

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEZER KÖPRÜLÜ VİNÇLERDE YÜK SALINIMININ BASTIRILMASI VE
PLC’de GERÇEKLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Oğuzhan ÖZDEŞ**

Anabilim Dalı : Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği

Programı : Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Salman KURTULAN

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEZER KÖPRÜLÜ VİNÇLERDE YÜK SALINIMININ BASTIRILMASI VE
PLC’de GERÇEKLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Oğuzhan ÖZDEŞ
(504091113)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 6 Mayıs 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 9 Haziran 2011

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Salman KURTULAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Neslihan ŞENGÖR (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Gülay ÖKE (İTÜ)**

HAZİRAN 2011

Aileme ve Gerçek Dostlarıma,

ÖNSÖZ

Dört seneye yakın bir süredir bilgi ve deneyimleri ile bugün geldiğim noktada en büyük paya sahip olan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Salman KURTULAN'A verdiği destek ve harcadığı zaman için teşekkürü bir borç bilirim.

Yirmi beş yıl boyunca benim için hiçbir maddi, manevi desteği esirgemeyen aileme; iyi gün kötü gün ayrımı yapmadan hep yanımda olan başta Tuba ALPAY olmak üzere tüm arkadaşlarıma ve teze olan katkılarından dolayı Yaprak YALÇIN'A sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2011

Oğuzhan ÖZDEŞ
(Kontrol Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GEZER KÖPRÜLÜ VİNÇ SİSTEMLERİ.....	3
2.1 Mekanik Sistemi.....	3
2.2 Elektrik Sistemi	4
2.2.1 Elektrik motoru	4
2.2.2 Kumanda panosu	4
2.2.3 Uzaktan kumanda modülü	5
2.3 Kontrol Sistemi	5
2.4 Kontrol Uygulamasında Kullanılacak GKVS'nin Tanıtılması	5
3. UYGULAMADA KULLANILAN VİNÇ SİSTEMİNİN DEVREYE	
ALINMASI.....	7
3.1 Simatic Manager'da Proje Açılması	7
3.2 Algılayıcılardan ve Kodlayıcılardan Gelen Verileri Ölçekleyen Fonksiyon	
Blokları	9
3.3 Motor Sürücüsü için Gerekli Ayarların Yapıldığı Fonksiyon.....	11
3.4 Operatör Panelinin Projeye Eklenmesi	13
3.5 PC-PLC Haberleşmesinin Yapılması ve SCADA.....	14
4. KONTROL ALGORİTMASININ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ.....	17
4.1 Amaç	17
4.2 Genel Kontrol Yapısı	17
4.3 Kontrol Bloklarının Tasarımı	19
4.3.1 Kontrol otomatı fonksiyon bloğu.....	19
4.3.2 PID kontrol fonksiyon bloğu.....	22
4.3.3 Veri toplama fonksiyonu.....	24
4.3.4 İkinci mertebeden sistemlerin kontrolü için PID katsayılarını otomatik	
üreten fonksiyon	25
4.3.5 İkinci mertebeden integral etkili sistemlerin kontrolü için PD katsayılarını	
otomatik üreten fonksiyon	32
4.4 GKVS'nde Yük Açısının Kontrolü	35
4.4.1 Teta/Moment transfer fonksiyonunun bulunması	35
4.4.2 Vinçteki yük açısının PID ile kontrolü	37
4.5 GKVS'nde Konum Kontrolü	37
4.5.1 Konum/Moment transfer fonksiyon bloğunun bulunması	37
4.5.2 Vinç konumunun PD ile kontrolü	38

5. GKVS'nin TEST EDİLMESİ ve SONUÇLAR	39
5.1 GKVS'nin Test Edilmesi.....	39
5.2 Sonuçlar	40
KAYNAKLAR.....	41
EKLER.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	47

KISALTMALAR

CPU	: Central Processing Unit
HMI	: Human Machine Interface
GKVS	: Gezer Köprülü Vinç Sistemleri
İMAZS	: İkinci Mertebeden Az Sönümlü Sistem
PID	: Proportional-Integral-Derivative
PLC	: Programmable Logic Controller
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Donanım modüllerinin açıklamaları	8
Çizelge 3.2 : Açık algılayıcı fonksiyon bloğunun giriş-çıkışları	10
Çizelge 3.3 : Sayıcıdan gelen konum bilgisini ölçekleyen fonksiyonun giriş-çıkışları.	11
Çizelge 3.4 : Motorun sürülmesine ilişkin ayarların yapıldığı fonksiyonun girişleri.	13
Çizelge 3.5 : Motorun sürülmesine ilişkin ayarların yapıldığı fonksiyonun çıkışları.	13
Çizelge 4.1 : Kontrol otomatının olaylarına ilişkin açıklama	20
Çizelge 4.2 : Kontrol otomatının durumlarına ilişkin açıklama	20
Çizelge 4.3 : Kontrol otomatı fonksiyon bloğunun giriş-çıkışları	22
Çizelge 4.4 : PID kontrol fonksiyon bloğunun giriş-çıkışları.....	23
Çizelge 4.5 : Veri toplama fonksiyonunun giriş-çıkışları.....	24
Çizelge 4.6 : PID katsayılarını otomatik üreten fonksiyonunun giriş-çıkışları.	32
Çizelge 4.7 : XZ düzleminde açı-moment dinamiğini gösteren parametreler.....	36
Çizelge 4.8 : XZ düzleminde açı kontrolüne ilişkin PID katsayı değerleri.....	37
Çizelge 4.9 : X eksenindeki konum-moment dinamiğini gösteren parametreler.	38
Çizelge 4.10 : XZ düzleminde konum kontrolüne ilişkin PD katsayı değerleri.....	38

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Gezer köprülü vinç örneği [3].	3
Şekil 2.2 : GKVS'nin genel görünüşü.	6
Şekil 2.3 : GKVS'nin kontrol ve operatör kısmı.	6
Şekil 3.1 : Projenin donanımsal ayarları (PLC).	8
Şekil 3.2 : Açık algılayıcısını ölçekleyen fonksiyon bloğu.	9
Şekil 3.3 : Vincin konumu ölçekleyen fonksiyon bloğu.	10
Şekil 3.4 : Motorun sürülmesine ilişkin ayarların yapıldığı fonksiyon.	12
Şekil 3.5 : Operatör panelinin üstten görünüşü.	14
Şekil 3.6 : SCADA donanım ayarlarının yapılması.	15
Şekil 3.7 : SCADA genel görünümü.	16
Şekil 4.1 : GKVS'nin genel blok diyagramı.	18
Şekil 4.2 : PLC içerisindeki organizasyon bloklarının görünüşü.	19
Şekil 4.3 : Kontrol otomatı.	20
Şekil 4.4 : Kontrol otomatı fonksiyon bloğu.	21
Şekil 4.5 : PID kontrolör ile sistemin kontrolüne ilişkin blok diyagramı.	22
Şekil 4.6 : PID kontrol fonksiyon bloğu görünüşü.	23
Şekil 4.7 : Veri toplama fonksiyonu görünüşü.	24
Şekil 4.8 : İkinci mertebeden az sönümlü sistemin basamak girişe yanıtı.	25
Şekil 4.9 : İkinci mertebeden sisteme ilişkin kapalı çevrim kutuplarının yer eğrisi..	28
Şekil 4.10 : Otomatik PID katsayılarının nasıl üretildiğine ilişkin blok diyagramı. .	31
Şekil 4.11 : PID katsayılarını otomatik üreten fonksiyon.	32
Şekil 4.12 : İkinci mertebeden integral etkili sistemin basamak girişe yanıtı.	33
Şekil 4.13 : Sistemin birim basamak yanıtı (açı-moment).	36
Şekil 4.14 : Sistemin birim basamak yanıtı (konum-moment).	38
Şekil 5.1 : Sistemin açık çevrimde test fonksiyonuna verdiği cevap.	39
Şekil 5.2 : Sistemin kapalı çevrimde test fonksiyonuna verdiği cevap.	40

GEZER KÖPRÜLÜ VİNÇLERDE YÜK SALINIMININ BASTIRILMASI VE PLC’de GERÇEKLENMESİ

ÖZET

Endüstriyel teknolojiye gerçekleşen hızlı artış, kullarımdaki mevcut sistemlerin yeni teknolojiyi destekleyecek şekilde düzenlenmesini zorunlu kılmıştır. Yapılacak düzenleme, kullanılan sistemin yerine tamamen yeni bir sistemin kurulması şeklinde olabileceği gibi, var olan sistem üzerinde güncelleştirme yapılarak da gerçekleştirilebilir. Yük taşımacılığı, inşaat sektörü ve fabrikalardaki üretim hatları gibi sanayinin pek çok alanında kullanılan vinçlerin de teknolojinin elverdiği ölçüde yenilenmesi, düşük maliyet, kolay bakım ve montaj gibi avantajları da beraberinde getirmektedir.

Vinç, hareketi sonucunda taşımakta olduğu yük üzerinde salınıma yol açar. Vinçteki bu salınım, taşıma verimliliğini düşürür. Bu durum, vinçlerde yük salınımının bastırılması problemini ortaya çıkarır. Bu problemin çözümüne yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur ve vinç kontrolü sarkaç probleminin çözümü şeklinde ele alınır.

Vinç sistemi, iki çıkışın (açı, konum) bir giriş ile (moment) kontrol edilmesi gerektiği için eksik tahrikli sistem örneğidir. Literatürde eksik tahrikli sistemlere yönelik çözümler her iki çıkışı aynı anda kontrol etmek şeklinde verilmektedir. Buna ek olarak, sistemin kontrolü zaman ekseninde iki bölümde ele alınabilir. Zamanın ilk diliminde açı salınımını bastırmak ikinci zaman diliminde ise, ilk zaman dilimi sonucunda ortaya çıkan konum sapmasını azaltarak yükün konumunu referans konum değerine çekmek şeklinde gerçekleştirilebilir.

Bu tez çalışmasında, gezer köprülÜ vinçlerdeki yük salınımının bastırılması probleminin çözümüne yönelik PLC uygulaması gerçekleştirilecektir. Bu çözüm sırasında PID kontrol kuralı ve otomat ayrık olay yaklaşımı kullanılacaktır.

ANTI-SWAY CONTROL OF OVERHEAD CRANES AND REALIZATION WITH PLC

SUMMARY

The rapid growth in industrial technology has made people to edit their systems in such a way that new technologies can be supported. This edition can be done in two ways; either removing the old system and forming a total new technology supporting system, or updating the existing system according to the new technology. Cranes, which are widely used in many fields of industry like load transportation, construction, production lines in factories etc, should also be updated according to the innovations. By the renewals, lower costs, ease in setup and maintenance properties can be satisfied.

The movement of a crane causes oscillation over the load that is connected with crane. With this oscillation, transportation efficiency gets lower. This situation arises a problem which deals with the suppression of the oscillation of the load. Solution proposals for this problem are available in literature and control of crane problem can be considered as pendulum problem.

A crane system is an example of underactuated system because of the obligation of control mechanism in which, two outputs (angle and position) should be controlled with one input (moment). In literature, solutions for this kind of underactuated problems are given in a manner that both outputs are controlled at the same time. In addition, it is possible to claim that the system control can be provided in two different time intervals. In first time interval, angle oscillation can be suppressed and in the following interval, the position deviation caused in first time interval should be decreased so the load will be brought to the reference position.

In this study, the problem on “suppression of the load oscillation in overhead crane systems” will be examined and a PLC application for this problem will be given. In this solution method, PID control rule and automat discrete event approach will be used.

1. GİRİŞ

İlk vinç fabrikasının Ludwig Stuckenholz şirketi tarafından 1830'da açılmasından bu yana geçen sürede sanayileşmenin hızla artmasının ve teknolojiye yeniliklerin sonucu olarak; mekanik vinç kontrol sistemleri yerini sırasıyla elektromekanik, röle tabanlı, elektronik kartlı ve bilgisayar tabanlı sistemlere bırakmıştır. [1]. Günümüzde ise, pek çok endüstriyel otomasyon uygulamalarında kullanılan, PLC'ler ile vinç kontrol sistemlerinin gerçekleştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Genellikle, giriş biçimlendirme yönteminin kullanıldığı uygulamaların [2], [3], [4] yanı sıra uyarlamalı kontrol yöntemi [5], [6] kullanılarak yapılan uygulamalar da bulunmaktadır. Tüm bu çalışmalara ek olarak, durum geri besleme [7], lineer olmayan eşleme [8] gibi birçok değişik kontrol kuralları kullanarak yapılmış çalışmalar da literatürde yer almaktadır.

Bu tezde literatürdeki yöntemler göz önünde bulundurularak, gezer köprülü vinç sistemi için farklı bir kontrol yöntemi anlatılacak ve PLC'de uygulaması gerçekleştirilecektir. Bu amaçla, ikinci bölümde gezer köprülü vinç sistemi, üçüncü bölümde ise uygulamada kullanılacak vinç sisteminin devreye alınması hakkında bilgi verilecektir. Dördüncü bölümde, kontrol algoritmasının tasarımı ve gerçekleştirilmesi anlatılacaktır. Son olarak, örnek vinç sistemi üzerinde tasarımın test edilmesi ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi beşinci bölümde ele alınacaktır.

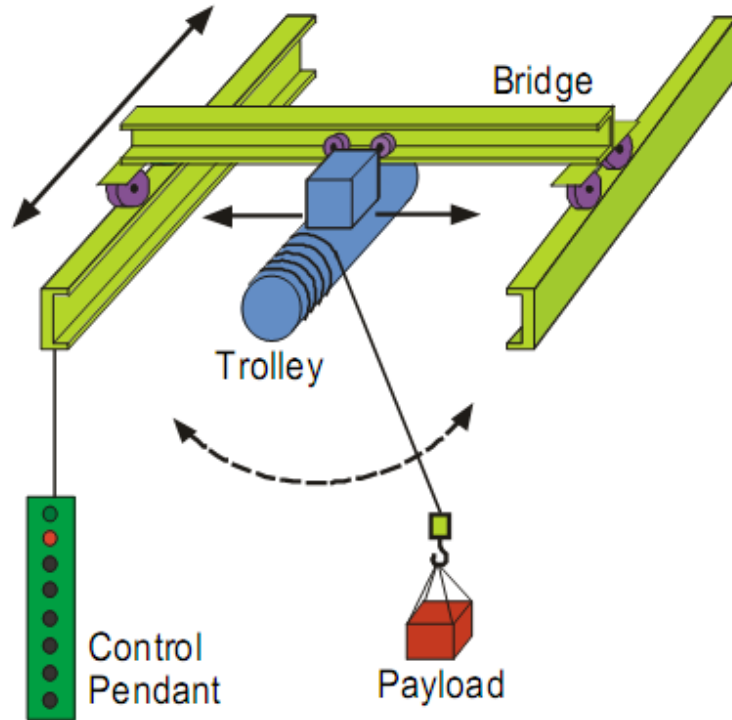
2. GEZER KÖPRÜLÜ VİNÇ SİSTEMLERİ

GKVS temelde Mekanik ve Elektrik olmak üzere iki ana alt bölümden oluşmaktadır. Hassas uygulamalarda ayrıca kontrol bölümü de eklenebilmektedir. Kontrol bölümü, çeşitli algılayıcılardan aldığı verileri işleyerek, vinç sistemini tahrik eden motorun kontrolünü yapmaktadır.

Bu bölümde genel hatlarıyla bu sistemler anlatılacaktır. Ayrıca uygulamada kullanılacak GKVS tanıtılacaktır.

2.1 Mekanik Sistemi

GKVS'nin mekanik elemanları; köprü, tekerlek, makara sistemi ve kanca olmak üzere dörde ayrılır. Bir GKVS örneği Şekil 2.1'de görülmektedir. Köprü, vinç sistemini askıda tutmaya yarar. Köprünün bağlandığı kısımlarda lineer hareketi sağlamak üzere tekerlekler görev yapar. Yüğü aşağı-yukarı hareket ettirmek için makara sistemi kullanılır. Kanca, halat ile yük arasındaki bağlantıyı sağlar.



Şekil 2.1 : Gezer köprülü vinç örneği [3].

2.2 Elektrik Sistemi

GKVS’nde elektrik bölümü elektrik motoru, kumanda panosu ve uzaktan kumanda modülü olmak üzere üçe ayrılabilir [9]. Aşağıda bu elemanlar anlatılacaktır.

2.2.1 Elektrik motoru

Vinçlerin tahriki için yaygın olarak alternatif akım motorları kullanılmaktadır. Genel tanımı ile elektrik motoru; elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren bir makinedir. Vinç yapımında en önemli aşamalardan biri uygun kapasitedeki motor seçimidir. Motor seçilirken tam yükteki momentin %15-20 fazlasına cevap verecek şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Bunun nedeni ise dişli kutusundaki ve sürtünmeden kaynaklanan kayıplardır. Motor seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer unsurlar ise montaj şekli, dış yüzey koruması ve soğutma şekilleridir.

Vinç uygulamalarında genellikle asenkron motorlar kullanılır. Asenkron motorlar eş zamanlı olmayan makinelerdir. Stator sargılarında oluşan döner alan ile rotorun dönme hızı birbirinden farklıdır. Asenkron motorlar bir, iki ve üç fazlı olarak imal edilebilir. Ancak iki fazlı asenkron motor genellikle kullanılmamaktadır. En fazla kullanılan asenkron motor üç fazlı sincap kafesli motordur. Bilezikli asenkron motorun kalkış momenti daha iyi olduğu için vinç uygulamalarında bu tür asenkron motorlar kullanılmaktadır.

2.2.2 Kumanda panosu

Kumanda panosu; sigorta, kontaktör, aşırı akım rölesi ve zaman rölesi gibi vincin çalışma özelliğine göre kullanılan malzemelerin yerleştirildiği kutudur. Vincin çalışması için gerekli olan tüm devre elemanları bu pano içinde yer almaktadır.

Motorun çalışması esnasında motorda aşırı yüklenme, voltaj düşmesi veya yükselmesi, bir fazın kesilmesi, faz sırasındaki değişiklik gibi kritik olaylar meydana gelebilir. Bu olaylar gerçekleştiğinde, bir tehlikenin oluşmaması için çeşitli koruma elemanları (termik, faz sıra rölesi vs.) kullanılır.

2.2.3 Uzaktan kumanda modülü

Uzaktan kumanda modülü, vincin her türlü hareketini sağlamak üzere tasarlanmış, üzerinde butonlar bulunan parçadır. Uzaktan kumanda modülü günümüzde kablolu ve kablosuz olmak üzere iki çeşittir. Kablolu modül, askı halatı ve elektrik kablosu ile panoya bağlanmıştır. Kablosuz modül ise elektronik devre ile kumanda panosunu kumanda etmektedir.

2.3 Kontrol Sistemi

Vinçlerde kontrol sistemi; yüksek maliyetli olması sebebiyle çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu yüzden genelde hassas uygulamalarda kullanılır. Ayrıca vinç sisteminin lineer olmaması ve eksik tahrikli olması zor bir kontrol problemini ortaya çıkarır.

Vinç sistemini kontrol edebilmek için çeşitli algılayıcı, kodlayıcı, motor sürücüsü ve elektronik kontrolöre (PLC, PIC vs.) ihtiyaç vardır. Sistemde motorun hareket edebileceği uç noktaları sınırlayan limit anahtar algılayıcıları kullanılır. Bu algılayıcılar kontrolörün giriş-çıkış birimlerine bağlanır. Yükün salınımını söndürebilmek için yük açısının ölçülmesi gerekmektedir. Bunun için de açı algılayıcıları kullanılır. Ayrıca motorun hassas bir şekilde kontrolü için motor sürücüsü ve sistemin konumunu algılayan kodlayıcılar kullanılır.

2.4 Kontrol Uygulamasında Kullanılacak GKVS'nin Tanıtılması

Bu çalışmada kullanılacak GKVS'nin genel görünüşü Şekil 2.2'de gösterilmektedir. Bu düzenek X-Y-Z doğrusal eksenler ve θ döner ekseni olmak üzere dört serbestlik derecesine sahiptir. XZ ve YZ düzlemlerinde açı algılayıcıları bulunmaktadır. Yük makara sistemi ile vinç köprüsünde bulunan motor tarafından kontrol edilmektedir. Ayrıca yük, elle kontrol edilen sabit mıknatıs sayesinde, GKVS'ne bağlanmaktadır. Her bir eksenin uçlarında anahtar algılayıcılar ve acil durum anahtar algılayıcıları bulunmaktadır. Şekil 2.3'te GKVS'nin kontrol ve operatör kısmı görülmektedir. Bu şekilde sol tarafta motor sürücülerini, yukarıda PLC ve alt kısımda operatör paneli yer almaktadır.



Şekil 2.2 : GKVS'nin genel görünüşü.



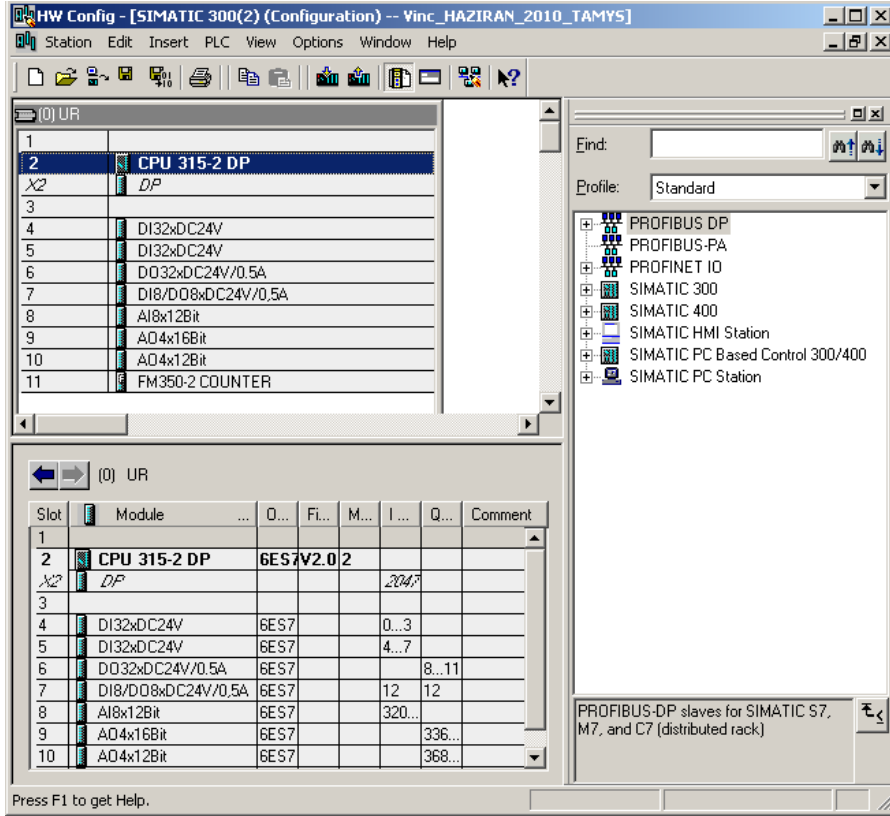
Şekil 2.3 : GKVS'nin kontrol ve operatör kısmı.

3. UYGULAMADA KULLANILAN VİNÇ SİSTEMİNİN DEVREYE ALINMASI

Uygulamada kullanılan GKVS'nin kontrolü için SIEMENS marka PLC kullanılmaktadır. PLC'nin programlamasında SIMATIC MANAGER programı kullanılacaktır. İlk bölümde bu programda proje açılması ve kullanılan modüller programa tanıtılacak, daha sonra GKVS'nden PLC'ye gelen algılayıcı ve kodlayıcı bilgilerinin nasıl işlendiği anlatılacaktır. Son olarak, vincin tahrik gücünü oluşturan elektrik motorlarının sürülmesi için gerekli ayarları gerçekleştiren fonksiyondan bahsedilecektir.

3.1 Simatic Manager'da Proje Açılması

Neredeyse bütün tasarım programlarında olduğu gibi Dosya menüsünden Yeni sekmesi seçilerek proje açılır. İlk olarak GKVS'nde kullanılacak donanımların proje içerisinde tanıtılması gerekmektedir. Bunun için SIMATIC MANAGER programı içindeki HW Config uygulaması açılır. Bu uygulamada kullanılacak donanımlar sağ tarafta bulunan listeden sırasıyla sol üst köşeye eklenir. Projenin donanımsal ayarlarının yapıldığı HW Config programı, vinç uygulamasında kullanılacak şekilde ayarlanmış ve Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi projede SIEMENS'in CPU 315-2 DP isimli PLC kullanılacaktır. Bu PLC, PROFIBUS haberleşmesi yapabilmektedir. Haberleşmenin daha hızlı olması için bu protokol kullanılacaktır. Ayrıca GKVS'nden gelen dijital sinyalleri PLC'de değerlendirmek üzere dijital giriş modülleri, motor sürücü ayarları ve operatörü bilgilendirmek amaçlı dijital çıkış modülü ve analog çıkış modülleri, algılayıcılardan gelen analog değerleri ölçmek üzere analog giriş modülü ve son olarak motor kodlayıcılarından gelen darbelerin sayılması için gerekli sayıcı modülü eklenmiştir. Çizelge 3.1'de projede kullanılacak modüllerin açıklamaları yer almaktadır.



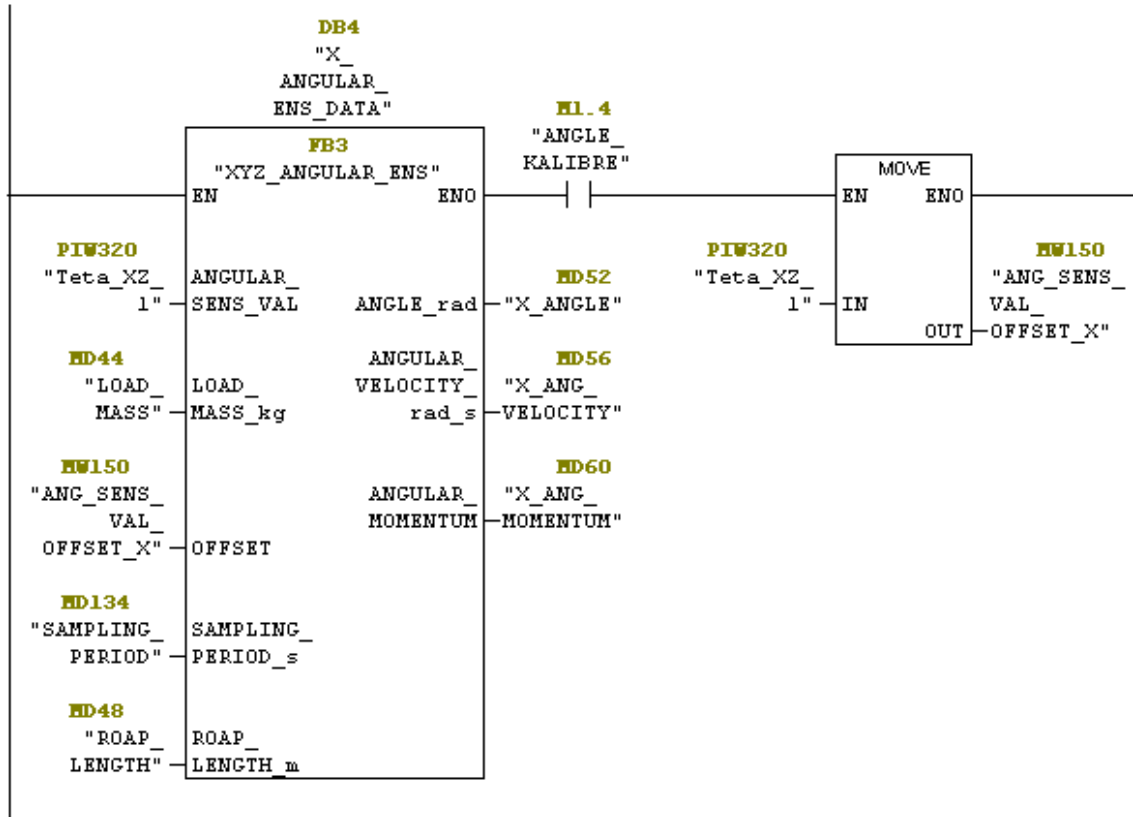
Şekil 3.1 : Projenin donanımsal ayarları (PLC).

Çizelge 3.1 : Donanım modüllerinin açıklamaları.

Modül	Açıklama
CPU 315-2 DP	Siemens S7-300 ailesinden profibus haberleşmeli CPU
DI32xDC24V	Üzerinde 32 adet DC24V dijital giriş bulunduran modül
DI32xDC24V	Üzerinde 32 adet DC24V dijital giriş bulunduran modül
DO32xDC24V/0.5A	Üzerinde 32 adet DC24V maksimum 0.5A verebilen dijital çıkış bulunduran modül
DI8xDO8xDC24V/0.5A	Üzerinde 8 adet DC24V maksimum 0.5A verebilen dijital çıkış ve 8 adet DC24V dijital giriş bulunduran modül
AI8x12Bit	Üzerinde 8 adet 12 Bitlik analog giriş bulunduran modül
AO4x16Bit	Üzerinde 4 adet 16 Bitlik analog çıkış bulunduran modül
AO4x12Bit	Üzerinde 4 adet 12 Bitlik analog çıkış bulunduran modül
FM350-2 COUNTER	Üzerinde 8 adet sayıcı bulunduran modül

3.2 Algılayıcılardan ve Kodlayıcılardan Gelen Verileri Ölçekleyen Fonksiyon Blokları

GKVS’nde XZ ve YZ düzlemlerinde açı algılayıcıları kullanılmaktadır. Bu açı algılayıcılardan gelen +/- 5V değişken gerilimler PLC’nin analog giriş modülündeki bir kanala bağlanmış ve ilgili kanalların ayarları bu gerilim seviyesini ölçebilecek şekilde ayarlanmıştır. PLC’ye gelen bu bilgi bir açı birimi olan radyan ya da derece şeklinde değildir. Bu yüzden bu bilginin işlenmesi gerekmektedir. Şekil 3.2’de bu işlevi yerine getiren fonksiyon bloğunun XZ eksenine ilişkin örneği verilmiştir. Bu fonksiyon bloğunun içinde açı algılayıcısından gelen değer, offset değerinden çıkarılır ve belirlenen ölçek oranında çarpılarak açının radyan cinsinden değeri elde edilir. Ek olarak örnekleme periodu, yük kütlesi ve halatın boyuna bağlı olarak açının rad/s cinsinden hızı ve açının momentumu hesaplanır. Çizelge 3.2’de fonksiyon bloğuna ilişkin açıklama yer almaktadır.

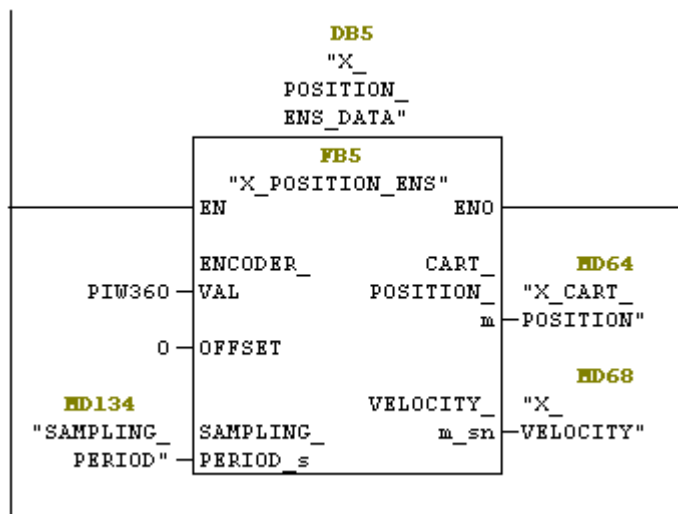


Şekil 3.2 : Açı algılayıcısını ölçekleyen fonksiyon bloğu.

Çizelge 3.2 : Açı algılayıcı fonksiyon bloğunun giriş-çıkışları.

Giriş-Çıkış	Açıklama
ANGULAR_SENS_VAL	Ölçeklenecek açı algılayıcısından gelen bilgi
LOAD_MASS_kg	Yükün kg cinsinden kütlesi
OFFSET	Açı algılayıcısının 0 derecede ölçtüğü sayısal değer
SAMPLING_PERIOD_s	Saniye cinsinden örnekleme periodu
ROAP_LENGTH_M	Metre cinsinden halatın boyu
ANGLE_rad	Radyan cinsinden ölçeklenmiş açı değeri
ANGULAR_VELOCITY_rad_s	rad/s cinsinden açısal hız değeri
ANGULAR_MOMENTUM	Açısal momentumu

Sistemin kontrolünü gerçekleştirmek için sadece açı bilgileri yeterli gelmemektedir. Vincin bulunduğu konum bilgisinin anlık ve doğru bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Bunun için motorların dönmelerine bağlı darbe üreten modüle ihtiyaç vardır. Bu modüle kodlayıcı denmektedir. Kodlayıcı modülü, motorun hareketine göre çeşitli hassaslıkta darbe üretebilmektedir. Bu modülden gelen darbelerin frekansları çok büyük olduğundan PLC'nin CPU'su tarafından sayılması zordur. Bu işlevi yerine getirecek sayıcı (COUNTER) modüller kullanılmaktadır. Bu modül motorun kodlayıcılarından gelen darbeleri otomatik bir şekilde sayar ve CPU bu veriyi her çevrim başında kodlayıcıdan alır. Haliyle belirli bir örnekleme periodu içerisinde bu bilgiyi alıp işlemek gerekmektedir. Şekil 3.3'te vincin konumunu ölçekleyen fonksiyon bloğu gösterilmektedir.



Şekil 3.3 : Vincin konumu ölçekleyen fonksiyon bloğu.

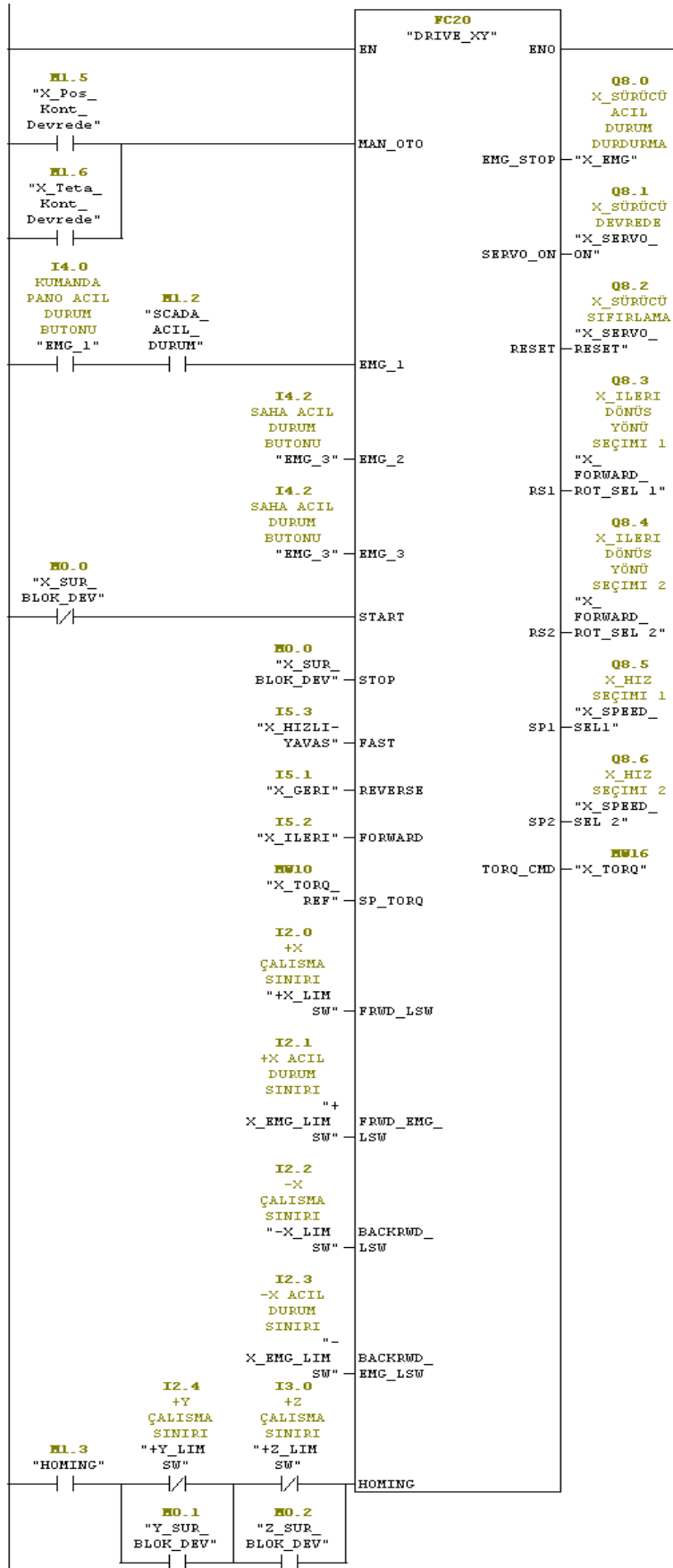
Çizelge 3.3'te kodlayıcıdan gelen konum bilgisini ölçekleyen fonksiyon bloğunun giriş-çıkış değişkenlerine ilişkin açıklama gösterilmektedir.

Çizelge 3.3 : Sayıcıdan gelen konum bilgisini ölçekleyen fonksiyonun giriş-çıkışları.

Giriş-Çıkış	Açıklama
ENCODER_VAL	Sayıcı modülünden gelen konum bilgisi
OFFSET	Referans noktasında sayıcının ölçtüğü değer
SAMPLING_PERIOD_s	Saniye cinsinden örnekleme periodu
CART_POSITION_m	Metre cinsinden ölçeklenmiş konum değeri
X_VELOCITY_m_s	m/s cinsinden vincin hız değeri

3.3 Motor Sürücüsü için Gerekli Ayarların Yapıldığı Fonksiyon

PLC tarafından kontrol edilecek motorların sürülmesi için motor sürücüsü gerekmektedir. Çünkü PLC motorun istediği akım ve gerilim değerlerini üretemez. Bu sebepten dolayı motor ile PLC arasına ek bir modül gerekmektedir. Bu modül motor sürücüsüdür. Motor sürücüsü PLC'den aldığı hız, konum, ivmelenme, moment gibi büyüklükleri gerçekleştirecek olan akım ve gerilim değerlerini üretecek şekilde tasarlanmıştır. GKVS projesinde MITSUBISHI marka MR-J2S-40A modeli motor sürücüsü kullanılmaktadır. Haliyle PLC ile motor sürücüsü arasında bir haberleşmenin olması gerekmektedir. Bu işlevi yerine getirmek üzere Şekil 3.4'te gösterilen fonksiyon geliştirilmiştir. Bu fonksiyonda otomatik-manuel, hızlı-yavaş, ileri-geri ayarları, motorun çalışma sınırları dışına çıkması halinde ve acil durumlarda motorun durdurulması için girişler bulunmaktadır. Ayrıca vinç sistemini X-Y-Z eksenlerindeki başlangıç durumlarına getirecek bir giriş eklenmiştir. Bu giriş aktif olduğunda, önce Z eksen, sonra Y eksen ve son olarak X eksen başlangıç durumuna geçmektedir. Motor sürücüsünün üreteceği moment değeri de bu fonksiyon bloğuna giriş olarak eklenmiştir. Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'te motorun sürülmesine ilişkin ayarların yapıldığı fonksiyonda kullanılan giriş-çıkışlara ilişkin açıklama yer almaktadır.



Şekil 3.4 : Motorun sürülmesine ilişkin ayarların yapıldığı fonksiyon.

Çizelge 3.4 : Motorun sürülmesine ilişkin ayarların yapıldığı fonksiyonun girişleri.

Giriş	Açıklama
MAN_OTO	Motorun otomatik-manuel modunun seçilme isteği
EMG_1, EMG_2, EMG_3	Acil durum girişleri
START	Motorun çalışmaya hazır hale gelmesi
STOP	Motorun normal halde durdurulması
REVERSE	Motorun belirlenen referans yönüne ters yönde dönmesinin seçilmesi
FORWARD	Motorun belirlenen referans yönünde dönmesinin seçilmesi
SP_TORQ	Motorun uygulanması istenen moment değeri
FRWD_LSW	İleri yöndeki limit anahtar sensörü
FRWD_EMG_LSW	İleri yöndeki acil durum limit anahtar sensörü
BACKWRD_LSW	Geri yöndeki limit anahtar sensörü
BACKWRD_EMG_LSW	Geri yöndeki acil durum limit anahtar sensörü
HOMING	İlgili eksendeki referans noktasına götüren giriş

Çizelge 3.5 : Motorun sürülmesine ilişkin ayarların yapıldığı fonksiyonun çıkışları.

Çıkış	Açıklama
EMG_STOP	Acil durumda motora dur emrini veren çıkış
SERVO_ON	Motorun dönmesi için hazır hale getiren çıkış
RESET	Motor sürücüsünü resetleyen çıkış
RS1, RS2	Motorun yönüne belirleyen çıkışlar
SP1, SP2	Motorun hızını belirleyen çıkışlar (Hızlı - Yavaş)
TORQ_CMD	Motora uygulanacak momentin belirlendiği çıkış

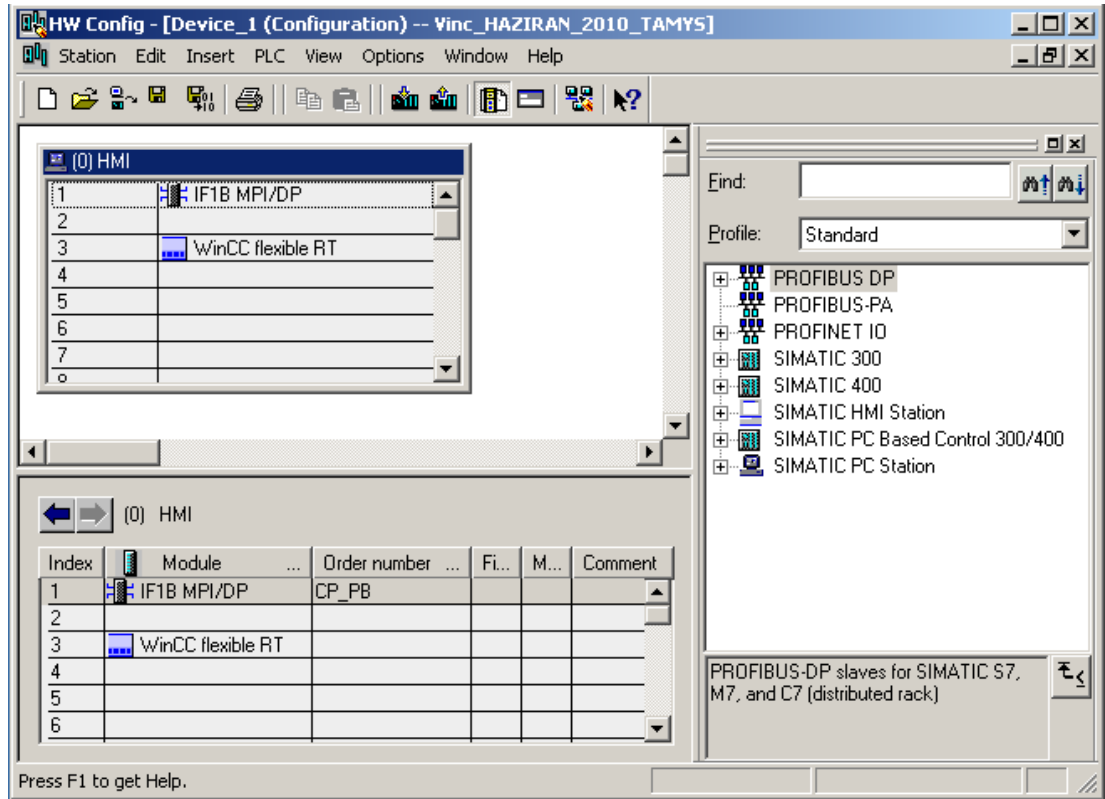
3.4 Operatör Panelinin Projeye Eklenmesi

Şekil 3.5’te operatör panelinin üstten görünüşü yer almaktadır. Bu panel sayesinde X-Y-Z eksenlerinde ileri-geri hareket için komut verilebilmektedir. Panel üzerinde otomatik-manuel durum, motorların hızlı-yavaş çalışma durumları ve motorların başlatılması için butonlar bulunmaktadır. Şekilden de görüldüğü gibi panel üzerinden alınan komut sinyalleri kablo aracılığıyla PLC’ye aktarılmaktadır. Ayrıca sistemin durumuna ilişkin lambalar panel üzerinde bulunmaktadır. Bu lambalar sayesinde

operatör bilgilendirilmektedir. Panelin üzerinde aşırı akıma karşı 1 amperlik cam sigorta vardır.

Şekil 3.5 : Operatör panelinin üstten görünüşü.

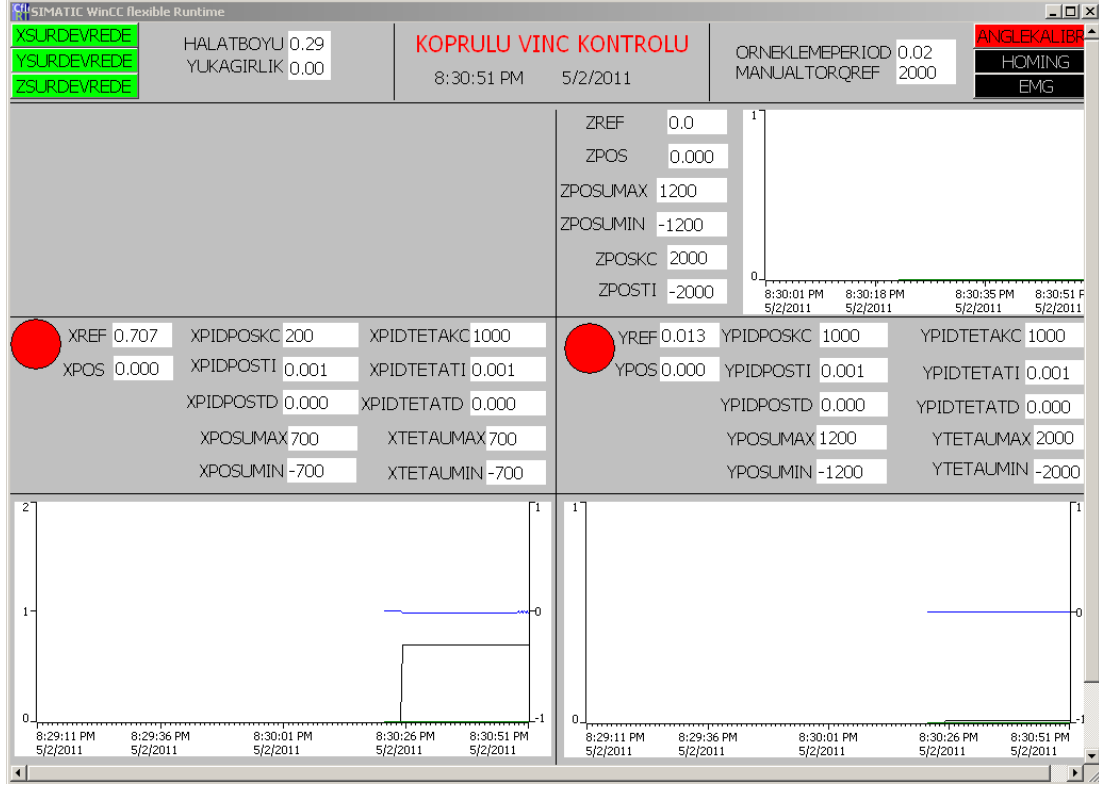
3.5 PC-PLC Haberleşmesinin Yapılması ve SCADA



Şekil 3.6 : SCADA donanım ayarlarının yapılması.

SCADA tasarımı için kullanılacak program Simatic Manager'dan farklı olduğu için haberleşme ayarlarının bir de yeni program (WinCC Flexible) üzerinde yapılması gerekmektedir.

GKVS için tasarlanan SCADA, Şekil 3.7'de verilmiştir. Bu arayüz üzerinde sol üst köşede bulunan düğmeler yardımıyla motorlar devreye alınıp, durdurulabilmektedir. Ayrıca yükün bağlı bulunduğu halat boyu, örnekleme periyodu, manuel tork değeri gözlenebilmektedir. Projenin esas amacı olan yük salınımının kontrolü için X-Y-Z eksenlerindeki kontrolörlere ilişkin çeşitli ayarlar yapılabilmektedir. Sistemin çalışmasını daha kolay gözlemek amacıyla önemli verilerin anlık grafiği çizilmektedir.



Şekil 3.7 : SCADA genel görünümü.

4. KONTROL ALGORİTMASININ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

4.1 Amaç

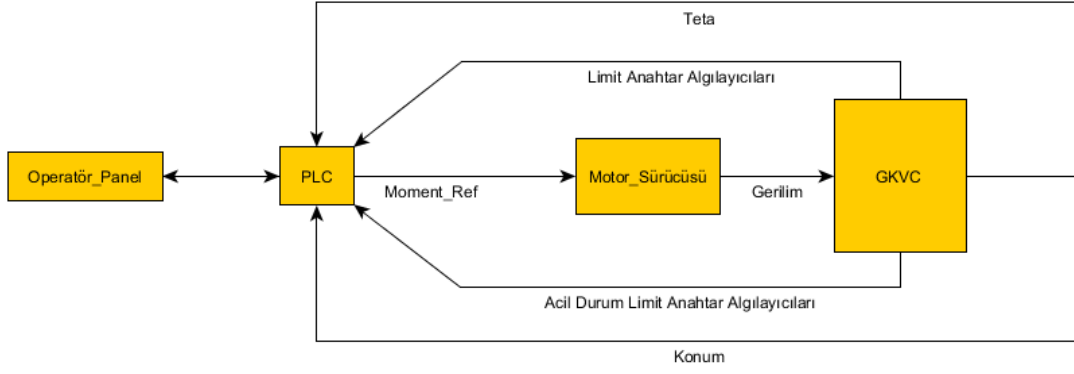
Bu bölümde GKVS'nin hareketi sırasında yükteki salınım problemine bir çözüm önerilecektir. Ancak bu çözümde literatürdeki çalışmalardan daha farklı bir yöntem kullanılacaktır. Bu yöntem, daha çok vinç operatörünün işini kolaylaştırmaya yönelik bir çözüm olarak tasarlanmıştır.

Kontrol tasarımını kısaca şöyle özetleyebiliriz; operatör yükteki salınımı düşünmeksizin, yükü götürmek istediği yere götürür. Ardından PLC'de yük salınımının söndürülmesi için aç kontrolörü devre girer. Yük belirlenen aç bandına girdiği zaman, aç kontrolörü devreden çıkar. Bu kontrol sırasında vinç, operatörün istediği konumdan ayrılabilir. Bu durumda vinç operatörünün istediği konuma yükte salınım oluşturmada geri getirebilecek konum kontrolörü devreye girer. Bu kontrolör de referans konum üzerinde belirli bir banda girdiği zaman devreden çıkar. Böylece vinç ile yüklerin taşınması yarı otomatik olarak gerçekleştirilir.

4.2 Genel Kontrol Yapısı

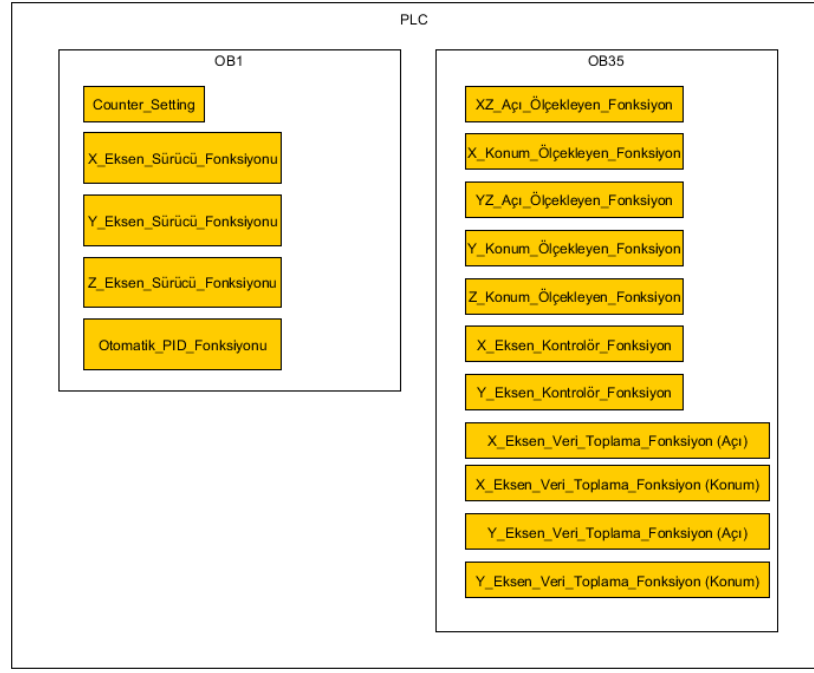
Şekil 4.1'de GKVS'nin genel blok diyagramı verilmiştir. Blok diyagramından da görüldüğü gibi GKVS'ndeki motorlara gerilim uygulanarak motorların dönmesi sağlanır. Bunun sonucunda motorun konumu ve yükteki salınım ölçülür. Ayrıca motorun çalışma sınırını belirleyen anahtar algılayıcılar da bulunmaktadır.

Bu bölüme kadar vincin devreye alınması için PLC'de kullanılması gereken blokları anlatılmıştır. Şimdi de yükteki salınımı sönümlendirecek algoritmayı uygulamak üzere geliştirilmiş fonksiyonlar anlatılacaktır.



Şekil 4.1 : GKVS'nin genel blok diyagramı.

Tasarımı anlatmaya başlamadan önce PLC'nin içerisindeki genel yapıyı anlatmak daha doğru olacaktır. Hem bu bölüme kadar yapılanların PLC içerisinde nasıl kullanılacağını hem de bundan sonra oluşturulacak fonksiyonların nasıl kullanılacağını incelenecektir. Şekil 4.2'de PLC'de bulunan organizasyon blokları gösterilmiştir. OB1 içerisinde; sayıcının ayarlarının yapıldığı fonksiyon, X-Y-Z eksenlerindeki motor sürücülerini kontrol eden fonksiyonlar ve bu bölümde anlatılacak PID katsayılarını otomatik üreten fonksiyon yer almaktadır. OB35 ise kesmeli çalışan bir organizasyon bloğudur. Bu projede örnekleme periyodu 20 ms seçilmiştir. Haliyle OB35 içerisinde yer alan fonksiyonlar her 20 ms'de bir çalıştırılmaktadır. OB35 içerisinde; XZ ve YZ düzlemlerindeki açılar ölçekleyen fonksiyonlar, vincin X-Y-Z eksenlerindeki konumlarını ölçekleyen fonksiyonlar ve bu bölümde anlatılacak kontrol kuralını X ve Y eksenleri için uygulayan kontrolör fonksiyonları ayrıca yine bu bölüm içinde anlatılacak ve sistem hakkında bilgi toplama amacıyla geliştirilen veri toplama fonksiyonları yer almaktadır.



Şekil 4.2 : PLC içerisindeki organizasyon bloklarının görünüşü.

4.3 Kontrol Bloklarının Tasarımı

Amaç kısmında anlatılan çerçevede kontrol bloklarının tasarımı gerçekleştirilecektir. İlk olarak açı ve konum kontrolü yapacak PID kontrolörlerini yönetecek bir bloğa ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı karşılamak üzere kontrol otomatı fonksiyon bloğu tasarlanmıştır. Tasarım aşamasında formal bir yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemin adı otomattır. Otomatlar ile yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır [10]. Burada bu yöntemin işleyişi anlatılmayacaktır.

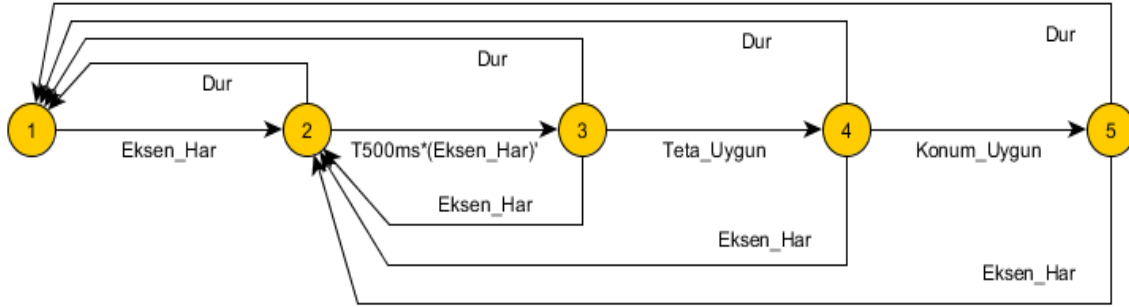
Daha sonra PID kontrolörünü gerçekleştirmek üzere hazırlanmış fonksiyon bloğu anlatılacaktır. Bu blok geliştirilirken PID kontrolörünün fark denklemleri göz önünde bulundurulmuştur [11].

Son olarak da sistemin transfer fonksiyonlarını belirlemek ve sistem cevabını gözlemlemek amacıyla oluşturulan veri toplama bloğu ve PID kontrolörlerin katsayılarını otomatik şekilde üreten bir fonksiyon anlatılacaktır.

4.3.1 Kontrol otomatı fonksiyon bloğu

Şekil 4.3'te GKVS'nin kontrolünde kullanılacak otomat yer almaktadır. Bu otomat, sistemi gözleyerek, hangi kontrolörün (Açı ya da Konum) ne zaman devreye

gireceğini belirler. Otomatın işleyişini daha net açıklamak için Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 eklenmiştir.



Şekil 4.3 : Kontrol otomatı.

Çizelge 4.1 : Kontrol otomatının olaylarına ilişkin açıklama.

Olay	Açıklama
Eksen_Har	Eksenin harekette olduğunu gösteren olay
T500ms*(Eksen_Har)'	Eksenin en az 500ms boyunca hareket etmediğini gösteren olay
Teta_Uygun	Kontrol edilen eksenin açısının 1 derece bant genişliğinde 2 saniye boyunca kalma olayı
Konum_Uygun	Kontrol edilen eksenin referans bant genişliğinde 500ms saniye kalma olayı
Dur	Kontrol otomatını ilk duruma döndüren ve kontrolörleri devreden çıkaran olay

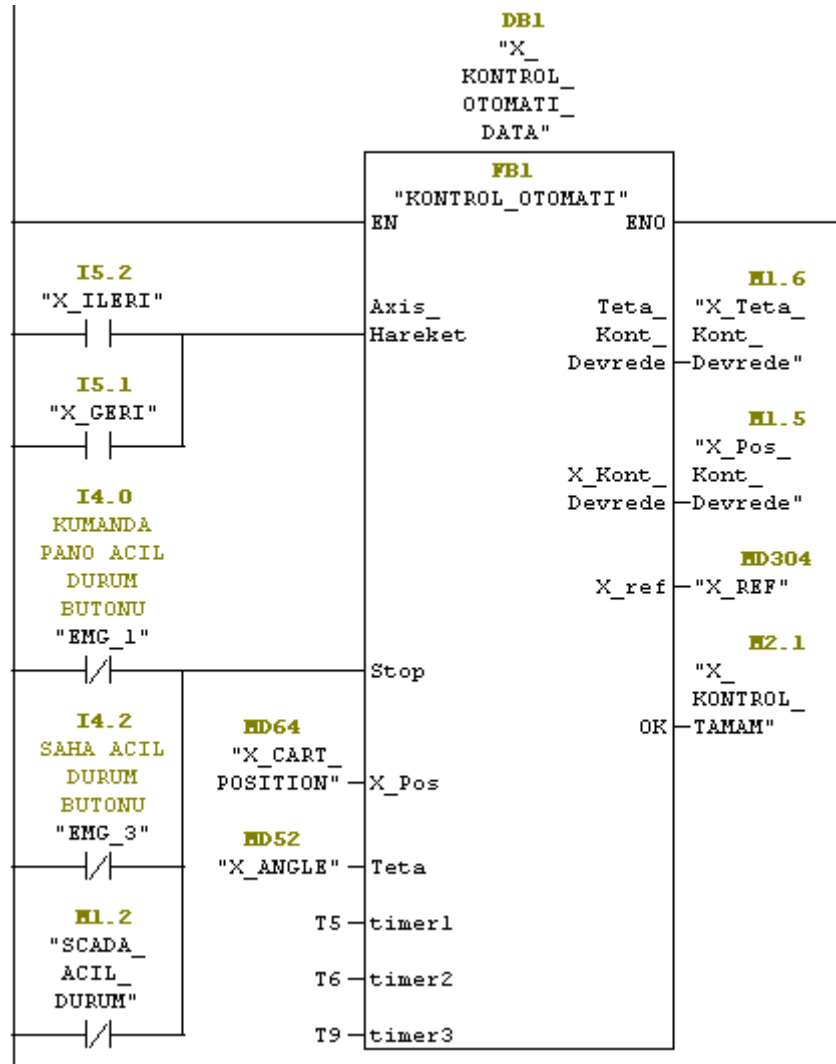
Çizelge 4.2 : Kontrol otomatının durumlarına ilişkin açıklama.

Durum	Açıklama
1	Otomatın başlangıç durumu
2	GKVS'nin operatör tarafından kullanıldığında aktif olan durum
3	Açı kontrolörünün devreye girdiği durum
4	Konum kontrolörünün devreye girdiği durum
5	Kontrol işleminin tamamlandığını bildiren durum

Kontrol otomatı fonksiyon bloğu ilk çağrıldığı zaman, otomat ilk duruma kurulur. Daha sonra otomat bir sonraki duruma geçmek için Eksen_Har olayının oluşmasını bekler. Bu durum oluşmasıyla beraber otomat 2.duruma geçer. Otomat bu durumdan operatörün vinci hareket ettirmeyi en az 500ms boyunca bırakmasıyla 3.duruma geçer ve bu geçiş esnasında vincin ilgili eksenindeki konumu istenen referans konumu olarak kaydedilir. Otomat fonksiyon bloğuna gelen açı değerinin 1 derece bant

genişliğinde en az 2 saniye boyunca bulunması olayına kadar kalır. Otomat, 3.durum boyunca açığı 1 derece bant genişliğine getirmekle görevli aç kontrolörünü devrede tutar. Teta_Uygun olayının üretilmesiyle birlikte otomat 4.duruma geçer. Bu durumda da 3.duruma geçiş esnasında kaydedilen referans konum ile güncel konum arasındaki farkın 1cm'lik bant genişliğinde olmasını denetler. Bu fark, istenen bant genişliği içerisinde olmadığı takdirde konum kontrolörü devreye girer. Konum_Uygun olayının (konum hatasının 1cm'lik bant genişliği içerisinde olması) üretilmesiyle 5.duruma geçer ve kontrol işleminin bittiğini belirten OK çıkışını verir.

Şekil 4.4'te kontrol otomatı fonksiyon bloğunun X eksenine uygulanmış örneği gösterilmektedir. Çizelge 4.3'te de kontrol otomatı fonksiyon bloğunun giriş-çıkışlarına ilişkin açıklama yer almaktadır.



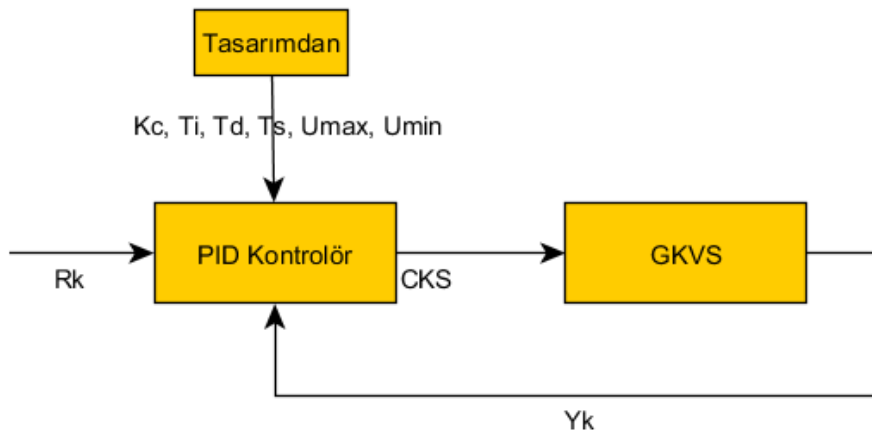
Şekil 4.4 : Kontrol otomatı fonksiyon bloğu.

Çizelge 4.3 : Kontrol otomati fonksiyon bloğunun giriş-çıkışları.

Giriş-Çıkış	Açıklama
Axis_Hareket	Eksenin harekete geçtiğini gösteren giriş
Stop	Otomati durdurmaya yarayan giriş
X_Pos	Eksen üzerinde vincin konumunu belirten giriş
Teta	İlgili eksen ile Z eksen arasında açıyı gösteren giriş
timer1, timer2, timer3	Otomatta kullanılan zamanlayıcıların isimlerini gösteren giriş
Teta_Kont_Devrede	İlgili eksen ile Z eksen arasında salınımı sönmölendirecek kontrolörü devreye alan çıkış
X_Kont_Devrede	Eksen üzerinde vincin konumunu referans noktasına götürececek kontrolörü devreye alan çıkış
X_ref	Eksen üzerinde vincin bulunması gereken referans değerini üreten çıkış
OK	Kontrol işleminin tamamlandığını gösteren çıkış

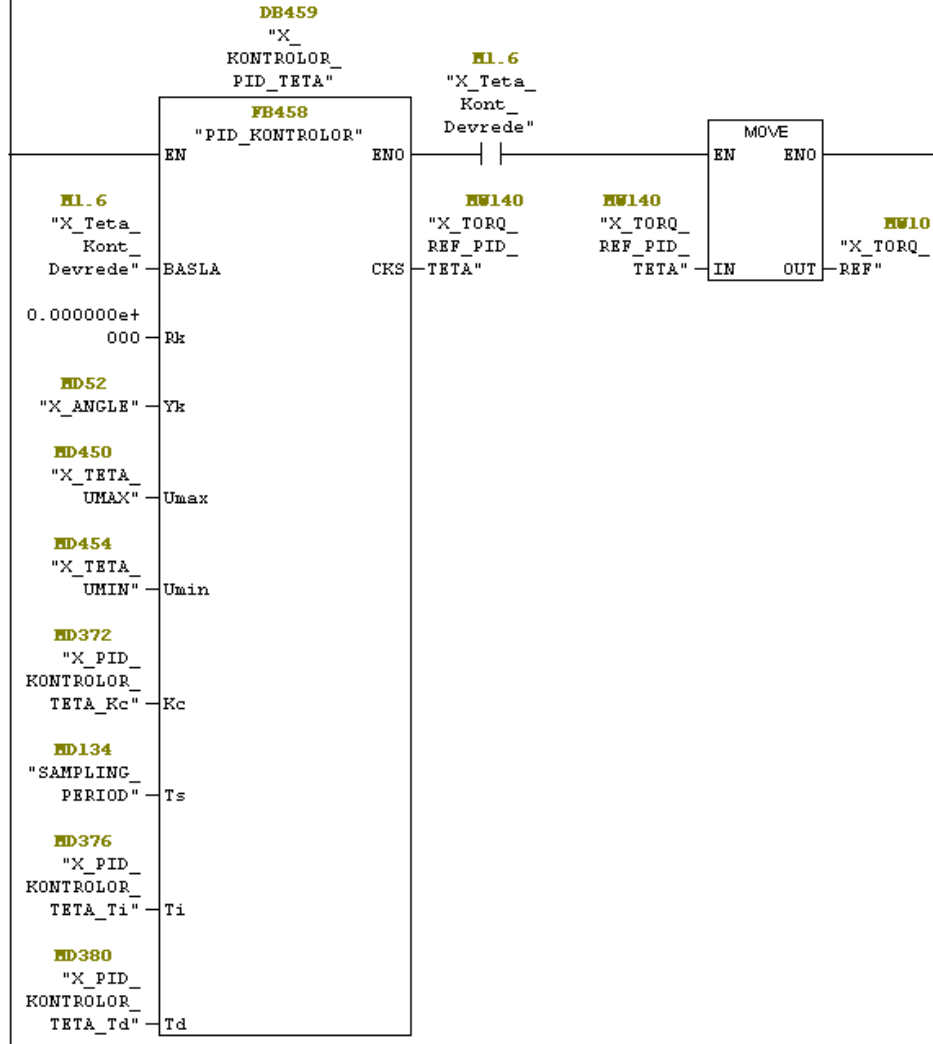
4.3.2 PID kontrol fonksiyon bloğu

PID kontrol fonksiyon bloğu, sistemi kapalı çevrimde oran-integral-türev matematiksel denklemleri kullanarak, kontrol etmek için üretilmiştir [11]. Şekil 4.5'te PID kontrolör ile GKVS'nin bulunduğu blok diyagramı verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi PID kontrolör R_k referansını sistemin çıkışı Y_k ile arasında farkın mutlak değerini azaltacak şekilde çalışan bir fonksiyondur. Bu işlemi yaparken hatanın anlık değerine, geçmişteki hatayı gözönünde bulundurarak ve gelecekteki hatayı da tahmin ederek sistemi kontrol işareti üretmektedir.



Şekil 4.5 : PID kontrolör ile sistemin kontrolüne ilişkin blok diyagramı.

Şekil 4.6’da XZ düzleminde oluşan yük açısını sönümlendirmek için kullanılan PID kontrol fonksiyon bloğu gösterilmektedir. Çizelge 4.4’te de PID kontrol fonksiyon bloğuna ilişkin giriş-çıkışların açıklamaları verilmiştir.



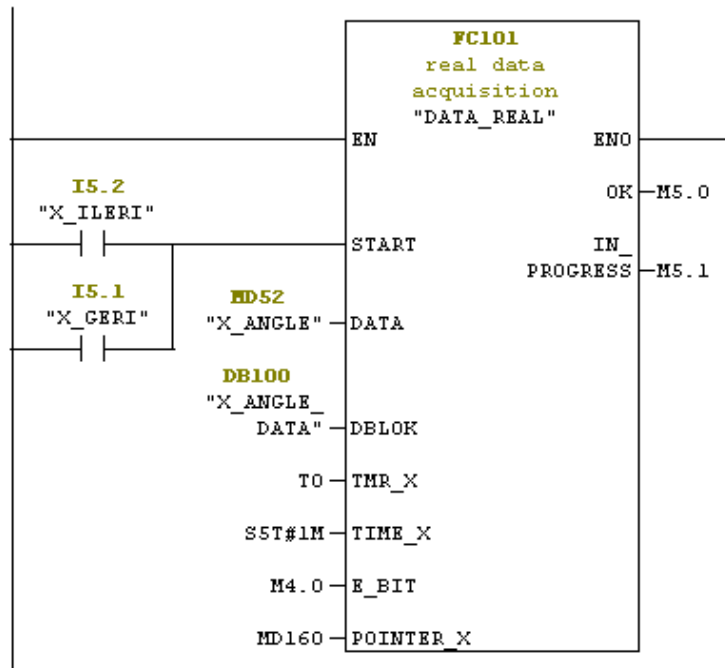
Şekil 4.6 : PID kontrol fonksiyon bloğu görünüşü.

Çizelge 4.4 : PID kontrol fonksiyon bloğunun giriş-çıkışları.

Giriş-Çıkış	Açıklama
BASLA	PID kontrol bloğunu çalıştıran giriş
Rk	Sistem referans girişi
Umax, Umin	Kontrol işaretinin sınır değerleri
Kc, Ti, Td	PID katsayıları
Ts	Örnekleme zamanı (saniye)
CKS	Kontrol işareti

4.3.3 Veri toplama fonksiyonu

Veri toplama fonksiyonu, kesmeli çalışan OB35 organizasyon bloğunun içinde çalıştırılmaktadır. Fonksiyon, her 20 ms’de bir ilgili veriyi istenen veri bloğunun içindeki diziye kaydeder. Böylece sisteme uygulanan belirli bir referans girişine karşılık sistemin verdiği cevap gözlenir. Bu blok sayesinde sistemin dinamiğini belirleyecek bilgi elde edilir. Şekil 4.7’de veri toplama fonksiyonunun XZ düzlemindeki açış değerini kaydedecek şekilde hazırlanmış örneği gösterilmektedir. Çizelge 4.5’te de veri toplama fonksiyonuna ilişkin giriş-çıkışların açıklamaları yer almaktadır.



Şekil 4.7 : Veri toplama fonksiyonu görünüşü.

Çizelge 4.5 : Veri toplama fonksiyonunun giriş-çıkışları.

Giriş-Çıkış	Açıklama
START	Veri toplama bloğunu çalıştıran giriş
DATA	Kaydedilecek veriyi belirten giriş
DBLOCK	Verinin hangi data bloğuna kaydedileceğini gösteren giriş
TMR_X, TIME_X, E_BIT, POINTER_X	Fonksiyon işleyişini sağlayacak iç değişkenler
OK	Veri toplama işleminin tamamlandığını gösteren çıkış
IN_PROGRESS	Veri toplamanın devam ettiğini gösteren çıkış

4.3.4 İkinci mertebeden sistemlerin kontrolü için PID katsayılarını otomatik üreten fonksiyon

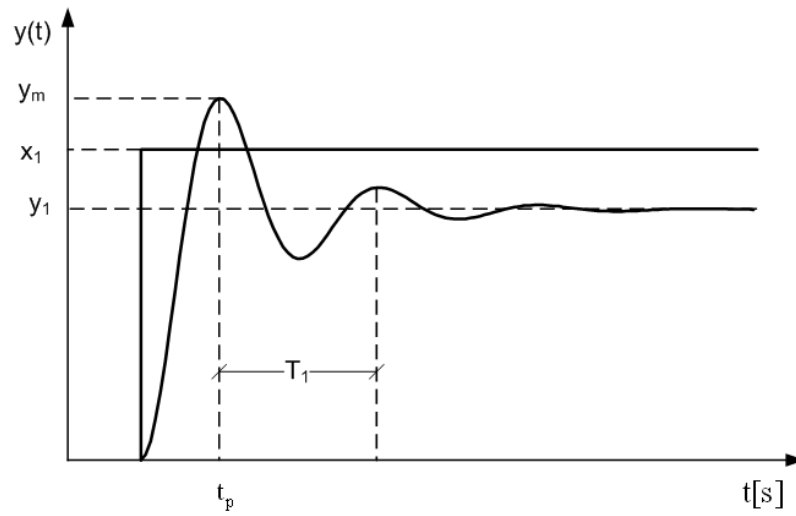
Bu fonksiyon ikinci mertebeden az sönümlü ve ölü zamanı olan sistemlere PID katsayılarını otomatik üretmek için tasarlanmıştır. İkinci mertebeden ölü zamanlı ve az sönümlü sistemin transfer fonksiyonu (4.1)'de verilmiştir.

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K \omega_n^2}{s^2 + 2 \xi \omega_n s + \omega_n^2} e^{-sL}, 0 < \xi < 1 \quad (4.1)$$

Basamak giriş yanıtı Şekil 4.8'de verilen bir sistem, az sönümlü ikinci mertebeden sistem olarak tanımlanır. Bu tür sistemin genliği x_1 olan basamak giriş yanıtı

$$y(t) = Kx_1 \left(1 - \frac{e^{-\xi \omega_n t}}{\sqrt{1 - \xi^2}}\right) \sin(\omega t + \cos^{-1} \xi); \omega = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}, 0 < \xi < 1 \quad (4.2)$$

biçiminde ifade edilir. Bu ifadeden yola çıkılarak, az sönümlü sisteme ilişkin K , ξ ve ω_n parametreleri bulunabilir.



Şekil 4.8 : İkinci mertebeden az sönümlü sistemin basamak giriş yanıtı.

Genliği x_1 olan basamak giriş yanıtı Şekil 4.8'de verilen az sönümlü sistem için aşım, y_m yanıtının tepe değeri ve y_1 sistem yanıtının son değeri olmak üzere

$$c = \frac{y_m - y_1}{y_1}; \delta = \ln(c), 0 < y_1 < y_m < 2y_1 \quad (4.3)$$

sönüm oranı

$$\xi = \sqrt{\frac{\delta^2}{\pi^2 + \delta^2}} \quad (4.4)$$

İlişkisi kullanılarak hesaplanır.

Doğal frekans

$$\omega_n = \frac{\pi}{t_p \sqrt{1 - \xi^2}}, 0 < \xi < 1 \quad (4.5)$$

ilişkisinden, K kazanç büyüklüğü ise

$$K = \frac{y_1}{x_1} \quad (4.6)$$

çıkış son değerinin basamak giriş genliğine oranında elde edilir.

İkinci mertebeden az sönümlü bir sistemin ayrık zaman modeline ilişkin z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu, sıfırcı mertebeden tutucu kullanılarak elde edilen

$$G(z) = Z\{G_{ZOH}(s)G(s)\} = Z\left\{\frac{1 - e^{-sT}}{s} \frac{K \omega_n^2}{s^2 + 2 \xi \omega_n s + \omega_n^2}\right\} \quad (4.7)$$

ifadenin Z-dönüşümü alınarak

$$G(z) = K \frac{(1 - a \cos \theta - a b \sin \theta)z + a^2 - a \cos \theta + a b \sin \theta}{z^2 - (2a \cos \theta)z + a^2} \quad (4.8)$$

biçiminde elde edilir. Burada T örnekleme zamanı olmak üzere, a, b ve θ büyüklükleri

$$a = e^{-\xi \omega_n T}, b = \frac{\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}}, \theta = \omega T \quad (4.9)$$

olarak tanımlanır.

((4.8) ifadesi

$$G(z) = K(1 - a \cos \theta - a b \sin \theta) \frac{z + \frac{a^2 - a \cos \theta + a b \sin \theta}{1 - a \cos \theta - a b \sin \theta}}{z^2 - (2a \cos \theta)z + a^2} \quad (4.10)$$

biçiminde yazılır ve

$$b_o = \frac{a^2 - a \cos \theta + a b \sin \theta}{1 - a \cos \theta - a b \sin \theta}, K_z = K(1 - a \cos \theta - a b \sin \theta) \quad (4.11)$$

tanımlamaları yapılırsa, sıfır-kutup biçimindeki

$$G(z) = \frac{K_z(z + b_o)}{z^2 - (2a \cos \theta)z + a^2}, z_{p1,2} = a(\cos \theta \pm j \sin \theta) \quad (4.12)$$

transfer fonksiyonu elde edilir.

Elde edilen transfer fonksiyonu ikinci mertebeden az sönümlü sisteme ilişkindir. Bu sisteme ölü zaman eklenmesi, z-tanım bölgesindeki transfer fonksiyonuna $d=L/T$ kadar kutup eklemeye eşdeğerdir. Yani ikinci mertebeden az sönümlü ve ölü zamanlı bir sisteme ilişkin z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu

$$G(z) = \frac{K_z(z + b_o)}{z^2 - (2a\cos\theta)z + a^2} z^{-d}, d = \frac{L}{T}, z_{p1,2} = a(\cos\theta \pm \sin\theta) \quad (4.13)$$

şeklinde tanımlanır.

PID kontrolör için z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu; T örnekleme zamanı, T_D türev zaman sabiti, T_I integral zaman sabiti ve K_C kontrolör oransal kazanç değeri olmak üzere

$$G_{PID}(z) = K_C \left(1 + \frac{T}{T_I} \frac{1}{z-1} + \frac{T_D}{T} \frac{z-1}{z} \right) \quad (4.14)$$

biçiminde ifade edilir. Bu ifade

$$I = \frac{T}{T_I}, D = \frac{T_D}{T} \quad (4.15)$$

biçiminde tanımlanan katsayılarla göre düzenlenirse

$$G_{PID}(z) = K_C(1 + D) \left(\frac{z^2 - z \frac{2D + 1 - I}{1 + D} + \frac{D}{1 + D}}{z(z-1)} \right) \quad (4.16)$$

İfadesi elde edilir. Burada

$$K_{PID} = K_C(1 + D), \alpha = -\frac{2D + 1 - I}{1 + D}, \beta = \frac{D}{1 + D} \quad (4.17)$$

tanımlamaları yapılırsa

$$G_{PID}(z) = K_{PID} \frac{z^2 + \alpha z + \beta}{z(z-1)} \quad (4.18)$$

elde edilir.

(4.13) ifadesi ile verilen ikinci mertebeden az sönümlü ve ölü zamanlı sistem ve (4.18) ifadesi ile verilen PID kontrolöründen oluşan kontrol sisteminin açık çevrim transfer fonksiyonu

$$G(z)G_{PID}(z) = \frac{K_z(z + b_o)}{z^2 - a_1 z + a_0} z^{-d} K_{PID} \frac{z^2 + \alpha z + \beta}{z(z-1)} \quad (4.19)$$

biçiminde yazılır. Eğer $\alpha = a_1 = 2a\cos\theta$ ve $\beta = a_0 = a^2$ seçilirse

$$G(z)G_{PID}(z) = \frac{K_z K_{PID}(z + b_o)}{z(z - 1)} z^{-d} = \frac{K^*(z + b_o)}{z(z - 1)} z^{-d}, K^* = K_z K_{PID} \quad (4.20)$$

ifadesi bulunur. Bu durumda, kontrol sisteminin kapalı çevrim transfer fonksiyonu

$$T(z) = \frac{G(z)G_{PID}(z)}{1 + G(z)G_{PID}(z)} = \frac{K^*(z + b_o)}{z^{d+2} - z^{d-1} + K^*(z + b_o)} \quad (4.21)$$

olarak yazılır ve karakteristik denklem

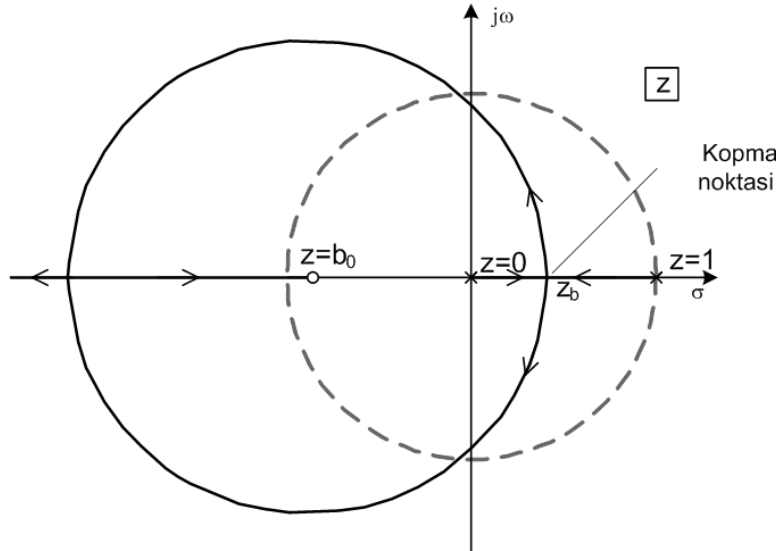
$$\Delta z = z^{d+2} - z^{d-1} + K^*(z + b_o) = 0 \quad (4.22)$$

biçiminde bulunur. Bu ifadeden toplam kazanç için

$$K^* = \frac{z^{d+1}(1 - z)}{z + b_o} \quad (4.23)$$

ifadesi elde edilir.

Bu sisteme ilişkin kapalı çevrim kutuplarının K^* kazancına göre yer eğrisi $d=1$ ($L=T$) için Şekil 4.9'de verilmiştir.



Şekil 4.9 : İkinci mertebeden sisteme ilişkin kapalı çevrim kutuplarının yer eğrisi.

Kapalı çevrim sistemin $z = z_b$ kopma noktasındaki kazanç değerinde, kapalı çevrim kontrol sisteminin basamak girişe yanıtı kritik sönümlü olur.

Kopma noktaları, karakteristik denklemden elde edilen (4.23) ifadesinin z değişkenine göre türevinin sıfır olduğu değerlerdir. Buna göre

$$\frac{dK^*}{dz} = \frac{d}{dz} \left(\frac{z^{d+1}(1 - z)}{z + b_o} \right) = 0 \quad (4.24)$$

ilişkisinden

$$\left((d+1)z^d - (d+2)z^{d+1}\right)(z+b_o) - (z^{d+1} - z^{d+2}) = 0 \quad (4.25)$$

ifadesi yazılır ve düzenlenirse

$$z^d[(-1-d)z^2 + (d-b_o(d+2))z + b_o(d+1)] = 0 \quad (4.26)$$

denklemini elde edilir. Bu eşitliğin çözümünden kopma noktaları bulunur.

$$z^d = 0, d > 0 \quad (4.27)$$

eşitliğinden $z = 0$

$$(-1-d)z^2 + (d-b_o(d+2))z + b_o(d+1) = 0 \quad (4.28)$$

eşitliğinden diğer iki kopma noktası bulunur.

$$z^2 + \frac{b_o(d+2)-d}{d+1}z - b_o = 0 \quad (4.29)$$

burada

$$b_\Delta = \frac{b_o(d+2)-d}{d+1} \quad (4.30)$$

olarak tanımlanırsa, denklem

$$z^2 + b_\Delta z - b_o = 0 \quad (4.31)$$

şeklinde olur ve bu ifadeye göre kopma noktaları

$$z_{b1} = \frac{-b_\Delta - \sqrt{b_\Delta^2 - 4b_o}}{2}, z_{b2} = \frac{-b_\Delta + \sqrt{b_\Delta^2 - 4b_o}}{2} \quad (4.32)$$

şeklinde bulunur. Buna göre, kapalı çevrim sistemin baskın dinamik davranışına ilişkin sağ yarı z düzlemindeki $z = z_b = z_{b2}$ kopma noktası

$$z_b = \frac{-b_\Delta + \sqrt{b_\Delta^2 - 4b_o}}{2} \quad (4.33)$$

olarak bulunur. Bu değer (4.23) ifadesinde kullanılırsa, bu noktadaki kazanç değeri için

$$K^* = \frac{z_b^{d+1}(1-z_b)}{z_b + b_o} \quad (4.34)$$

eşitliği elde edilir.

İkinci mertebeden ölü zamanlı bir sistemin kapalı çevrim yanıtının kritik sönümlü olmasını sağlayan PID kontrolörüne ilişkin K_C oransal, T_I integral zaman sabiti ve T_D türev zaman sabiti değerleri, yukarıda verilen ifadelerden yola çıkılarak z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu parametrelerine bağlı olarak bulunabilir.

T_D türev zaman sabiti, (4.15) ve (4.17) ifadeleri ile verilen

$$D = \frac{T_D}{T}, \beta = \frac{D}{1+D} \text{ ve } \beta = a_0$$

tanımları kullanılarak

$$T_D = DT, D = \frac{\beta}{1-\beta} = \frac{a_0}{1-a_0} \Rightarrow T_D = \frac{a_0}{1-a_0} T, a_0 = a^2 \quad (4.35)$$

bulunur.

İntegral zaman sabiti, (4.15) ve (4.17) ifadeleri ile verilen

$$D = \frac{T}{T_I}, \alpha = -\frac{2D+1-I}{1+D} \text{ ve } \alpha = a_1$$

tanımları kullanılarak

$$T_I = \frac{T}{I}, I = a_1 \left(1 + \frac{a_0}{1-a_0} \right) + 2 \frac{a_0}{1-a_0} + 1 \Rightarrow T_I = \frac{1-a^2}{1+2a\cos\theta+a^2} T \quad (4.36)$$

bulunur.

K_C oransal katsayısı, (4.15), (4.17) ve (4.20) ile verilen

$$D = \frac{T_D}{T}, K_{PID} = K_C(1+D), K^* = K_Z K_{PID}$$

tanımları; (4.30), (4.33) ve (4.34) ile verilen

$$b_\Delta = \frac{b_o(d+2)-d}{d+1}, z_b = \frac{-b_\Delta + \sqrt{b_\Delta^2 - 4b_o}}{2}, K^* = \frac{z_b^{d+1}(1-z_b)}{z_b + b_o}$$

ifadeleri kullanılarak

$$K_C = \frac{K_{PID}}{1+D} = \frac{K^*}{K_Z(1+D)} = \frac{K^*}{K_Z(1+\frac{T_D}{T})} = \frac{K^*T}{K_Z(T+T_D)} \quad (4.37)$$

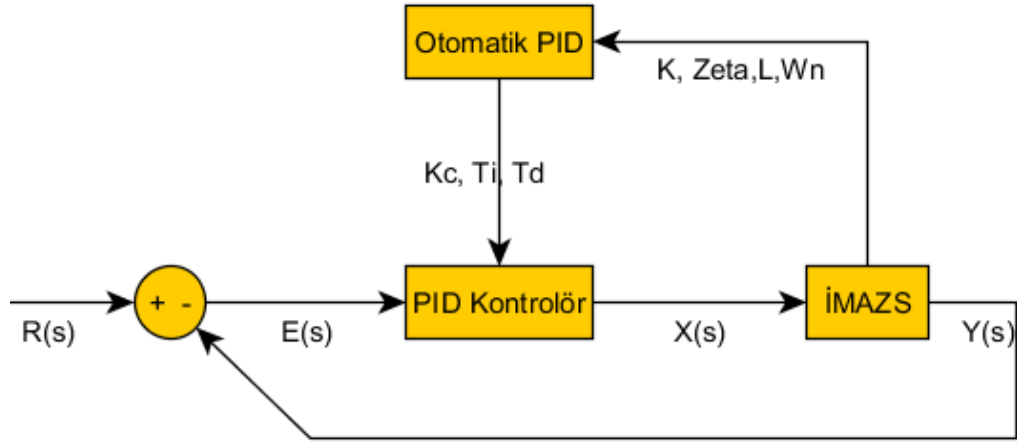
biçiminde elde edilir. Bu ifade de (4.11) ile tanımlanan eşitlik kullanılırsa

$$K_c = \frac{K^*T}{K(1 - a\cos\theta - ab\sin\theta)(T + T_D)} \quad (4.38)$$

ifadesi bulunur.

Yukarıdaki denklemler kullanılarak hazırlanan fonksiyonun SCL kaynak kodu EKLER bölümünde verilmiştir.

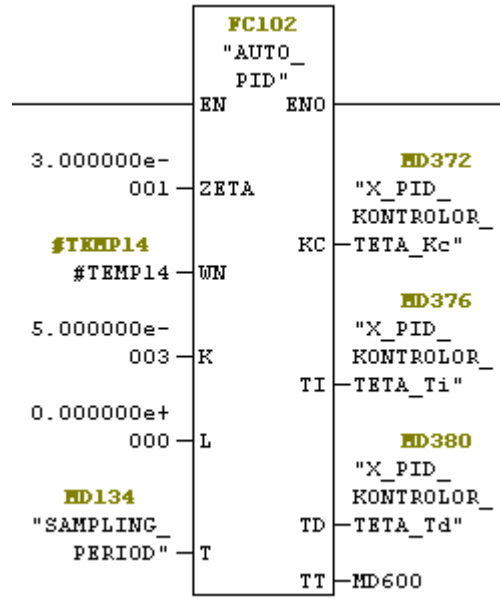
Şekil 4.10'de PID katsayılarının nasıl üretildiğini gösteren genel blok diyagramı verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi ikinci mertebeden az sönümlü sistem incelenerek sistemin dinamiğini anlatan değişkenler Otomatik PID fonksiyonuna verilir. Bu fonksiyon ise PID katsayılarını üreterek kontrolöre verir. Kontrolör de bu katsayıları kullanarak referans ile sistem cevabındaki farkın mutlak değerini azaltacak şekilde kontrol işareti üretir.



Şekil 4.10 : Otomatik PID katsayılarının nasıl üretildiğine ilişkin blok diyagramı.

PID katsayılarını anlık üretebilmek için sistem değişkenlerini de anlık belirlemek gerekir. Bunu işlem lineer olmayan sistemler için kolay değildir. Ancak sistem dinamiği matematiksel denklemler ile ifade edilebildiği zaman anlık PID katsayılarını üretilebilir.

Şekil 4.11'de bu fonksiyonun XZ düzlemi açılı kontrolü için gerekli PID katsayılarını üretmesi için hazırlanmış uygulaması görülmektedir. Çizelge 4.6'da da tasarlanan fonksiyonun giriş-çıkışlarına ilişkin açıklama yer almaktadır.



Şekil 4.11 : PID katsayılarını otomatik üreten fonksiyon.

Çizelge 4.6 : PID katsayılarını otomatik üreten fonksiyonunun giriş-çıkışları.

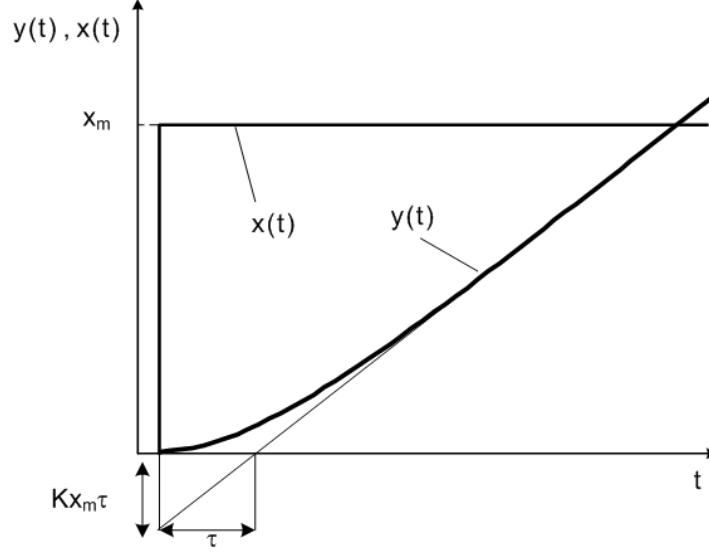
Giriş-Çıkış	Açıklama
ZETA	Amortisman oranı
WN	Doğal frekans
K	Sistem kazancı
L	Ölü zaman (saniye)
T	Örnekleme zamanı (saniye)
KC	Kontrolör kazancı
TI	Kontrolör integral zamanı
TD	Kontrolör türev zamanı

4.3.5 İkinci mertebeden integral etkili sistemlerin kontrolü için PD katsayılarını otomatik üreten fonksiyon

Bu fonksiyon ikinci mertebeden az sönümlü ve ölü zamanı olan sistemlere PID katsayılarını otomatik üretmek için tasarlanmıştır. İkinci mertebeden ölü zamanlı ve az sönümlü sistemin transfer fonksiyonu (4.39)'de verilmiştir.

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{K}{s(\tau s + 1)} e^{-sL} \quad (4.39)$$

Denklem (4.39)'da verilen K , τ ve L parametreleri Şekil 4.12'de gösterilen grafikte, ölçümler yapılarak bulunabilir.



Şekil 4.12 : İkinci mertebeden integral etkili sistemin basamak girişe yanıtı.

Bu sistemin genliği x_m olan basamak girişe yanıtının zamana göre değişimi, $y(0)=0$ için

$$y(t) = Kx_m(t - \tau + \tau e^{-t/\tau}) \quad (4.40)$$

biçiminde elde edilir.

İkinci mertebeden integral etkili bir sistemin ayrık zaman modeline ilişkin z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu, sıfırcı mertebeden tutucu kullanılarak

$$G(z) = Z\{G_{ZOH}(s)G(s)\} = Z\left\{\frac{1 - e^{-sT}}{s} \frac{K}{s(\tau s + 1)} e^{-sL}\right\} \quad (4.41)$$

ifadesinden elde edilir. Eğer

$$K_z = K(T - \tau + \tau A), b_o = -\frac{TA - \tau A - \tau}{T - \tau + \tau A}, A = e^{-\frac{T}{\tau}}, d = L/T$$

tanımlamaları yapılır ve (4.55) ifadesi düzenlenirse

$$G(z) = K_z \frac{z + b_o}{(z - 1)(z - A)} z^{-d} = K_z \frac{z + b_o}{z^2 + a_1 z + a_0} z^{-d} \quad (4.42)$$

ifadesine ulaşılır.

PD kontrolör için z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu; T örnekleme zamanı, T_D türev zaman sabiti ve K_C kontrolör oransal kazanç değeri olmak üzere

$$G_{PD}(z) = K_C \left(1 + \frac{T_D}{T} \frac{(z - 1)}{z}\right) \quad (4.43)$$

biçiminde ifade edilir. Bu ifade

$$D = \frac{T_D}{T} \quad (4.44)$$

biçiminde tanımlanan katsayıya göre düzenlenirse

$$G_{PD}(z) = K_C(1 + D) \left(\frac{z - \frac{D}{(1+D)}}{z} \right) \quad (4.45)$$

İfadesi elde edilir. Burada

$$K_{PD} = K_C(1 + D), \alpha = \frac{D}{(1 + D)} \quad (4.46)$$

tanımlamaları yapılırsa

$$G_{PD}(z) = K_{PD} \frac{z - \alpha}{z} \quad (4.47)$$

elde edilir.

(4.42) ifadesi ile verilen ikinci mertebeden integral etkili sistem ve (4.47) ifadesi ile verilen PD kontrolöründen oluşan kontrol sisteminin açık çevrim transfer fonksiyonu

$$G(z)G_{PID}(z) = \frac{K_z(z + b_o)}{(z - 1)(z - A)} z^{-d} K_{PD} \frac{z - \alpha}{z} \quad (4.48)$$

biçiminde yazılır. Eğer $\alpha = A$ seçilirse

$$G(z)G_{PD}(z) = \frac{K_z K_{PD}(z + b_o)}{z(z - 1)} z^{-d} = \frac{K^*(z + b_o)}{z(z - 1)} z^{-d}, K^* = K_z K_{PD} \quad (4.49)$$

İfadesi elde edilir.

(4.21) - (4.34) arasında verilen adımlar tekrarlanır.

İkinci mertebeden integral etkili ve ölü zamanlı bir sistemin kapalı çevrim yanıtının kritik sönümlü olmasını sağlayan PD kontrolörüne ilişkin K_C oransal ve T_D türev zaman sabiti değerleri, yukarıda verilen ifadelerden yola çıkılarak z-tanım bölgesi transfer fonksiyonu parametrelerine bağlı olarak bulunabilir.

T_D türev zaman sabiti,

$$D = \frac{T_D}{T}, a = \frac{D}{1+D} \text{ ve } a = A = e^{-T/\tau}$$

tanımları kullanılarak

$$T_D = DT, D = \frac{a}{1-a} = \frac{A}{1-A} \rightarrow T_D = \frac{A}{1-A} T \quad (4.50)$$

bulunur.

K_C oransal katsayısı,

$$D = \frac{T_D}{T}, K_{PD} = K_C(1 + D), K^* = K_Z K_{PID}$$

tanımları;

$$b_\Delta = \frac{b_o(d+2) - d}{d+1}, z_b = \frac{-b_\Delta + \sqrt{b_\Delta^2 - 4b_o}}{2}, K^* = \frac{z_b^{d+1}(1 - z_b)}{z_b + b_o}$$

ifadeleri kullanılarak

$$K_C = \frac{K_{PID}}{1 + D} = \frac{K^*}{K_Z(1 + D)} = \frac{K^*}{K_Z(1 + \frac{T_D}{T})} = \frac{K^*T}{K_Z(T + T_D)} \quad (4.51)$$

biçiminde elde edilir. Bu ifade de $K_Z = K(T - \tau + \tau A)$ ile tanımlanan eşitlik kullanılırsa

$$K_C = \frac{K^*T}{K(T - \tau + \tau A)(T + T_D)} \quad (4.52)$$

ifadesi bulunur.

4.4 GKVS'nde Yük Açısının Kontrolü

Bölüm 4.3'te sistemin dinamiğini belirlemek ve kontrolü için gerekli fonksiyonlar tanımlanmıştı. Şimdi de bu fonksiyonlar kullanılarak önce sistemin transfer fonksiyonu belirlenecek, sonra sistemi kontrol etmek için PID katsayıları bulunacaktır. Son olarak PID kontrolör ile GKVS'nde XZ ve YZ düzlemlerinin açı kontrolü gerçekleştirilecektir.

4.4.1 Teta/Moment transfer fonksiyonunun bulunması

İstenilen transfer fonksiyonunu elde etmek için öncelikle PLC veri toplamak için hazır hale getirilir. Daha sonra kontrol edilecek eksenindeki motora birim basamak girişi uygulanır. Bu giriş uygulanırken, transfer fonksiyonunu çıkarmak için, çıkış veri toplama bloğu yardımıyla PLC'deki veri depolama alanına kaydedilir. Elde edilen veriler MATLAB programı altındaki Identification Toolbox uygulaması yardımıyla sistemin transfer fonksiyonu bulunur. (4.53)'de sistemin transfer fonksiyonunun parametrik ifadesi verilmiştir [2].

$$\frac{\theta(s)}{V_t(s)} = \frac{K s}{s^2 + 2 \delta \omega_n s + \omega_n^2} e^{-Ls} \quad (4.53)$$

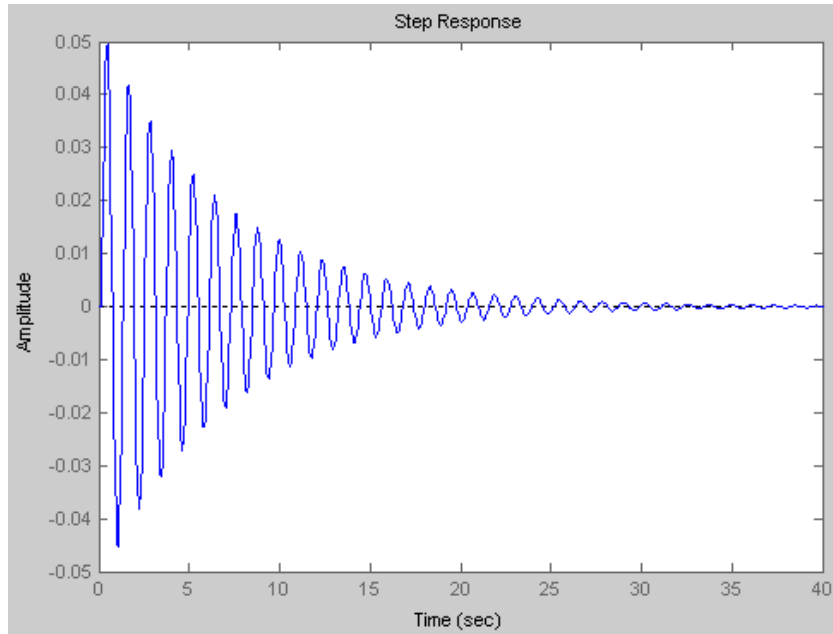
Gerekli işlemler yapıldıktan sonra bulunan transfer fonksiyonu (4.54)'deki ifadeyle verilmiştir. Çizelge 4.7'de XZ düzleminde açı-moment dinamiğini gösteren transfer fonksiyonunun katsayıları gösterilmektedir.

$$\frac{\theta(s)}{V_t(s)} = \frac{0.275 s}{s^2 + 0.29 s + 27.9} e^{-0.16s} \quad (4.54)$$

Çizelge 4.7 : XZ düzleminde açı-moment dinamiğini gösteren parametreler.

Giriş-Çıkış	Açıklama
ZETA	0.02
WN	5.3 (m/s)
K	0.275
L	0.16 (saniye)
T	0.02 (saniye)

Şekil 4.13'da, bulunan transfer fonksiyonunun birim basamak girişine verdiği cevap görülmektedir.



Şekil 4.13 : Sistemin birim basamak yanıtı (açı-moment).

4.4.2 Vinçteki yük açısının PID ile kontrolü

Otomatik PID katsayılarını üreten fonksiyona, sistemin davranışını temsil eden K, L, Wn, Zeta değerleri verilmiştir. Bunun sonucunda sistemi kontrol edecek katsayılar Çizelge 4.8'deki gibi bulunmuştur.

Çizelge 4.8 : XZ düzleminde açı kontrolüne ilişkin PID katsayı değerleri.

Giriş-Çıkış	Açıklama
Kc	0.056
Ti	0.0075
Td	4.7

4.5 GKVS'nde Konum Kontrolü

Bölüm 4.3'te sistemin dinamiğini belirlemek ve kontrolü için gerekli fonksiyonlar tanımlanmıştı. Şimdi de bu fonksiyonları kullanarak önce sistemin transfer fonksiyonu belirlenecek, daha sonra sistemi kontrol etmek için PD katsayıları bulunacaktır. Son olarak PD kontrolör ile GKVS'nde X ve Y eksenlerinde konum kontrolü gerçekleştirilecektir.

4.5.1 Konum/Moment transfer fonksiyon bloğunun bulunması

İstenen transfer fonksiyonunu elde etmek için öncelikle PLC, veri toplamak için hazır hale getirilir. Daha sonra kontrol edilecek eksenindeki motora birim basamak giriş uygulanır. Bu giriş uygulanırken, transfer fonksiyonu çıkarılacak çıkış veri toplama bloğu yardımıyla kaydedilir. Elde edilen veriler Identification Toolbox uygulamasında kullanılarak sistemin transfer fonksiyonu bulunur. (4.55)'de ikinci mertebeden integral etkili sistemin transfer fonksiyonunun parametrik ifadesi verilmiştir [11].

$$\frac{X(s)}{V_t(s)} = \frac{K}{s(\tau s + 1)} e^{-Ls} \quad (4.55)$$

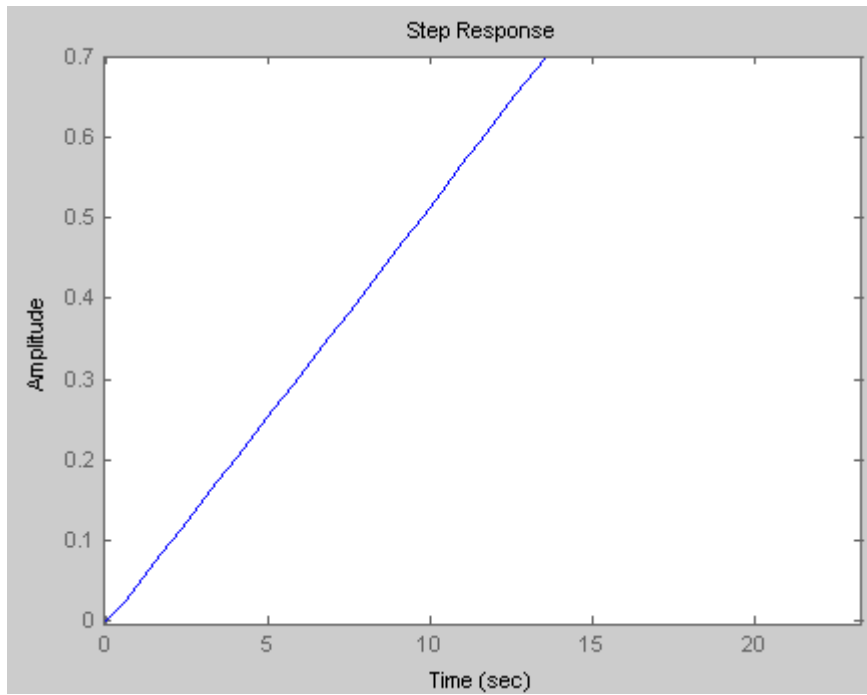
Gerekli işlemler yapıldıktan sonra bulunan transfer fonksiyonu (4.56)'deki ifadeyle verilmiştir. Çizelge 4.9'da X ekseninde konum-moment dinamiğini gösteren transfer fonksiyonunun katsayıları gösterilmektedir.

$$\frac{X(s)}{V_t(s)} = \frac{0.052}{s(9.6s + 1)} e^{-0.1s} \quad (4.56)$$

Çizelge 4.9 : X eksenindeki konum-moment dinamiğini gösteren parametreler.

Giriş-Çıkış	Açıklama
K	0.052
L	0.1(saniye)
τ	9.6

Şekil 4.14’de, bulunan transfer fonksiyonu birim basamak girişine verdiği cevap görülmektedir.



Şekil 4.14 : Sistemin birim basamak yanıtı (konum-moment).

4.5.2 Vinç konumunun PD ile kontrolü

Denklem (4.56)’te sistemin davranışını temsil eden K , τ ve L parametre değerleri otomatik PD katsayılarını üreten fonksiyona verilmiştir. Bunun sonucunda sistemi kontrol edecek katsayılar Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 : XZ düzleminde konum kontrolüne ilişkin PD katsayı değerleri.

Giriş-Çıkış	Açıklama
Kc	0.585
Td	5.3

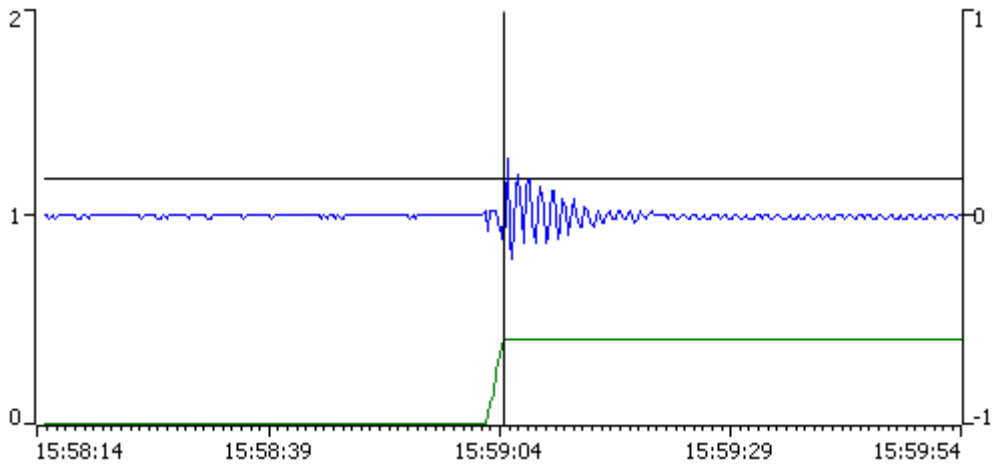
5. GKVS'nin TEST EDİLMESİ ve SONUÇLAR

5.1 GKVS'nin Test Edilmesi

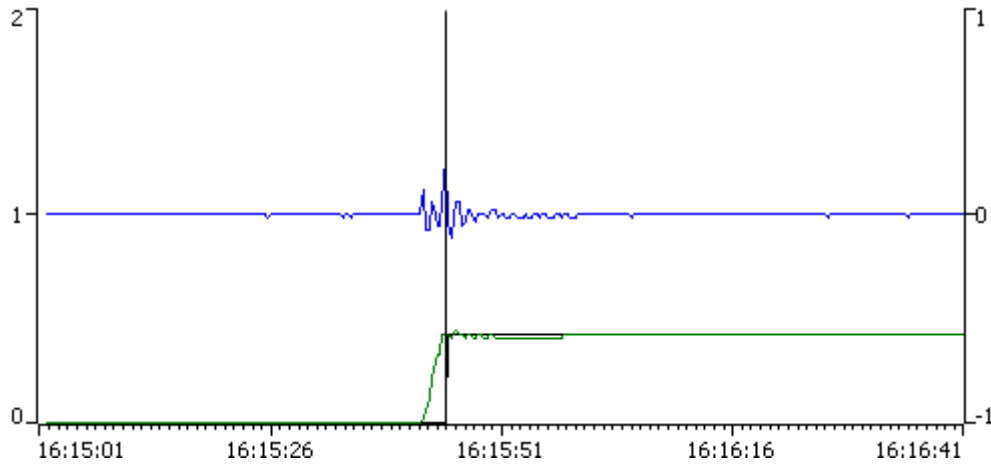
GKVS'ni test etmek için bir fonksiyon hazırlanmıştır. Bu fonksiyon motor sürücüsüne 2 saniye boyunca belirlenen miktarda moment uygulamakta, süre sonunda da uygulanan momenti kesmektedir. Bu test fonksiyonu kullanılarak sistem bir kez açık çevrimde, bir kez de kapalı çevrimde çalıştırılarak, daha önceden hazırlanmış olan SCADA üzerinde sistem cevabı gözlenmiştir.

Yapılan testlerin sonuçları Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'deki grafiklerde gösterilmektedir. Bu grafiklerden ilkinde sistemin açık çevrimdeki (kontROLSÜZ) cevabı, diğerinde ise geliştirilen kontrol algoritması ile beraber yani kapalı çevrimdeki cevabı verilmiştir.

Grafiklerdeki mavi renk, açının değişimini (sağ taraftaki cetvele göre) ve yeşil renk de konumun değişimini (sol taraftaki cetvele göre) göstermektedir. Her iki grafikte de bulunan dikey siyah çizgi test fonksiyonunun motora verdiği momenti kestiği zamanı gösterir ki sistem performansı bu çizgiden sonrası için incelenmelidir.



Şekil 5.1 : Sistemin açık çevrimde test fonksiyonuna verdiği cevap.



Şekil 5.2 : Sistemin kapalı çevrimde test fonksiyonuna verdiği cevap.

5.2 Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada, bir gezer köprülü vinç sisteminin kumandası ve kontrolü endüstriyel bir kontrol birimi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Geleneksel kontrol yapılarından farklı olarak, kontrol kuralının otomatikla yönetildiği bir kontrol yapısı kullanılmıştır. Otomat kontrol kuralını gerektiğinde etkin hale getirme işlevini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Yük salınımını bastırmak için PID kontrol kuralını içeren tek çevrimli bir yapı kullanılmıştır. PID kontrol parametrelerinin hesaplanmasında sistemin ayrık kontrol modelinden yararlanılmış, elde edilen parametrelere ilişkin ifadeler PLC’de yürütülen fonksiyonlar biçiminde elde edilmiştir. Böylece endüstriyel uygulamalarda, bu fonksiyonlar kullanılarak gezer köprülü vinçlerin kontrolüne ilişkin PID parametreleri hesaplanarak hızlı bir şekilde kontrol sistemi devreye alınabilir. Bu şekilde, yük parametrelerinin değişken olduğu uygulamalarda yeni PID parametreleri hızlı bir şekilde kontrol birimi içinde hesaplanabilir. Bu özellik değişken yüklü uygulamalarda, önem kazanır. Geliştirilen fonksiyonlar ile hesaplanan PID katsayılarına göre kontrol sistemi deneysel olarak gözlemlenmiş ve salınım bastırmaya ilişkin anlamlı iyileştirmeler elde edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen salınım bastırma çözümleri daha da iyileştirilebilir. Ayrıca değişken yük durumlarının belirlenip katsayıların kendiliğinden hesaplandığı çözümler elde edilebilir. Bunun için sistemin işletme güvenliğini zayıflatmayan sistem tanıma yöntemleri üzerinde çalışılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** <http://en.wikipedia.org/wiki/Overhead_crane>, alındığı tarih 03.05.2011.
- [2] **Khalid, L. S., William, S., Stephen, D.**, 2006: A Controller Enabling Precise Positioning and Sway Reduction in Bridge and Gantry Cranes, *Control Engineering Practice* Vol. **15**, NO. 7, pp. 825-837.
- [3] **Khalid, L. S., William, S., Stephen, D.**, 2005: A Controller Enabling Precise Positioning and Sway Reduction in Cranes with on-off Actuation, Atlanta, USA.
- [4] **Khalid, S., Hannas, F., Steve, D., William, S., Urs, G.**, 2008. A Multi-Operational-Mode Anti-Sway and Positioning Control for an Industrial Bridge Crane: SMILE, *The 17th World Congress on International Federation of Automatic Control*, Seoul, Korea.
- [5] **Yang, J. H., Yang, K. S.**, 2006. Taiwan: Adaptive Coupling Control for Overhead Crane Systems, *Elsevier Mechatronics* **17**, pp. 143-152.
- [6] **Bojun, M., Yongchun, F., Xuebo, Z.**, 2008. Adaptive Tracking Control for an Overhead Crane System, *The 17th World Congress on International Federation of Automatic Control*, Seoul, Korea.
- [8] **Fang, Y., Dixon, W., E., Dawson, D., M., Zergergoglu, E.**, 2003: Nonlinear Coupling Laws for an Underactuated Overhead Crane System, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. **8**, NO. 3, pp 418-423.
- [7] **Yong-Seok, K., Keum-Shilk, H., Seung-Ki, S.**, 2004: Anti-Sway Control of Container Cranes: Inclinator, Observer, and State Feedback, *International Journal of Control, Automation, and Systems*, Vol. **2**, NO. 4, pp 435-449.
- [9] **Milli Eğitim Bakanlığı**, 2007: Vincin Makine Aksamı, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara, Türkiye.
- [10] **Eriş, O.**, 2011: Bir Demiryolu Anlaşman Sisteminin PLC ile Gerçeklenmesi, *İTÜ yüksek lisans tezi*, pp 9-12
- [11] **Kurtulan, S.**, 2010: PLC ile Endüstriyel Otomasyon, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, Türkiye.

EKLER

EK A.1 : İkinci mertebeden sistemlerin kontrolü için PID katsayılarını otomatik üreten fonksiyon

EK A.1

FUNCTION FC102: VOID

VAR_INPUT

ZETA:REAL;

WN:REAL;

K:REAL;

L:REAL;

T:REAL;

END_VAR

VAR_OUTPUT

KC:REAL;

TI:REAL;

TD:REAL;

TT:REAL;

END_VAR

VAR_TEMP

A:REAL;

B:REAL;

W:REAL;

D:REAL;

TETA:REAL;

B1:REAL;

B0:REAL;

KZ:REAL;

ZB:REAL;

```

KY:REAL;

END_VAR

BEGIN

A:=EXP(-ZETA*WN*T);

B:=ZETA/SQRT(1.0-ZETA*ZETA);

D:=L/T;

W:=WN*SQRT(1.0-ZETA*ZETA);

TETA:=W*T;

TD:=A*A/(1.0-A*A)*T;

TI:=(1.0-A*A)/(A*A-2*A*COS(TETA)+1.0)*T;

B0:=(A*A-A*COS(TETA)+A*B*SIN(TETA))/(1.0-A*COS(TETA)-
      A*B*SIN(TETA));

KZ:=K*(1.0-A*COS(TETA)-A*B*SIN(TETA));

B1:=(B0*(D+2.0)-D)/(D+1.0);

ZB:=(-B1+SQRT(B1*B1+4*B0))/2.0;

KY:=(ZB**(D+1.0)*(1.0-ZB))/(ZB+B0);

KC:=KY*T/KZ/(T+TD);

TT:=3.1415/(10.0*WN);

END_FUNCTION

```


ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Oğuzhan Özdeş
Doğum Yeri ve Tarihi : 11.03.1986
Adres : Atatürk mah. Çavuşbaşı cad. Fidan sok. No:30/1
ÜMRANIYE/İSTANBUL
Lisans Üniversite : İstanbul Teknik Üniversitesi Kontrol Mühendisliği