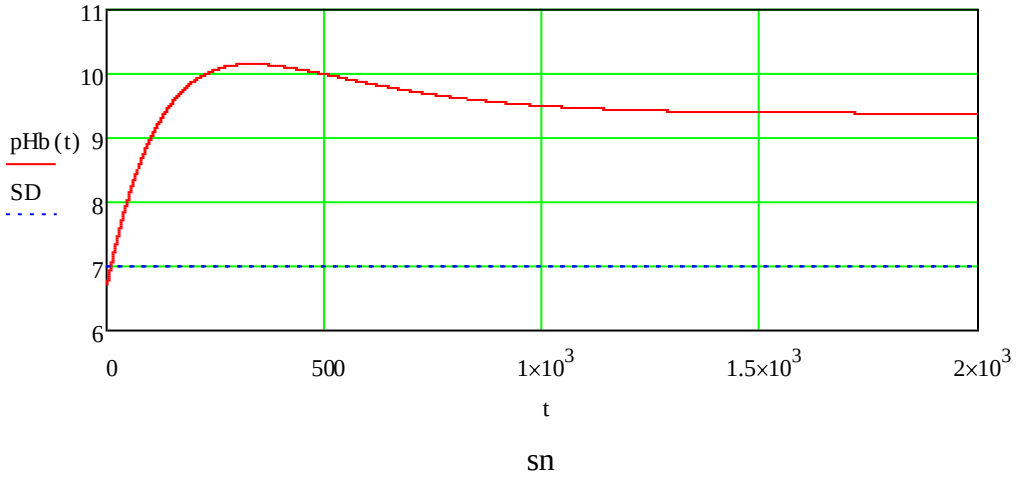
Baz İçin Transfer fonksiyonu:

Distürbans değişimini gözlemlemek için P (Oransal Kontrol Edici) olarak;

$$\frac{\frac{0.031}{191.687s + 1}}{1 + \left(\frac{0.032}{540s + 1}\right)\cdot K}\cdot\frac{\Delta D}{s}$$

t= 0,0.1….1000 ΔD=200 K=50 SD=7

$$\frac{16.74\Delta D}{-348 + 6.144K}\cdot e^{\frac{-t}{192}} + \frac{16.74\Delta D}{348 - 6.144K}\cdot e^{-t\cdot\left(\frac{1+0.032\cdot K}{540}\right)} + \frac{0.031\Delta D}{1 + 0.032K}\cdot -t - \frac{5.952\Delta D}{-348 + 6.144K}\cdot e^{\frac{-t}{192}} + \frac{16.74\Delta D}{-348 - 4.992K + 0.197K^2}\cdot e^{-t\cdot\left(\frac{1+0.032\cdot K}{540}\right)}$$



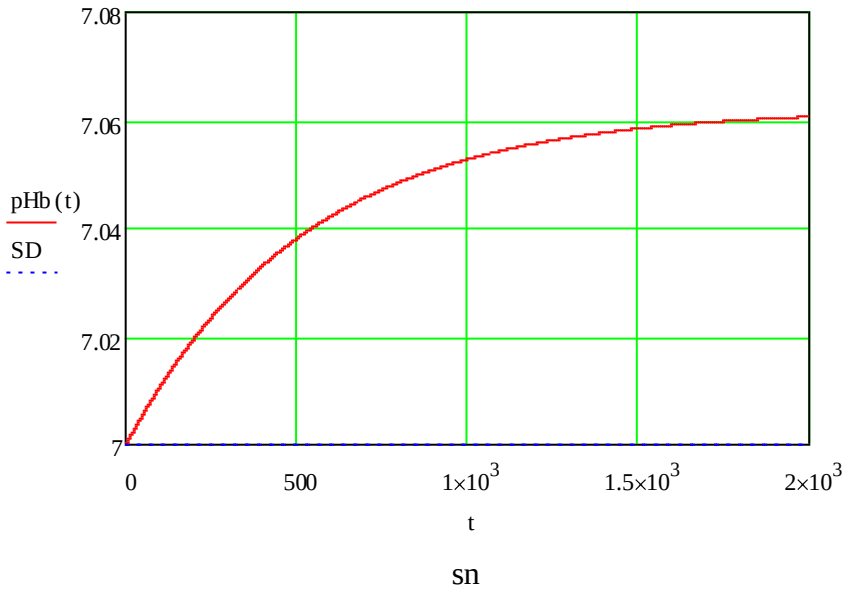
Şekil A.3 Distürbans değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol)

Set point değişimini gözlemlemek için P (Oransal Kontrol Edici) olarak;

$$\frac{K\cdot\left(\frac{0.032}{540s + 1}\right)}{1 + \left(\frac{0.032}{540s + 1}\right)\cdot K}\cdot\frac{sp}{s}$$

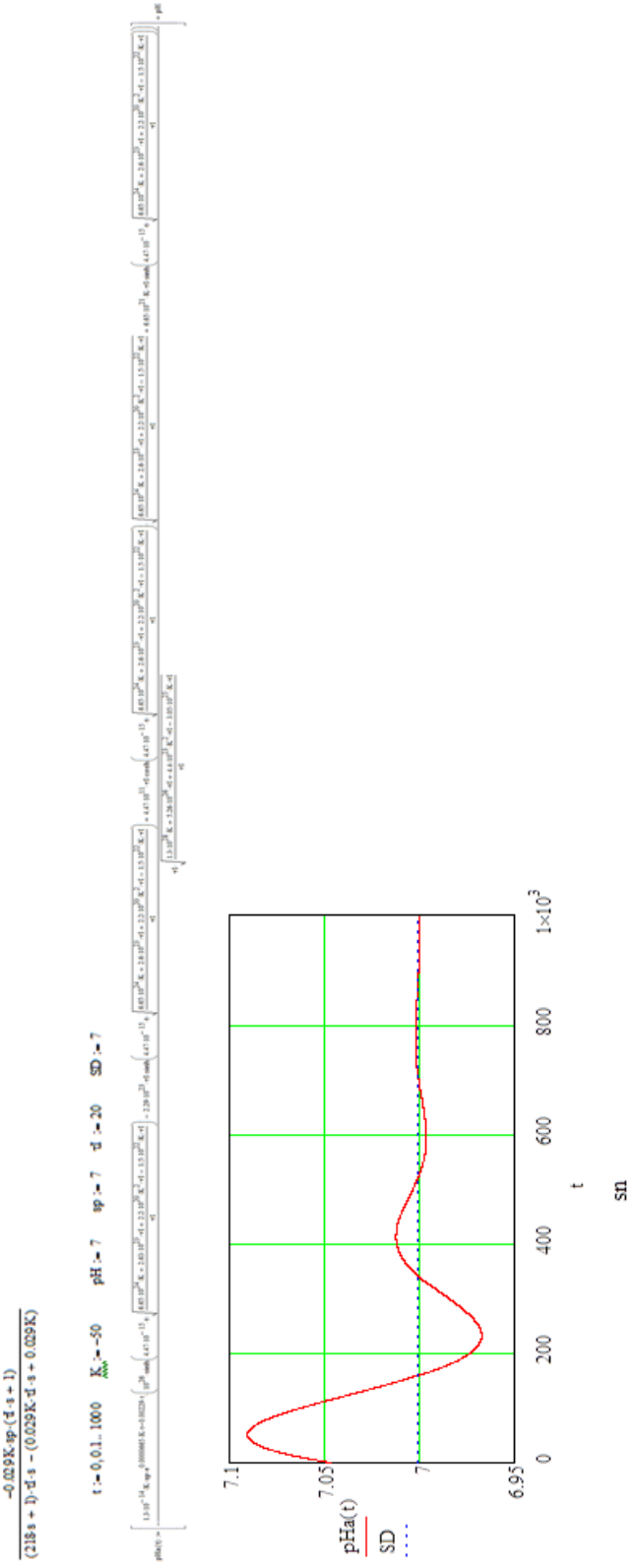
T=0,0.1….2000 ΔD=200 K=1 SD=7

$$\frac{4.0\cdot K\cdot sp - 4.0\cdot K\cdot sp\cdot e^{-0.00185\cdot t - 0.000059\cdot K\cdot t}}{4.0\cdot K + 125.0}$$



Şekil A.4 Set değeri değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (P kontrol)

PI (Oransal- Integral) Kontrol Hesaplamaları



Şekil A.5 Set değeri değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol)

Şekil A.6 Set değeri değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol)

Şekil A.7 Distürbans değişiminde asit eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol)

Şekil A.8 Distürbans değişiminde baz eklenmesi ile elde edilen grafik (PI kontrol)

EK-B

KODLAMA

KODA EKLENEN ORANSAL KONTROL HESABI

```
'//////////////////P KONTROL HESABI distürbans değeri değişimi/////////////////
If E = 0 Then
    Y = 0
    pin = asit_off_baz_off
ElseIf 0 < E And E <= 0.1 Then 'BAZ CALISACAK
    Y = ((16.74 * E * Exp(-time / 192) / (-348 + 6.144 * Kp) + (16.74 * E * Exp((-0.032 * Kp - 1) * time / 540) / (348 - 6.144 * Kp) + (0.031 * E) / (1 + 0.032 * Kp) - (5.952 * deltaD * Exp(-time / 192)) / (-348 + 6.144 * Kp) + (16.74 * E * Exp(((-0.032 * Kp - 1) * time) / 540) / (-348 - 4.992 * Kp + 0.197 * Kp ^ 2)))))
    pin = asit_off_baz_on
    asit_baz = "baz"
ElseIf E > 0.1 Then 'BAZ SUREKLI
    pin = asit_off_baz_on
    Y = 100
    asit_baz = "baz"
ElseIf -0.3 <= E And E < 0 Then ' ASIT CALISACAK
    Y = ((7.194 * E * Exp(-time / 23) / (195 + 0.0667 * Kp) + (-7.194 * E * Exp((0.029 * Kp - 1) * time / 218) / (195 + 0.0667 * Kp) - (0.033 * E) / (1 - 0.029 * Kp) + (0.759 * E * Exp(-time / 23)) / (-195 - 0.667 * Kp) + (-7.194 * E * Exp(((0.029 * Kp - 1) * time) / 218) / (-195 + 4.988 * Kp + 0.019 * Kp ^ 2)))))
    pin = asit_on_baz_off
    asit_baz = "asit"
ElseIf E < -0.3 Then ' ASIT SUREKLI
```

```
    pin = asit_on_baz_off
    Y = 100
    asit_baz = "asit"
End If
If Y > 100 Then
    Y = 100
End If
If Y < 0 Then
    Y = 0
End If
calisma_zamani = Y * 10 'VANANIN CALISMA ZAMANI
Out PortAddress, pin
Sleep calisma_zamani
If calisma_zamani <> 1000 Then
    Out PortAddress, 0
   Sleep 1000 - calisma_zamani
End If
time_old = time
time = time_old + 1   'ZAMAN ILERLETILIYOR
pH_old = pH 'SONRAKI TEKRARDA pH_old DEGERINI TUTMASI ICIN
E_old = E 'SONRAKI TEKRARDA E_old DEGERINI TUTMASI ICIN:
Tp_old = Tp 'SONRAKİ TEKRARDA Tp_old DEGERINI TUTMASI ICIN
MV_old = MV 'SONRAKİ TEKRARDA MV_old DEGERINI TUTMASI ICIN
CVm_old = CVm 'SONRAKİ TEKRARDA CVm_old DEGERINI TUTMASI ICIN
Sleep 1000 'SISTEMIN HOMOJEN HALE GELME SURESI (2sn)
frm_detay.Lbl_HataGos.Caption = E
frm_detay.Lbl_HataIntGos.Caption = E_int
frm_detay.Lbl_HataTurGos.Caption = E_diff
frm_detay.Lbl_KdGos.Caption = Kd
frm_detay.Lbl_KiGos.Caption = Ki
frm_detay.Lbl_KpGos.Caption = Kp
frm_detay.Lbl_PINGos.Caption = pin
frm_detay.Lbl_SisCikisBilGos.Caption = Y
```

```
   frm_detay.Lbl_VanaSureGos = calisma_zamani / 500
   frm_detay.Txt_FonkCik.Text = Y
End Function

   '//////////////////////P KONTROL HESABI set değeri değişimi//////////////////////
Private Sub TxtSetPh_Change()
SP = TxtSetPh.Text
If 7 < SP And SP < 14 Then
   Yyeni = ((4 * K * SP * (1 - Exp(-0.00185 * t - 0.000059 * K * t))) / (4 * K + 125)) 'baz
   ElseIf 0 < SP And SP < 7 Then
   Yyeni = ((-K * SP * (29 * Exp(0.000133 * K * t - 0.004587 * t) - 29)) / (29 * K - 1000))
'asit
   End If
End Sub
```

KODA EKLENEN ORANSAL- İNTEGRAL KONTROL HESABI

```
   '//////////////////////////////PI KONTROL HESABI//////////////////////////////
   If E = 0 Then
      Y = 0
      pin = asit_off_baz_off

      'frmOtomasyon.AsitAcik.Visible = False
      'frmOtomasyon.BazAcik.Visible = False

   ElseIf 0 < E And E <= 0.1 Then 'BAZ CALISACAK
     ' frmOtomasyon.AsitAcik.Visible = False
      'frmOtomasyon.BazAcik.Visible = True



      s1 = (9 * deltaD * tou_ı * Exp(-time / 192)) / (tou_ı ^ 2 - 192 * tou_ı - 6 * K * tou_ı
+ 1180 * K)
      s2 = (25.98 * deltaD * tou_ı * Exp(-time / 540)) / (tou_ı ^ 2 - 540 * tou_ı - 17.28 * K
* tou_ı + 9331.2 * K)
```

```
    s3 = (0.53568 * deltaD * K * tou_ı * Exp((-0.032 * K * time) / tou_ı)) / (-3.397 * K ^ 3 + 106.17 * K ^ 2 + 0.7496 * K ^ 2 * tou_ı - 23.424 * K * tou_ı - 0.032 * K * tou_ı ^ 2 + tou_ı ^ 2)

    s4 = (16.74 * deltaD * tou_ı * Exp(-time / tou_ı)) / (-103680 + 3317.76 * K + 732 * tou_ı - 23.424 * K * tou_ı - tou_ı ^ 2 + 0.032 * K * tou_ı ^ 2)

    s5 = (1142.784 * deltaD * tou_ı * Exp(-time / 192)) / (-732 * tou_ı ^ 2 + 140544 * tou_ı + 4497.408 * tou_ı * K - 863502.336 * K)

    s6 = (9039.6 * deltaD * tou_ı * Exp(-time / 540)) / (348 * tou_ı ^ 2 - 187920 * tou_ı + 3247257.6 * K)

    s7 = (0.031 * deltaD * tou_ı ^ 2 * Exp((-0.032 * K * time) / tou_ı)) / (-3.397 * K ^ 3 + 106.17 * K ^ 2 + 106.367 * tou_ı * K ^ 2 - 23.424 * K * tou_ı - 0.032 * tou_ı ^ 2 * K + tou_ı ^ 2)

    s8 = (0.031 * deltaD * tou_ı ^ 2 * Exp(-time / tou_ı)) / (-103680 + 3317.76 * K + 732 * tou_ı - 23.424 * tou_ı * K - tou_ı ^ 2 + 0.032 * K * tou_ı ^ 2)


    Y = (s1 - s2 - s3 - s4 + s5 + s6 + s7 + s8)
    pin = asit_off_baz_on
    asit_baz = "baz"

  ElseIf E > 0.1 Then 'BAZ SUREKLI
    'frmOtomasyon.AsitAcik.Visible = False
    'frmOtomasyon.BazAcik.Visible = True

    pin = asit_off_baz_on
    Y = 100
    asit_baz = "baz"


  ElseIf -0.3 <= E And E < 0 Then ' ASIT CALISACAK
    'frmOtomasyon.AsitAcik.Visible = True
    'frmOtomasyon.BazAcik.Visible = False

    s1 = (7.194 * deltaD * tou_ı * Exp(-time / 23)) / (195 * tou_ı + 0.667 * tou_ı * K - 4485 - 15.341 * K)
```

```
    s2 = ((7.194 * deltaD * tou_ı - 0.2086 * deltaD * tou_ı * K) * Exp((0.029 * K - 1) * time / 218)) / (-195 * tou_ı + 4.988 * tou_ı * K + K ^ 2 * tou_ı * 0.019 + 145.406 * K + 42510)

    s3 = (7.194 * deltaD * tou_ı * Exp(-time / tou_ı)) / (5014 - 241 * tou_ı + 0.667 * K * tou_ı + tou_ı ^ 2 - tou_ı ^ 2 * 0.029 * K)

    s4 = (0.759 * deltaD * tou_ı * Exp(-time / 23)) / (195 * tou_ı - 4485 + 0.667 * K * tou_ı - 15.341 * K)

    s5 = (7.194 * deltaD * tou_ı * Exp((0.029 * K - 1) * time / 218)) / (-195 * tou_ı + 4.988 * tou_ı * K + 42510 + 145.406 * K + 0.019 * K ^ 2 * tou_ı)

    s6 = (-0.033 * deltaD * tou_ı ^ 2 * Exp(-time / tou_ı)) / (5014 - 241 * tou_ı + 0.667 * K * tou_ı + tou_ı ^ 2 - 0.029 * K * tou_ı ^ 2)

    Y = (s1 + s2 + s3 - s4 - s5 - s6)


    pin = asit_on_baz_off

    asit_baz = "asit"



ElseIf E < -0.3 Then ' ASIT SUREKLI

    'frmOtomasyon.AsitAcik.Visible = True

    'frmOtomasyon.BazAcik.Visible = False


    pin = asit_on_baz_off

    Y = 100

    asit_baz = "asit"



End If


If Y > 100 Then

    Y = 100

End If


If Y < 0 Then

    Y = 0

End If
```

```
calisma_zamani = Y * 10 'VANANIN CALISMA ZAMANI
Out PortAddress, pin
Sleep calisma_zamani
If calisma_zamani <> 1000 Then
   Out PortAddress, 0
  Sleep 1000 - calisma_zamani
End If


time_old = time
time = time_old + 1   'ZAMAN ILERLETILIYOR

pH_old = pH 'SONRAKI TEKRARDA pH_old DEGERINI TUTMASI ICIN
E_old = E 'SONRAKI TEKRARDA E_old DEGERINI TUTMASI ICIN:
Tp_old = Tp 'SONRAKİ TEKRARDA Tp_old DEGERINI TUTMASI ICIN
MV_old = MV 'SONRAKİ TEKRARDA MV_old DEGERINI TUTMASI ICIN
CVm_old = CVm 'SONRAKİ TEKRARDA CVm_old DEGERINI TUTMASI ICIN

Sleep 1000 'SISTEMIN HOMOJEN HALE GELME SURESI (2sn)

frm_detay.Lbl_HataGos.Caption = E
frm_detay.Lbl_HataIntGos.Caption = E_int
frm_detay.Lbl_HataTurGos.Caption = E_diff
frm_detay.Lbl_KdGos.Caption = Kd
frm_detay.Lbl_KiGos.Caption = Ki
frm_detay.Lbl_KpGos.Caption = Kp
frm_detay.Lbl_PINGos.Caption = pin
frm_detay.Lbl_SisCikisBilGos.Caption = Y
frm_detay.Lbl_VanaSureGos = calisma_zamani / 500
frm_detay.Txt_FonkCik.Text = Y
bool_PI = False
```

```
End Function

   '//////////////////////PI KONTROL HESABI set değeri değişimi//////////////////////


   If bool_PI Then

      If 7 < SP And SP < 14 Then

  N = Sqr(9 * 10 ^ 21 * tou_ı - 6 * 10 ^ 18 * K ^ 2 * tou_ı + 5 * 10 ^ 20 * K * tou_ı) /
tou_ı

  M = 10 ^ -14 * t * N

  sinh = (Exp(M) - Exp(-M)) / 2

  cosh = (Exp(M) + Exp(-M)) / 2

  part1 = 10 ^ -15 * K * SP * Exp(-0.0009 * time - 0.000029 * K * t) * (10 ^ 26 * (sinh) - 9
* 10 ^ 22 * tou_ı * (sinh) - 3 * 10 ^ 21 * K * tou_ı * (sinh) + 10 ^ 12 * tou_ı * (cosh) * N)

  part2 = tou_ı * Sqr((4 * 10 ^ 24 * tou_ı - 3 * 10 ^ 26 * K + 4 * 10 ^ 21 * K ^ 2 * tou_ı +
3 * 10 ^ 28 * K * tou_ı) / tou_ı)

         Yyeni = (part1 / part2) 'baz

      ElseIf 0 < SP And SP < 7 Then

      A = (4.47 * 10 ^ -15) * time * Sqr((6.65 * 10 ^ 24 * K + 2.6 * 10 ^ 23 * tou_ı + 2.2 *
10 ^ 20 * K ^ 2 * tou_ı - 1.5 * 10 ^ 22 * K * tou_ı) / tou_ı)

      B = tou_ı * Sqr((1.3 * 10 ^ 28 * K + 5.26 * 10 ^ 26 * tou_ı + 4.4 * 10 ^ 23 * K ^ 2 *
tou_ı - 3.05 * 10 ^ 25 * K * tou_ı) / tou_ı)

      C = 1.3 * 10 ^ -14 * K * SP * Exp(0.0000665 * K * time - 0.00229 * time) * (10 ^ 26
* ((Exp(A) - Exp(-A)) / 2) - 2.29 * 10 ^ 23 * tou_ı * ((Exp(A) - Exp(-A)) / 2) + 4.47 * 10 ^
11 * tou_ı * ((Exp(A) + Exp(-A)) / 2) * (A / (4.47 * 10 ^ -15 * time)) + 6.65 * 10 ^ 21 * K *
tou_ı * ((Exp(A) - Exp(-A)) / 2))

      Yyeni = -(C / B) 'asit

      End If

   End If

End Sub
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Gizem AKIN
Doğum Tarihi ve Yeri	:25.11.1988 - İstanbul
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	:gizakin@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Y. Lisans	Kimya Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lisans	Kimya Mühendisliği / Bilgisayar Mühendisliği	Beykent Üniversitesi	2012
Lise	Bingül Erdem Lisesi		2007

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2015	Firmenish Ltd. Şti	Satış ve Pazarlama Proje Koordinatörü

2014	Firmenish Ltd. Şti	Laboratuvar Müdür Yardımcısı
2011	Hitit Bilgisayar	Stajyer Bilgisayar Mühendisi
2009	Şişecam A.Ş.	Stajyer Kimya Mühendisi (Ar-Ge)