KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALÜMİNYUM VE PVC KESİM MERKEZİ OTOMASYONU

MESUT ŞİRİNCAN

KOCAELİ 2016

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALÜMİNYUM VE PVC KESİM MERKEZİ OTOMASYONU

MESUT ŞİRİNCAN

Yrd.Doç.Dr. Tarık ERFİDAN
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Yrd.Doç.Dr. Mehmet Zeki BİLGİN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Doç.Dr. Mehmet BAYRAK
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 08.01.2016

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Projede emeği geçen bütün çalışma arkadaşlarıma, lisans eğitimimden bu yana çalışmalarıma yön veren ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. Tarık ERFİDAN' a, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ocak - 2016 Mesut ŞİRİNCAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
GİRİŞ 1
1. SERVO SİSTEM BİLEŞENLERİ 3
1.1. Hareket Kontrolcü 3
1.1.1. Doğrusal hareket profil tipleri 4
1.1.2. Hareket kontrolcü ve PLC 5
1.1.3. Motor kontrol yöntemleri 5
1.1.4. BALDOR ve ABB 5
1.1.5. NextMove e100 hareket kontrolcü 6
1.2. Servo Sürücü 7
1.2.1. Akıllı servo sürücü 7
1.2.2. MicroFlex e100 servo sürücü 7
1.3. Servo Motor 9
1.4. Ethernet Powerlink 14
1.5. Etiket Yazıcı 15
1.6. Otomasyon Sisteminin Yapısı 17
2. PROGRAMLAMA DİLLERİ 18
2.1. Mint Basic 19
3. ENDÜSTRİYEL BİLGİSAYAR VE ARAYÜZ PROGRAMI 21
3.1. C# Programlama Dili 21
3.2. ActiveX 22
3.3. Kullanıcı Arayüz Programı 23
4. KESİM MERKEZİNE GENEL BAKIŞ 29
5. PROFİL ÇEŞİTLERİ 35
5.1. Kasa Profili 35
5.2. Kanat Profili 35
5.3. Orta Kayıt Profili 36
5.4. Kapı Profili 36
6. CAM YAZILIMI 38
6.1. CAM Dosyası İçeriği 39
6.2. Direkt Yerleştirmeli Sıralama Algoritması 40
6.3. Kutulama Problemi Optimizasyon Algoritması 41
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 43
KAYNAKLAR 44
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER 46
ÖZGEÇMİŞ 47

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Noktadan noktaya hareket 4
Şekil 1.2. Doğrusal interpolasyon 4
Şekil 1.3. NextMove e100 hareket kontrolcü 6
Şekil 1.4. MicroFlex e100 akıllı servo sürücü 8
Şekil 1.5. ABB BSM80R-340MT servo motoru 10
Şekil 1.6. SMSM' un üç faz yıldız bağlı stator sargısı 11
Şekil 1.7. Rotor referans düzleminde SMSM eşdeğer devresi 13
Şekil 1.8. Ethernet Powerlink döngüsü 15
Şekil 1.9. Zebra GK420T etiket yazıcı 15
Şekil 1.10. EPL dilinde hazırlanmış etiket örneği 16
Şekil 1.11. Zebra GK420T yazıcısından alınmış çıktı örneği 16
Şekil 1.12. Otomasyon sisteminin yapısı 17
Şekil 2.1. LD, FBD, IL ve ST programlama dillerinin örnekleri 18
Şekil 2.2. MINT Basic dili ile yazılmış program örneği 19
Şekil 3.1. Mint ActiveX kontrolünün forma eklenmesi 22
Şekil 3.2. Ana sayfa 23
Şekil 3.3. CAM dosyası yükleme sayfası 24
Şekil 3.4. Dosya görüntüleme sayfası 24
Şekil 3.5. CAM dosyası çizim görüntüleme sayfası 25
Şekil 3.6. Parametre sayfası 25
Şekil 3.7. Sayısal giriş görüntüleme sayfası 26
Şekil 3.8. Sayısal çıkış kontrol sayfası 26
Şekil 3.9. Manuel hareket sayfası 27
Şekil 3.10. Testere açı kalibrasyon sayfası 27
Şekil 3.11. Alarm sayfası 28
Şekil 4.1. Çift kafa profil kesim makinası 29
Şekil 4.2. Solidworks programında tasarlanmış profil kesim merkezinin görünümü 29
Şekil 4.3. Profil kesim merkezinin genel görünümü 30
Şekil 4.4. Besleme bölümü 31
Şekil 4.5. Kesim bölümü 32
Şekil 4.6. Hareketli mengene grubu 33
Şekil 4.7. Boşaltma bölümü 33
Şekil 4.8. Profil kesim merkezinin akış diyagramı 34
Şekil 5.1. Kasa profil şekli ve kesit görüntüsü 35
Şekil 5.2. Kanat profil şekli ve kesit görüntüsü 35
Şekil 5.3. Orta kayıt profil şekli ve kesit görüntüsü 36
Şekil 5.4. Kapı profil şekli ve kesit görüntüsü 36
Şekil 5.5. İç içe açılan balkon yapısı 37
Şekil 6.1. C# programlama dili ile geliştirilen CAM yazılımı 38
Şekil 6.2. Kesim görüntüleme penceresi 39
Şekil 6.3. CAM dosyasının yapısı 40

Şekil 6.4. Direkt yerleştirmeli sıralama algoritmasının akış diyagramı 41
Şekil 6.5. Kutulama problemi algoritması akış diyagramı 42

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. NextMove e100 hareket kontrolcünün genel özellikleri..... 6
Tablo 1.2. MicroFlex e100 servo sürücünün genel özellikleri..... 8
Tablo 1.3. ABB BSM80R-340MT servo motorun genel özellikleri..... 10
Tablo 3.1. ESA XS712 endüstriyel bilgisayar genel özellikleri 21

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

d,q	: Rotor referans düzlemi eksenleri
e_a	: Rotor tarafından stator sargılarında meydana getirilen emk, (V)
i_a	: Stator faz akımının ani değeri, (A)
L_a	: Stator faz sargısı öz endüktansı, (H)
L_{ab}	: Stator faz sargıları arasındaki ortak endüktans, (H)
M_e	: Elektromanyetik moment, (Nm)
p	: Kutup sayısı
P_0	: Motor çıkış gücü, (W)
R_a	: Stator faz sargısı omik direnci, (Ω)
u	: Rotor referans düzlemine göre stator gerilimi, (V)
v_a	: Stator faz sargılarına uygulanan faz geriliminin ani değeri, (V)
θ_r	: Rotor elektriksel açısal pozisyon, (rad)
ψ	: Akı yoğunluğu, (wb)
ω_r	: Rotor elektriksel açısal hız, (rad/s)

Kısaltmalar

AA	: Alternatif Akım
CAM	: Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Manufacturing)
DA	: Doğru Akım
DPI	: İnç Başına Vuruş (Dot Per Inch)
EPL	: Eltron Programlama Dili (Eltron Programming Langauge)
EPSG	: Ethernet Powerlink Standartlaştırma Grubu
FBD	: Fonksiyon Blok Diyagramı (Function Block Diagram)
HMI	: Operatör Paneli (Human Machine Interface)
IL	: Talimat Listesi (Instruction List)
IPS	: Sayine Başına İnç (Inch Per Second)
LD	: Merdiven Diyagramı (Ladder Diagram)
MINT	: Motion Intelligence
PLC	: Programlanabilir Lojik Kontrolör (Programmable Logic Controller)
PVC	: Polivinil Klorür
SCADA	: Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemi (Supervisory Control and Data Acquisiton)
SMSM	: Sabit Mıknatıslı Servo Motor
SFC	: Sıralı Fonksiyon Şeması (Sequential Function Chart)
ST	: Yapılandırılmış Metin (Structured Text)
ZPL	: Zebra Programlama Dili (Zebra Programming Language)

ALÜMİNYUM VE PVC KESİM MERKEZİ OTOMASYONU

ÖZET

Otomasyon temel olarak bir sistemin veya bir prosesin kendi başına işlevini yerine getirebilmesine denir. Bu nedenle birçok farklı otomasyon türünden bahsedilir. Bir makinanın kendi başına çalışabilmesi veya pek çok aşamadan oluşan bir prosesin işleyebilmesi örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmada, üç eksenli alüminyum ve PVC kesim makinasının otomasyonu gerçekleştirilmiştir. ABB firmasının hareket kontrol sistemi kullanılmıştır. C# programlama dili kullanılarak endüstriyel bilgisayar üzerinde çalışan arayüz programı geliştirilmiştir. Ek olarak, kesim makinasına reçete üreten basit bir CAM yazılımı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: C# Programlama Dili, Endüstriyel Bilgisayar, Hareket Kontrolcü, Makina Otomasyonu.

ALUMINIUM AND PVC CUTTING CENTER AUTOMATION

ABSTRACT

Basically automation means the ability of a system's or a process' to fullfil its own function. Therefore many different kind of automation are mentioned. Self working ability of a machine or a handling process formed with numerous stages can be given as example. In this work, automation of a three axis aluminum and PVC cutting machine were implemented. Motion control system of the ABB company were used. An interface program works on industrial computer was developed using C# programming language. In addition, a simple CAM software which generates recipe for cutting machine was developed.

Keywords: C# Programming Language, Industrial Computer, Motion Controller, Machine Automation.

GİRİŞ

Endüstriyel otomasyon, bir endüstriyel üretim sisteminin amaçlanan biçimde çalışması için gerekli olan işlemlerin kendiliğinden yapılmasını sağlayan süreç olarak tanımlanabilir [1].

Endüstri alanında üretimin sağlıklı, güvenilir, verimli olması istenirken, kullanıcı açısından en basit şekilde tasarlanması, uygulanması ve kontrol edilebilir olması gerekmektedir. 1970' li yıllara kadar, karmaşık sistemlerin kontorlü için röleler ve özel elektronik kartlar kullanılarak yüksek maliyetli çözümler sunulmuştur. Bu sistemlerin, arıza durumunda müdahelenin zor ve gecikmeli olarak yapılabilmesinin yanında reçete işleme, veri toplama ve raporlama özelliklerinin olmaması en önemli dezavantajlardır. Bu olumsuzluklara alternatif üretmek amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, sistemlerin kontrolü için her ihtiyaç seviyesine cevap verebilen kullanımı kolay Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) ve sistemlerin izlenmesi ve genel kontrolü için kullanılan Supervisory Control and Data Acquisiton (SCADA) sistemleri geliştirilmiştir.

Otomasyon kullanılmayan üretim sistemlerinde, üretim aşamaları birbirlerinden bağımsız olarak insan kontrolünde gerçekleşmektedir. İnsan faktörünün önem kazandığı bu gibi durumlarda kişinin dikkati, bilgi ve becerisi, tecrübesi üretimi doğrudan etkilemektedir. Özellikle kesim ve presleme gibi yüksek konsantrasyon gerektiren işlemlerde operatörün bir anlık dikkatsizliği veya dalgınlığı, üretimin bozulmasına neden olabileceği gibi kişinin yaralanmasına ve hatta ölümüne neden olabilmektedir. Üretim süreçlerinde insan faktörünü en aza indirmek ve üretimde belirli bir standardı yakalamak otomasyonun temel hedefleri arasındadır. Günümüz rekabet koşullarında üretimi; hızlı, standartlara uygun, güvenli, nihayet verimli kılmak, bir zorunluluk haline gelmiştir. Endüstride bu zorunluluğun karşılığı şüphesiz ki otomasyondur.

Bu çalışmada Alüminyum ve PVC Kesim Merkezinin otomasyonu gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci kısmında, kesim merkezinde kullanılan servo sistem ve bileşenleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

İkinci kısımda, endüstriyel otomasyonda kullanılan kontrolcülerin programlama dilleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Kesim merkezinde kullanılan programlama dili de incelenmiştir.

Üçüncü kısımda, otomasyonda kullanılan endüstriyel bilgisayar ve arayüz programı hakkında bilgi verilmiştir. Arayüz programını geliştirmek için kullanılan C# programlama dili hakkında kısa bilgi verilmiştir.

Dördüncü kısımda, otomasyonu gerçekleştirilen kesim merkezi tanıtılmış, çalışma prensibiyle ilgili bilgiler verilmiştir.

Beşinci kısımda, kesim merkezinde kesilecek genel profil tipleri ile ilgili kısaca bilgi verilmiştir.

Altıncı kısımda, C# programlama dili ile geliştirilmiş CAM yazılımı ve CAM dosyasının yapısı hakkında bilgi verilmiştir.

1. SERVO SİSTEM BİLEŞENLERİ

“Servo” kelimesi Latince’ de köle anlamına gelen “servus” kelimesinden türemiştir. Endüstriyel servo uygulamalarının gerçek başlangıcı II. Dünya Savaşı sırasında olmuştur.

Servo, cihazdan ziyade bir fonksiyondur [8]. Bu yüzden, bir servo birçok cihaz içerir. Böylece, servo sistemi, bir yükün hızını - pozisyonunu kontrol eden veya düzenleyen cihazlar bütünüdür.

Bir servo sistem veya servomekanizma, bir geri besleme kontrol sistemi olup sistemin çıkışı mekanik konum, hız veya ivme olabilir. Bu tanıma göre, servo sistem ile konum (veya hız veya hızlanma) kontrol sistemleri aynıdır. Servo sistemler modern endüstride çok yaygın olarak kullanılmaktadırlar [10].

Bu bölümde, uygulamada kullanılmış olan kontrol grubunun elektronik ve yazılımsal bileşenleri incelenecektir.

1.1. Hareket Kontrolcü

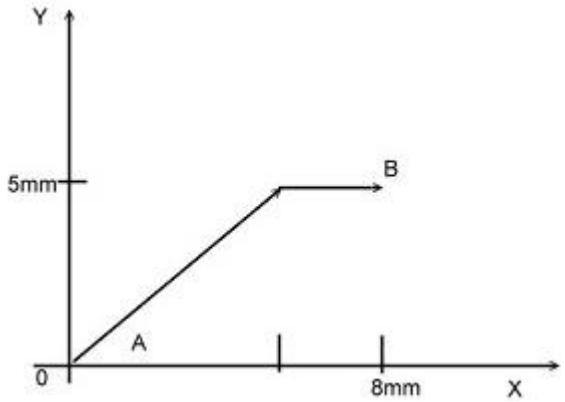
Hareket kontrol sistemi bir makinanın pozisyonunu, hızını, kuvvetini veya basıncını kontrol eden bir sistemdir. Örnek olarak, elektromekanik bazlı bir hareket kontrol sistemi, hareket kontrolcü, sürücü, motor, geri bildirim elemanı ve mekanik sistemi içerir.

Servo sistemin “beyni” olarak düşünülen hareket kontrolcü, hareket kontrol sistemi içerisindeki en önemli elemandır. Basit ifadeyle, kontrolcü, mikroişlemciden gelen komut sinyali ve enkoder, resolver ya da takometreden gelen geribesleme sinyalini işler ve karşılaştırır. Kontrolcünün amacı, sistem dengesizliğine sebep olmadan pozisyon hatasını minimize etmektir [8].

1.1.1. Doğrusal hareket profil tipleri

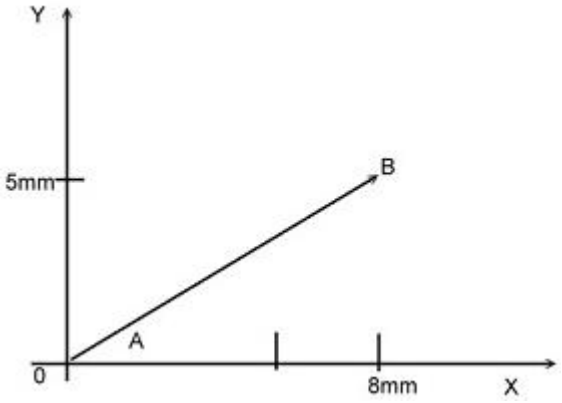
Doğrusal hareket profil tipleri, Noktadan Noktaya (Point-to-Point) ve Doğrusal İnterpolasyon (Lineer Interpolation) olmak üzere ikiye ayrılır.

Şekil 1.1' de noktadan noktaya doğrusal bir hareket örneği verilmiştir. Noktadan noktaya hareket, hareket kontrolün en basit formudur. Verilen örnekte, X ve Y motorları başlangıç noktasından aynı hız ile harekete başlar. Y motoru hedefe X motorundan önce varır ve durur. X motoru B noktasına ulaşmak için 3 mm daha fazla hareket eder. X ve Y motoları birbirinden bağımsız hareket eder.



Şekil 1.1. Noktadan noktaya hareket

Şekil 1.2' de doğrusal interpolasyon örneği verilmiştir. Bu hareket tipinde, X ve Y motorlarının alacağı yol farklı olmasına rağmen B varış noktasına aynı anda varırlar. X ve Y motorları birlikte hareket eder ve hızları hareket kontrolcü tarafından ayarlanır.



Şekil 1.2. Doğrusal interpolasyon

1.1.2. Hareket kontrolcü ve PLC

Yüksek hız, çok eksenli hareket profilleri ve çoklu işlem (multi tasking) istenildiğinde hareket kontrolcü yapılacak uygulama için doğru tercihtir. Yapılacak uygulamada motor hareketleri noktadan noktaya hareketler ise, programın lojik yapısı basit ise veya çok fazla giriş çıkış kontrolü varsa bu projede PLC tercih edilebilir.

1.1.3. Motor kontrol yöntemleri

Uygulamalarda üç temel çeşit motor kontrol yöntemi bulunur: Pozisyon (Position), Hız (Velocity) ve Tork (Torque).

Pozisyon kontrolünde motor yükü artıp ve hızı azalınca, kontrolcü geribesleme elemanı ile hız düşüşünü algılar. Kontrolcü referans motor hızını sağlamak için yeni bir komut üretir.

Hız kontrolü, öngörülmüş zaman dilimi için yük hızını belirler. Yükün pozisyonu ile ilgilenmez ama durma noktasının sistemin yavaşlama profili içerisinde olmasını garantiler.

Tork kontrolünün amacı, motor yükünün pozisyonuna veya hızına bağlı olmaksızın sabit tork sağlamaktır [8].

Bu çalışmada, bütün motorlar pozisyon kontrol yöntemi ile kontrol edilmektedir.

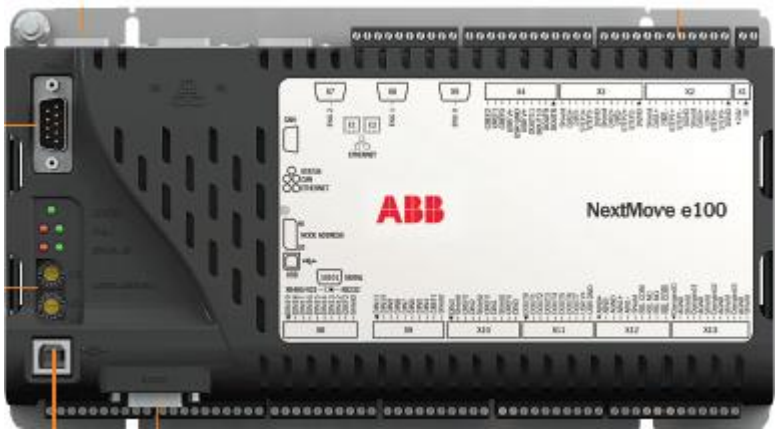
Makinanın otomasyonu hareket kontrolcü (servo kontrolcü) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Hareket kontrolcü olarak ABB'nin (eski adıyla BALDOR) NextMove e100 hareket kontrolcüsü kullanılmaktadır.

1.1.4. BALDOR ve ABB

Baldor, Edwin Ballman ve Emill Doerr tarafından 1920 yılında St. Louis, Missouri' de kurulmuştur. Firmanın ismi Ballman ve Doerr isimlerinden türemiştir. Baldor, 2011 yılında ABB grubuna 4.2 milyar dolar karşılığında dahil olmuştur. ABB güç ve otomasyon teknolojileri alanında küresel liderlerin önde gelenleri arasında yer almaktadır. Merkezi İsviçre' nin Zürih kentinde bulunmaktadır.

1.1.5. NextMove e100 hareket kontrolcü

Makinada kullanılan hareket kontrolcü olan NextMove e100 hareket kontrolcü, Şekil 1.3' te görülmektedir. NextMove e100 hareket kontrolcü, 16 eksene kadar interpolasyon yapabilen, Ethernet Powerlink protokolü ile çevre birimlerle haberleşebilen, lojik seviyesi ayarlanabilir 20 adet sayısal girişli, 12 adet sayısal çıkışlı, seri port ile RS232 / RS485 /422 arabirimlerini kullanarak operatör panelleri ile haberleşebilen, USB portu üzerinden ActiveX kütüphanesi ile geliştirilmiş bilgisayar uygulamaları ile veri alışverişi yapabilen bir hareket kontrolcüdür.



Şekil 1.3. NextMove e100 hareket kontrolcü

NextMove e100' ün genel özellikleri Tablo 1.1' de verilmiştir.

Tablo 1.1. NextMove e100 hareket kontrolcünün genel özellikleri

ÖZELLİK	NextMove 100
İşlemci hızı	120 MHz
Bellek	2 MB SRAM
Retentif hafıza	32 KB FRAM
Nominal gerilim	24V DC
Kontrol edilebilen eksen sayısı	8, 12 veya 16 eksen interpolasyon
Giriş sayısı	20 adet NPN / PNP ayarlanabilen giriş
Çıkış sayısı	12 adet PNP, 1 adet röle çıkışı
Analog giriş / çıkış	12 bit 10V +/- 2 kanal giriş, 4 kanal çıkış
Enkoder giriş	3 kanal ABZ, 20MHz
Step çıkışı	4 kanal adım & yön çıkış
Kontrol yöntemleri	Pozisyon, Hız ve Tork
Desteklenen haberleşme arabirim ve protokolleri	Modbus TCP, Modbus RTU, canOPEN DS402 Slave, canOPEN DS301 Master, USB
Programlama dili	MINT

1.2. Servo Sürücü

Servo sürücüler, servo motorun hız, konum ve torkunu kontrol eder. Genel olarak bir servo sürücü, güç kaynağı bölümü ve motor sürme bölümü olmak üzere iki ana kısımdan oluşur. Güç kaynağı bölümü tipine bağlı olarak bir ya da daha fazla motor için gerekli olan sürücü beslemesini, AA' dan DA' ya çevirme işlemi, servo motor frenleme gerilimini tedarik eder. Motor sürme bölümü ise servo motorun hız ve torkunu kontrol eder. Bu kontrol için gerekli elektronik donanımı içerir [4].

1.2.1. Akıllı servo sürücü

Sayısal teknolojiye dayalı AA, DA ve servo motor sürücüleri günümüzde açık ve kapalı çevrimde moment, hız ve konum kontrolü gibi standart motor kontrolü fonksiyonlarının ötesine geçmiş, kullanıcıya devreye alma, işletme ve bakım kolaylıkları sağlayan, yer aldığı sistemde diğer sayısal birimlerle iletişim kurabilen akıllı modüller hâline gelmiştir. Örneğin, "Control Technıcques" (CT) ürünü "Unidrive" serisi AA sürücüler ve "Mentor" serisi DA sürücüler, yukarıda sıralanan fonksiyonların yanı sıra serbest programlanabilir analog ve sayısal giriş/çıkışlarla sınırlı bir "Programlanabilir Lojik Kontrolör" (PLC) özelliklerine sahip modüllerdir [5]. Akıllı servo sürücü, belirtildiği gibi sınırlı PLC özelliklerine sahip bir kontrolcüdür.

1.2.2. MicroFlex e100 servo sürücü

MicroFlex e100 akıllı servo sürücüsü, MINT (Motion Intelligence) içerisinde programlanabilir ve Ethernet bağlantısı, üzerindeki giriş – çıkış portları ve seri portu ile kolay bir operatör panel (HMI – HUMAN MACHINE INTERFACE) arayüzü gibi özellikler sunar. Uygulamada ABB firmasının MicroFlex e100 akıllı servo sürücüleri kullanılmaktadır. Şekil 1.4' de MicroFlex e100 akıllı servo sürücüsü görülmektedir.



Şekil 1.4. MicroFlex e100 akıllı servo sürücü

MicroFlex e100 servo sürücünün genel özellikleri Tablo 1.2’ de verilmiştir.

Tablo 1.2. MicroFlex e100 servo sürücünün genel özellikleri

ÖZELLİK	MicroFlex e100
Nominal gerilim	115V AC veya 230V AC, 1 faz veya 3 faz
Kontrol devresi güç kaynağı	24V DC
Sürekli akım değeri	6A
Aşırı akım fonksiyonu	3 saniye süre ile %300’e kadar akım sağlayabilme
Kontrol yöntemleri	Pozisyon, Hız ve Tork
Koruma fonksiyonları	Aşırı yük koruması, aşırı ısınma koruması, motor aşırı ısınma koruması, kısa devre koruması, yüksek gerilim koruması
Fren direnci	Harici
Geri besleme tipi	Enkoder
Desteklenen geri besleme çeşitleri	Artımsal Enkoder, BiSS, SSI, EnDat (Mutlak Enkoder), Smart Abs, SinCos
Giriş çıkış sayısı	3 adet giriş, 2 adet çıkış
Desteklenen haberleşme arabirim ve protokolleri	Modbus TCP, Modbus RTU, canOPEN DS402 Slave, canOPEN DS301 Master, USB

1.3. Servo Motor

Servo motor sistemleri günümüzde pek çok uygulama alanında kullanılmaktadır. Bunun asıl nedeni, motor kontrol sistemlerinin kompakt yapıya sahip, kumandası basit ve verimli olmalarıdır. Servo motorlar modern sürücü sistemleriyle kullanılmalarıyla birlikte aşağıda belirtilen özelliklerinden dolayı tercih edilmektedirler [7];

- Pozisyon doğruluğu
- Hız doğruluğu
- Tork kararlılığı
- Yüklenebilme kapasitesi
- Dinamik performans

Elektriksel ve mekanik zaman sabitleri küçük olan, başka bir deyişle endüktans ve atalet momentleri diğer motorlara göre küçük olan, hız limiti içerisinde hızdan bağımsız akıma bağlı sabit moment üretebilen moment kaynağı niteliğindeki DA ve AA motorları servo motor olarak kullanılabilirler.

Servo motorlar, bazen kontrol motorları olarak da adlandırılırlar, elektrik motorları olup özellikle geri beslemeli kontrol sistemlerinde çıkış hareketini kontrol edici olarak kullanmak üzere tasarlanır ve üretilirler [10].

Eğer senkron motorlardaki rotor sargısı sabit mıknatıslarla değiştirilirse, başka bir senkron motor varyasyonu elde edilir. Sabit mıknatıslı senkron motor olarak adlandırılan bu motorlar sinüsoidal veya trapez akım ile beslenebilirler [11].

Sabit mıknatıslı senkron motorların temel olarak 2 farklı tipi vardır, bunlardan biri alternatif akımlı diğeri ise doğru akımlıdır. Doğru akımlı olan genellikle fırçasız doğru akım motoru veya sabit mıknatıslı doğru akım motoru olarak adlandırılır, alternatif akımlı olan ise nadiren sabit mıknatıslı alternatif akım motoru olarak adlandırılsa da aksi belirtilmediği sürece sabit mıknatıslı senkron motor denildiğinde alternatif akımlı olan anlaşılır [9].

“Fırçasız” terimi, servo motorların özel çeşitlerini temsil etmek için genel kabul görmüştür. “Fırçasız” motor, fırçalar ve komütatöre sahip bir doğru akım servo

motora benzer bir performans elde etmek için fırça ve komütatör takımının mekanik sınırlamalarını ortadan kaldırmak amacıyla komütasyon işlemi elektronik olarak yerine getirilecek şekilde tasarlanmaktadır [10].

Fırçaların ve rotor sargısının olmaması yanı sıra yüksek güç yoğunluğu, yüksek verimlilik ve ufak boyutları bu motorları endüstriyel ve servo uygulamalarında çok çekici kılmaktadır [11].

Fırçasız alternatif akım motorunda, ters emk sinüs şeklindedir ve bu nedenle verimi arttırmak için akım sinüs şeklini alacak şekilde fazlara gerilim uygulanır [9].

Bu çalışmada, ABB BSM80R-340MT servo motoru kullanılmaktadır. Şekil 1.5' de BSM80R-340MT servo motoru görülmektedir.



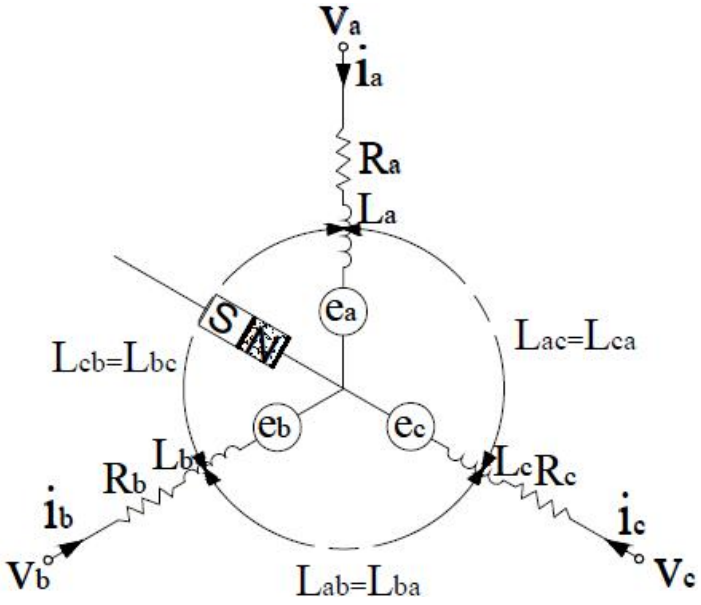
Şekil 1.5. ABB BSM80R-340MT servo motoru

ABB BSM80R-340MT servo motorunun genel özellikleri Tablo 1.3' te verilmiştir.

Tablo 1.3. ABB BSM80R-340MT servo motorun genel özellikleri

ÖZELLİK	BSM80R-340MT
Sürekli çalışmada tork	2,39 Nm
Sürekli çalışmada akım	5 A
Çıkış gücü	750 W
Maximum akım	14,5 A
Maximum tork	7,16 Nm
Nominal hız	3000 rpm
Maximum hızı	5000 rpm
Enkoder çözünürlüğü	131072 pulse / turn

Şekil 1.6’ da sabit mıknatıslı servo motorun (SMSM) üç faz yıldız bağlı stator sargısı görülmektedir. Burada V_a, V_b ve V_c stator sargılarına uygulanan faz gerilimlerinin ani değerlerini, i_a, i_b ve i_c faz akımlarının ani değerlerini, R_a, R_b ve R_c her bir faz sargısının omik dirençlerini, e_a, e_b ve e_c sabit mıknatıslı rotor tarafından stator sargılarında meydana getirilen ters emk’ ları L_a, L_b ve L_c her bir stator faz sargısının öz endüktanslarını ve L_{ab}, L_{ba}, L_{bc}, L_{cb}, L_{ac}, L_{ca} stator faz sargıları arasındaki ortak endüktansları göstermektedir [3].



Şekil 1.6. SMSM’ un üç faz yıldız bağlı stator sargısı

Şekil 1.4’ te verilen devrenin stator faz gerilimleri matris halinde Denklem (1.1)’ de verildiği şekilde yazılır,

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 \\ 0 & 0 & R_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_a & L_{ab} & L_{ac} \\ L_{ba} & L_b & L_{bc} \\ L_{ca} & L_{cb} & L_c \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} \tag{1.1}$$

Burada ters emk rotorun açısal hızı ile kalıcı mıknatıs tarafından sağlanan rotordaki manyetik akıya bağlı olduğu Denklem (1.2)’ de gösterilmiştir,

$$\begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} = -\omega_r \psi_m \begin{bmatrix} \sin\theta_r \\ \sin(\theta_r - 2\pi/3) \\ \sin(\theta_r - 4\pi/3) \end{bmatrix} \tag{1.2}$$

Motorların 3 faz sargılarının spir sayıları eşit olduğu için bu sargılar dengeli yüklerdir. Dengeli yüklerde stator sargı dirençleri, sargı öz endüktansları ve ortak endüktanslar birbirlerine eşittir. Bu durumda, $L_{ab} = L_{ba} = L_{bc} = L_{cb} = L_{ac} = L_{ca} = M$, $R_a = R_b = R_c = R$, $L_a = L_b = L_c = L$ yazılabilir. Bu ifadelere ve Denklem (1.2)' ye bağlı 0olarak Denklem (1.1) tekrar düzenlenirse Denklem (1.3) elde edilir,

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} - \omega_r \psi_m \begin{bmatrix} \sin\theta_r \\ \sin(\theta_r - 2\pi/3) \\ \sin(\theta_r - 4\pi/3) \end{bmatrix} \tag{1.3}$$

Motor eşitliklerinin sayısal analizini yapmak için Denklem (1.3) durum-uzay formunda ifade edilirse Denklem (1.4) elde edilir,

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \frac{1}{(L-M)} \left\{ \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \omega_r \psi_m \begin{bmatrix} \sin\theta_r \\ \sin(\theta_r - 2\pi/3) \\ \sin(\theta_r - 4\pi/3) \end{bmatrix} \right\} \tag{1.4}$$

Motorun elektriksel çıkış gücü Denklem (1.5) ile bulunabilir,

$$P_0 = e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c \tag{1.5}$$

Elektromanyetik moment, çıkış gücünün mekanik açısal hıza oranıyla Denklem (1.6)' daki gibi bulunur,

$$M_e = \frac{P_0}{\omega_m} \tag{1.6}$$

Denklem (1.6)' daki mekanik açısal hız, elektriksel açısal hız cinsinden Denklem (1.7) ile ifade edilebilir,

$$\omega_m = \left(\frac{2}{p} \right) \omega_r \tag{1.7}$$

Denklem (1.6)' daki ifadeye Denklem (1.7)' ye göre düzenlenmesiyle Denklem (1.8) elde edilir,

$$M_e = -\left(\frac{p}{2}\right)\psi_m \left[i_a \sin\theta_r + i_b \sin(\theta_r - 2\pi/3) + i_c \sin(\theta_r - 4\pi/3)\right] \quad (1.8)$$

Motor dinamik eşitlikleri türünden elektromanyetik moment, Denklem (1.9)' daki gibidir,

$$M_e = j\left(\frac{2}{p}\right)\frac{d}{dt}\omega_r + B_m\left(\frac{2}{P}\right)\frac{d}{dt}\omega_r + M_y \quad (1.9)$$

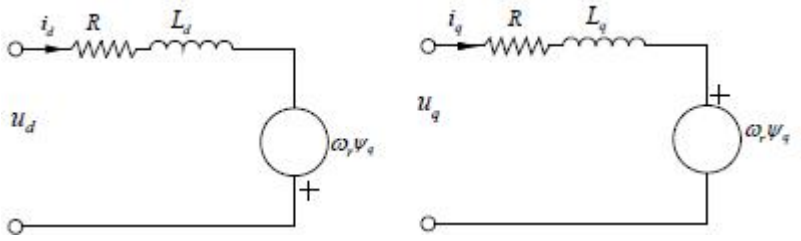
Denklem (1.9) durum-uzay formunda düzenlenirse Denklem (1.10) elde edilir,

$$\frac{d}{dt}\omega_r = \left(\frac{p}{2j}\right)\left[M_e - B_m\left(\frac{2}{p}\right)\omega_r - M_y\right] \quad (1.10)$$

Motorun açısal hızı, Denklem (1.10)' daki ifadenin türevinin alınmasıyla bulunur. Motorun açısal hızı Denklem (1.11) ile bulunabilir,

$$\omega_r = \frac{d}{dt}\theta_r \quad (1.11)$$

Şekil 1.7' de rotor referans düzleminde SMSM eşdeğer devresi verilmiştir,



Şekil 1.7. Rotor referans düzleminde SMSM eşdeğer devresi

Şekil 1.5' e göre rotor referans düzlemine göre stator gerilim ifadeleri Denklem (1.12)' de verilmiştir,

$$\begin{bmatrix} u_d \\ u_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \frac{d}{dt}\begin{bmatrix} \psi_d \\ \psi_q \end{bmatrix} - \omega_r \begin{bmatrix} \psi_d \\ \psi_q \end{bmatrix} \quad (1.12)$$

Manyetik akı bileşenleri Denklem (1.13)' te verilmiştir,

$$\begin{bmatrix} \psi_d \\ \psi_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_d & 0 \\ 0 & L_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \psi_m \\ 0 \end{bmatrix} \tag{1.13}$$

Denklem (1.12) ve Denklem (1.13)' deki ifadeler düzenlenerek durum-uzay formunda ifade edilirse Denklem (1.14) elde edilir,

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_d} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_q} \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} u_d \\ u_q \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \omega_r \begin{bmatrix} 0 & L_q \\ L_q & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} - \frac{P}{2} \omega_r \begin{bmatrix} 0 \\ \psi_m \end{bmatrix} \right\} \tag{1.14}$$

Elektromanyetik moment Denklem (1.15)' ten elde edilir,

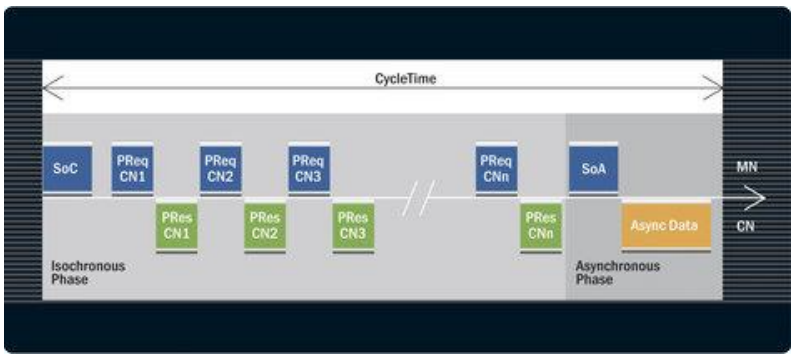
$$M_e = \frac{3}{2}\frac{p}{2}\left(\psi_m i_q + (L_d - L_q) i_d i_q\right) \tag{1.15}$$

1.4. Ethernet Powerlink

İlk olarak B&R tarafından geliştirilen Powerlink 2001 yılında tanıtılmıştır. Ethernet Powerlink Standartlaştırma Grubu (EPSG), bu teknolojiyi 2003 yılından beri geliştirmeye devam eden bağımsız bir organizasyondur. Powerlink patent ücreti olmayan, üreticiden bağımsız ve tamamen yazılım bazlı gerçek zamanlı performans sağlayan bir haberleşme protokolüdür. Açık kaynak versiyonu ücretsiz olarak 2008 yılında yayımlanmıştır.

Powerlink haberleşme protokolünde, koordinasyonu sağlayabilmek için PLC veya bir endüstriyel bilgisayar sözde yönetici düğümü (managing node) olarak belirlenir. Bu yönetici, döngüsel veri haberleşmesini kontrol eden ve bütün cihazları senkronize etmeye hizmet eden tarama süresinin oluşmasını sağlar. Diğer bütün cihazlar yönetilen düğüm (controlled node) olarak çalışır. Bir tarama süresi içinde, yönetici düğümü belirli bir sıra ile yönetilen düğümlere ard arda durum isteği (poll request) yollar. Her yönetilen düğüm, bu isteğe diğer yönetilen düğümlerin de dinleyebildiği durum cevabını (poll response) yollar. Bir Powerlink döngüsü üç aşamadan oluşur. "Başlangıç Periyodu" (Start Period) süresince, yönetici düğüm bütün yönetilen düğümlerden senkronize olmuş cihazlara Döngü Başlangıç (Start of Cycle) bildirimi

yapar. Döngüsel veri haberleşme ikinci periyotta “Döngüsel Periyot” (Cyclic Period) gerçekleşir. Üçüncü periyot, büyük, zaman-kritik olmayan verilerin transfer edilmesini sağlayan asenkron veri haberleşme safhasının başlangıcını belirler. Ethernet Powerlink döngüsü Şekil 1.8’ de verilmiştir.



Şekil 1.8. Ethernet Powerlink döngüsü

1.5. Etiket Yazıcı

Bu çalışmada, Zebra firmasının GK420T etiket yazıcısı kullanılmaktadır. GK420T etiket yazıcı Şekil 1.9’ da görülmektedir.

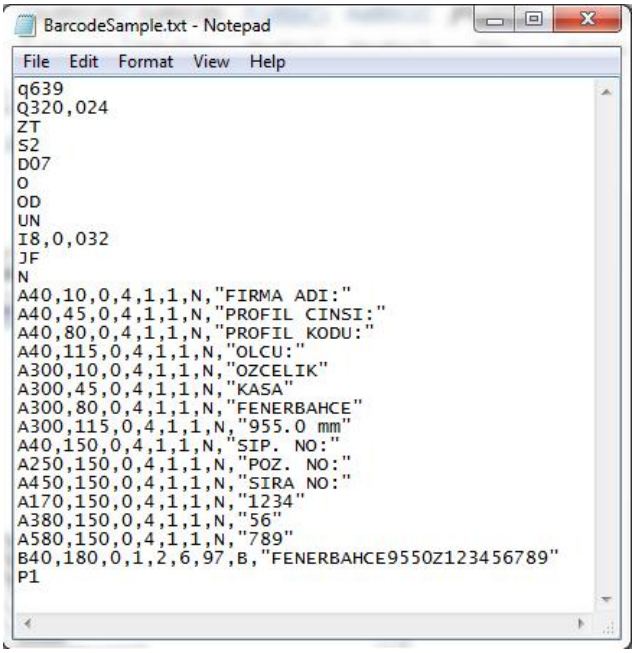


Şekil 1.9. Zebra GK420T etiket yazıcı

GK420T yazıcı 5 ips (saniye başına inç) hızlarına kadar ve 203 dpi (inç başına vuruş) yazdırma yoğunluğunda termal transfer ve direkt termal yazdırma sağlar. GK420T hem ZPL (Zebra Programming Language) hemde EPL (Eltron Programming Language) yazıcı programlama lisanslarını destekler ve geniş bir arayüz ve özellik seçenekleri yelpazesi sunar.

Eltron Programlama Dili (EPL ve EPL2) çeşitli Eltron (şimdi Zebra) yazıcılar için baskılı etiket üretmekte kullanılan yazıcı kontrol dilidir. Yeni yazıcılar ayrıca ZPL' yi destekler. EPL, medya yazdırmaya uygun, genellikle kullanımı barkod bilgisine sahip etiket yazdırma olan, satır satır işlem yapan, bir işaretleme dilidir.

Yazdırılmak istenilen etiket bilgileri EPL dilinde kodlanır. Kodlanan etiket bilgileri RS-232 portu üzerinden seri haberleşme yoluyla yazıcıya gönderilir. Şekil 1.10' da EPL dilinde hazırlanmış etiket örneği görülmektedir.



Şekil 1.10. EPL dilinde hazırlanmış etiket örneği

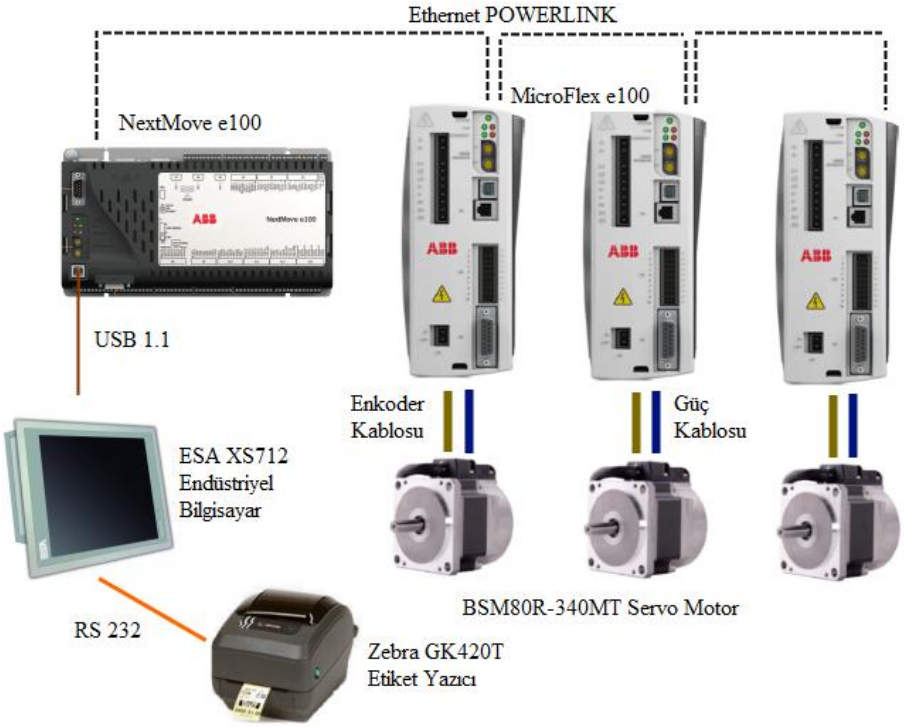
Şekil 1.11' de etiket yazıcıdan alınmış çıktı örneği görülmektedir.



Şekil 1.11. Zebra GK420T etiket yazıcısından alınmış çıktı örneği

1.6. Otomasyon Sisteminin Yapısı

Şekil 1.12’ de otomasyon sisteminin yapısı görülmektedir. NextMove e100 hareket kontrolcü ile MicroFlex e100 servo sürücüler, Ethernet Powerlink haberleşme protokolü üzerinden haberleşir. NextMove e100 ile operatör arayüzü olarak kullanılan ESA XS712 endüstriyel bilgisayarı arasında USB 1.1 bağlantısı bulunur. Endüstriyel bilgisayar ile NextMove e100 arasında ABB’ nin .NET platformu için geliştirdiği kütüphane kullanılmaktadır. CAM dosyası bilgilerinde bulunan etiket bilgilerinin yazdırılması için, ESA XS712 ile etiket yazıcısının arasında RS-232 seri haberleşme protokolü kullanılmıştır.



Şekil 1.12. Otomasyon sisteminin yapısı

Bu çalışmada kullanılan piston, valf elemanların çıkış sinyaleri NextMove e100 hakeret kontrolcü tarafından sağlanır. Kapasitif sensör, acil stop butonu, limit siviçleri gibi girişler yine NextMove 100 hareket kontrolcüye bağlanır. Uygulamadaki giriş sinyal sayısı NextMove e100 hareket kontrolcüsünün giriş port sayısından fazla olduğu için MicroFlex e100 servo sürücülerin üzerindeki giriş portları ek olarak kullanılmaktadır.

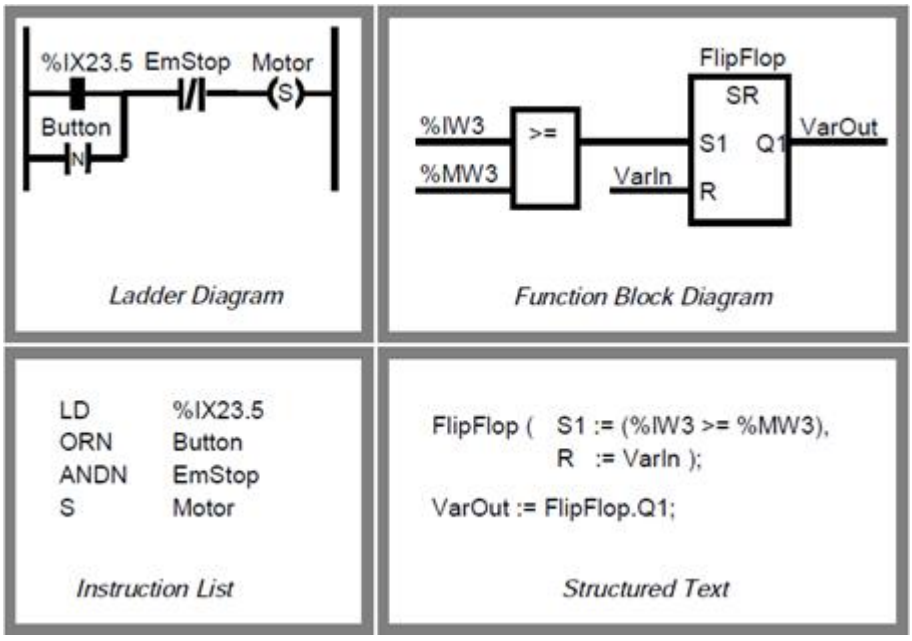
2. PROGRAMLAMA DİLLERİ

IEC 61131 standardının (IEC 1131 olarak da bilinir) üçüncü bölümünde (IEC 61131-3) PLC programlama için üç tane grafiksel dil ve iki tane yazı bazlı dil olmak üzere toplam beş tane dil tanımlanmıştır;

- Merdiven Diyagramı (Ladder Diagram, LD)
- Fonksiyon Bloğu (Function Block, FB)
- Yapılandırılmış Metin (Structured Text, ST)
- Talimat Listesi (Instruction List, IL)
- Sıralı Fonksiyon Şeması (Sequential Function Chart, SFC)

Grafiksel diller program komutları oluşturmak için semboller kullanırken, yazı bazlı diller karakter dizisi kullanarak program komutları oluşturur.

Şekil 2.1' de, LD, FBD, IL ve ST dillerinde yazılmış örnekler verilmiştir.



Şekil 2.1. LD, FBD, IL ve ST programlama dillerinin örnekleri

IEC 61131-3 standardı PLC programla için bir rehberdir, katı kurallar bütünü değildir [13]. Endüstride, otomasyon firmalarının bazıları (ABB gibi) IEC 61131-3

standardının haricinde programlama dilleri kullanır. ABB' nin hareket kontrol grubu programlama dili MINT BASIC' dir.

2.1. Mint Basic

MINT Basic, ABB' nin hareket kontrolcülerini programlamak için kullanılan programlama dilidir.

Mint Basic, çoklu işlem (multi tasking), fonksiyonlar (functions), prosedürler (procedures), yapısal veri yapıları (structure data types), bit alanları (bit fields) ve olayları (event) içeren gelişmiş programlama mimarisidir. Bu yapı, program yazmayı ve başkaları tarafından anlaşılabilen modüler program geliştirmeyi kolay hale getiren Basic programlama dili formatında sunulur.

Şekil 2.2' de MINT Basic dili ile yazılmış bir program örneği görülmektedir.

```
Const _nTermKeypad As Integer = _TERM5
Const _ax0 As Integer = 0
Dim fJogSpeed As Float = 10.0
Loop
  Pause(InKey(_nTermKeypad))
  Select Case LastKey
  Case 'X'              'Jog forward
    DRIVEENABLE(_ax0) = _on
    While ReadKey(_nTermKeypad) = 'X'
      JOG(_ax0) = fJogSpeed
    End While
    JOG(_ax0) = 0
    Pause IDLE(_ax0)
    DRIVEENABLE(_ax0) = _off
  Case 'U'              'Jog reverse
    DRIVEENABLE(_ax0) = _on
    While ReadKey(_nTermKeypad) = 'U'
      JOG(_ax0) = -fJogSpeed
    End While
    JOG(_ax0) = 0
    Pause IDLE(_ax0)
    DRIVEENABLE(_ax0) = _off
  End Select
End Loop
```

Şekil 2.2. MINT Basic dili ile yazılmış program örneği

MINT Basic’ in başlıca özellikleri aşağıda belirtilmiştir;

- Gerçek zamanlı kontrol için tasarlanmış, BASIC programlama diline benzer hareket kontrol dilidir
- Servo ve step motor sistemlerini destekler, birlikte kullanma imkanı sunar
- Kapsamlı ActiveX kütüphanesi ile bilgisayar programlama desteği verir
- Çoklu görev yeteneğine sahiptir
- Doğrusal, dairesel ve helisel interpolasyon hareketleri destekler
- KAM ve spline hareketlerini destekler
- Trapez ve S şeklinde hız profillerini destekler
- Girişlerde kesme olanağını sunar
- Limit ve pozisyon hataları için hata yakalama imkanı sunar

3. ENDÜSTRİYEL BİLGİSAYAR VE ARAYÜZ PROGRAMI

Bu çalışmada, operatör paneli (HMI) yerine ESA firmasının XS712 model endüstriyel bilgisayarı kullanılmaktadır. ABB' nin hazırladığı ActiveX bileşeni ve C# programlama dili ile endüstriyel bilgisayarda çalışan Windows uygulaması geliştirilmiştir. Geliştrilen uygulama ile NextMove e100 hareket kontrolcü arasında haberleşme USB üzerinden sağlanmaktadır. Kullanılan endüstriyel bilgisayarın özellikleri Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. ESA XS712 endüstriyel bilgisayar genel özellikleri

ÖZELLİK	ESA XS712
Boyutlar	12.1"
İşlemci	Intel Atom 1.6 Ghz N270
Çipseti	945SE + ICH7M
Bellek	1 GB
Kapasite	250 GB HDD
Çözünürlük	800 x 600
Arka aydınlatma	LED
Dokunma teknolojisi	Analog Rezistif (4 Kablolu)
Renk	262K
RS232 seri port	2 adet
RS485 seri port	1 adet
USB port	5 adet
İşletim sistemi	WES7 (Windows Embedded Standart)

3.1. C# Programlama Dili

Java geniş çevrelerce kabul görmüş, işletim sisteminden bağımsız, taşınabilir programlar yazmak için geliştirilmiş, nesneye yönelik bir programlama dilidir. Microsoft Java' ya cevap olarak, .NET ile tam uyumlu ve .NET' in en gözde dili olan C# programlama dilini geliştirdi. C#, C/C++ ve Java' nın güzel yönlerini alıp, nesne yönelimli bir dil olarak programcıların karşısına çıkmaktadır [15].

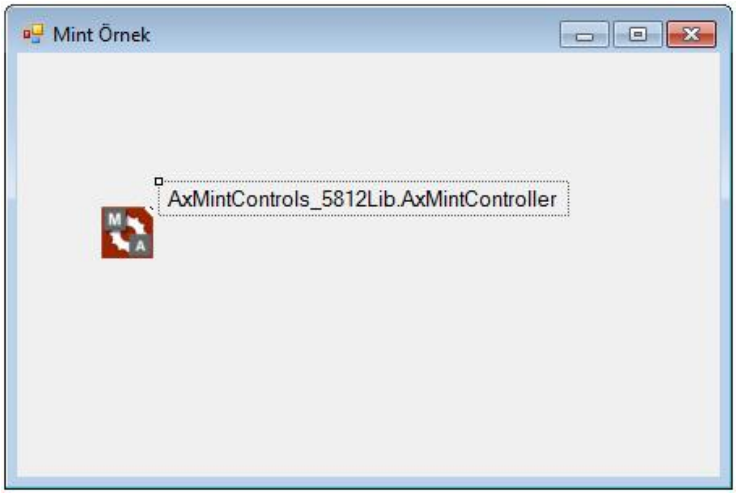
C# programlama dili orta düzeyli diller grubuna girer. Özellikle hem alt düzey hem de üst düzey programlar yazılabilir. C# programlama dili ile programlar geliştirmek için güvensiz kod bloklarında işaretçiler kullanılır. Diğer taraftan büyük çaplı

kurumsal projeler geliştirilirken kullandığımız dilin çok zor olmaması ve verimli olması her zaman tercih sebebidir [14].

3.2. ActiveX

Microsoft Windows genellikle bir makina için operatör arayüzü yada makina kontrolcü olarak kullanılır. Mint ActiveX kontrolü desteklenen her programlama ortamından (Visual Studio, Excel, National Instruments LabView gibi) kullanılan kontrolcüye kapsamlı bir arayüz sunar. ActiveX kontrolü arıza takibi, reçete veri işleme, hareket kontrolü ve giriş – çıkış kontrolünü sağlamak için bütün yeteneklere imkan verir [14].

Şekil 3.1' de Visual Studio' da, Mint ActiveX kontrolünün forma eklenmesi görülmektedir.



Şekil 3.1. Mint ActiveX kontrolünün forma eklenmesi

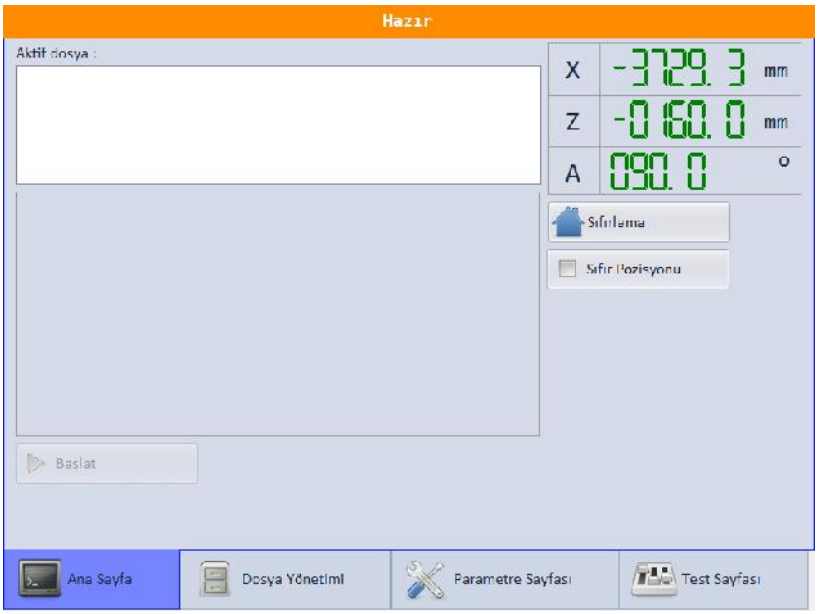
Endüstriyel bilgisayarda çalışan program ile NextMove e100 hareket kontrolcü arasında haberleşme ABB' nin sağladığı ActiveX komponenti ile sağlanmıştır.

3.3. Kullanıcı Arayüz Programı

C# programlama dili kullanılarak geliştirilen kullanıcı arayüz programının ekran görüntüleri Şekil 3.2 – Şekil 3.10 arasında verilmiştir.

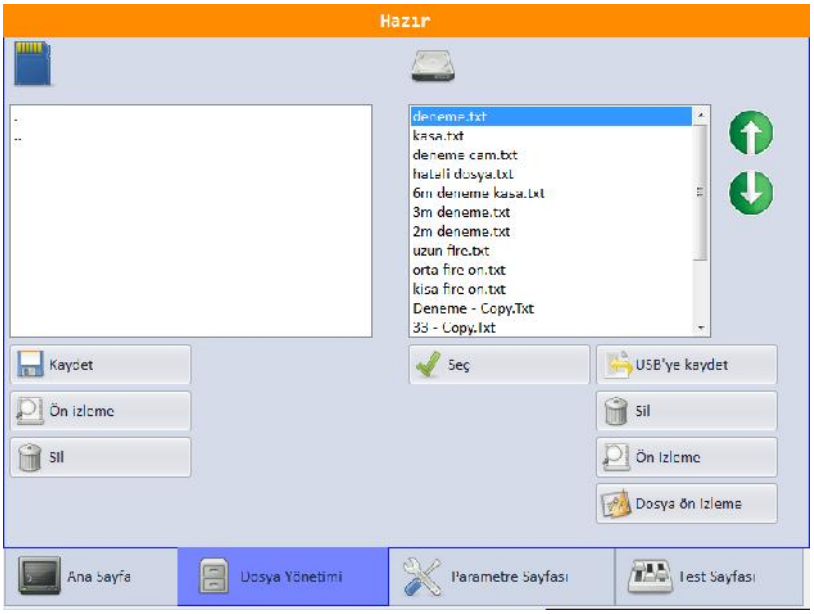
Ekranın üst bölümünde makinanın anlık durumunu belirten bir durum çubuğu bulunmaktadır. Alarm oluşması durumunda bu durum çubuğu üzerinden alarm sayfasına geçiş yapılır.

Ana sayfanın ekran görüntüsü Şekil 3.2’ de verilmiştir. Ana sayfada eksen pozisyonları, sıfırlama butonu, başlatma butonu, yüklenen reçete bilgileri ve reçetenin simulasyon penceresi bulunmaktadır.



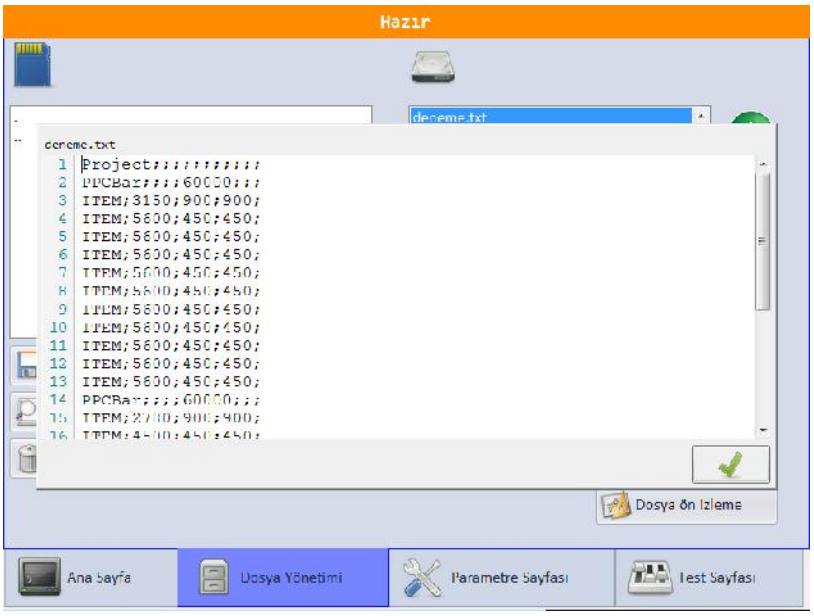
Şekil 3.2. Ana sayfa

CAM dosyası yükleme sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3.3’ te verilmiştir. CAM dosyası yükleme ekranında endüstriyel bilgisayara takılan USB bellek taranır. İstenilen CAM dosyası endüstriyel bilgisayarın dahili diskine kayıt edilir. Kayıt edilmiş CAM dosyalarından bir tanesi seçilip, otomatik çalışma için aktif hale getirilir.



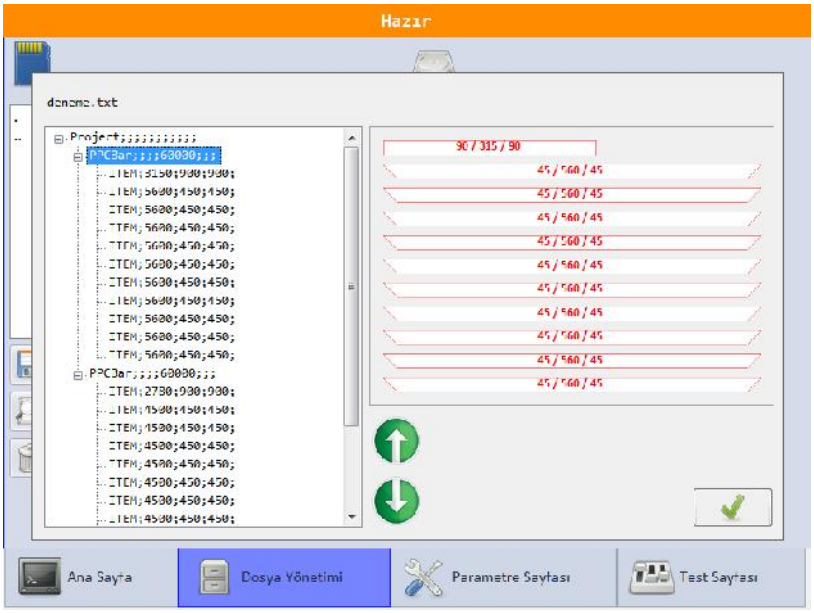
Şekil 3.3. CAM dosyası yükleme sayfası

Dosya görüntüleme sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3.4’ de verilmiştir. Bu sayfada, endüstriyel bilgisayar dahili diskinde veya USB bellek üzerinde bulunan CAM dosyasının içeriği görüntülenir.



Şekil 3.4. Dosya görüntüleme sayfası

CAM dosyası çizim görüntüleme sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3.5’ te verilmiştir. Bu sayfada, endüstriyel bilgisayar dahili diskinde bulunan CAM dosyasının içeriği çizilerek gösterilir.



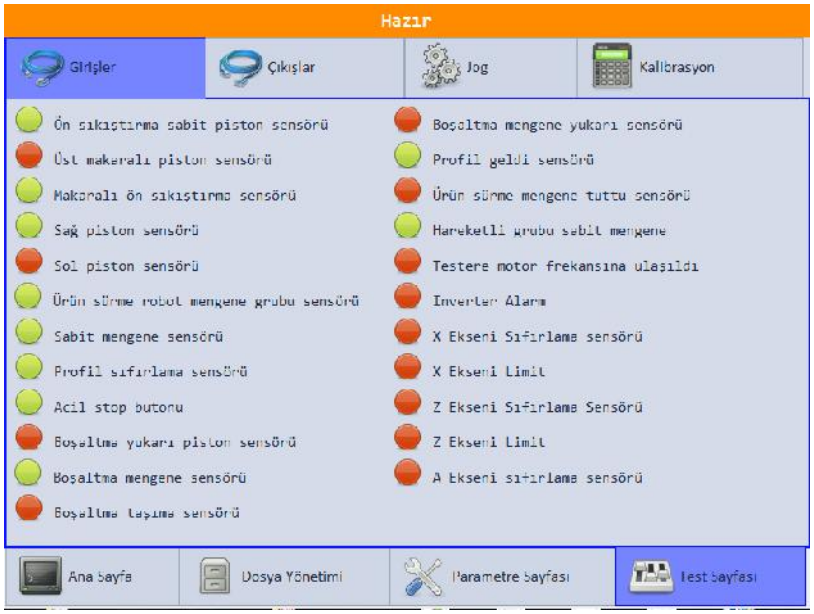
Şekil 3.5. CAM dosyası çizim görüntüleme sayfası

Parametre sayfası Şekil 3.6’ da verilmiştir. Bu sayfada makinaya ve arayüz programına ait parametreler görüntülenir veya değiştirilir.



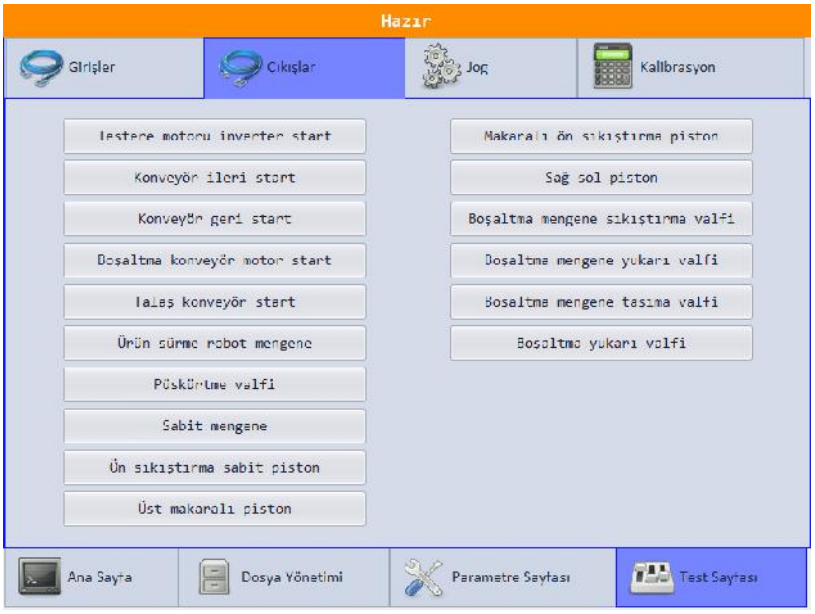
Şekil 3.6. Parametre sayfası

Sayısal giriş görüntüleme sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3.7’ de verilmiştir. Bu sayfada, NextMove e100 hareket kontrolcüsü ve MicroFlex e100 servo sürücülerine bağlı olan sayısal girişler gözlemlenir.



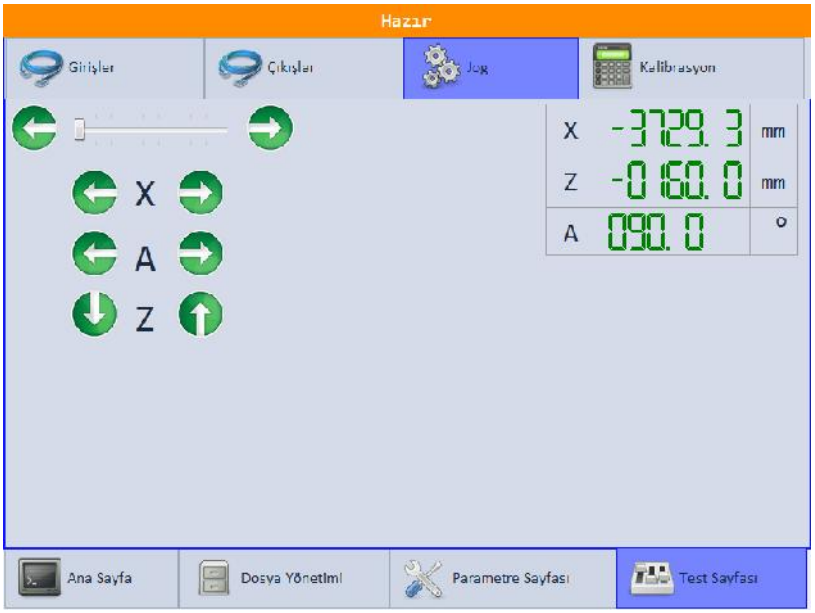
Şekil 3.7. Sayısal giriş görüntüleme sayfası

Sayısal çıkış kontrol sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3.8’ de verilmiştir. Bu sayfada, NextMove e100 hareket kontrolcüsüne bağlı sayısal çıkışlar manuel kontrol edilir.



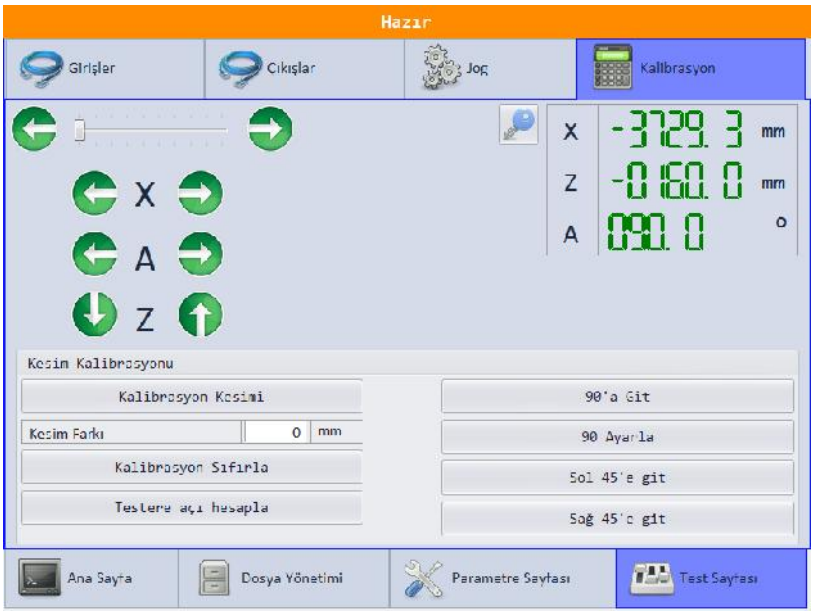
Şekil 3.8. Sayısal çıkış kontrol sayfası

Manuel hareket sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3.9’ da verilmiştir. Bu sayfada, servo motorlara manuel hareket verilir.



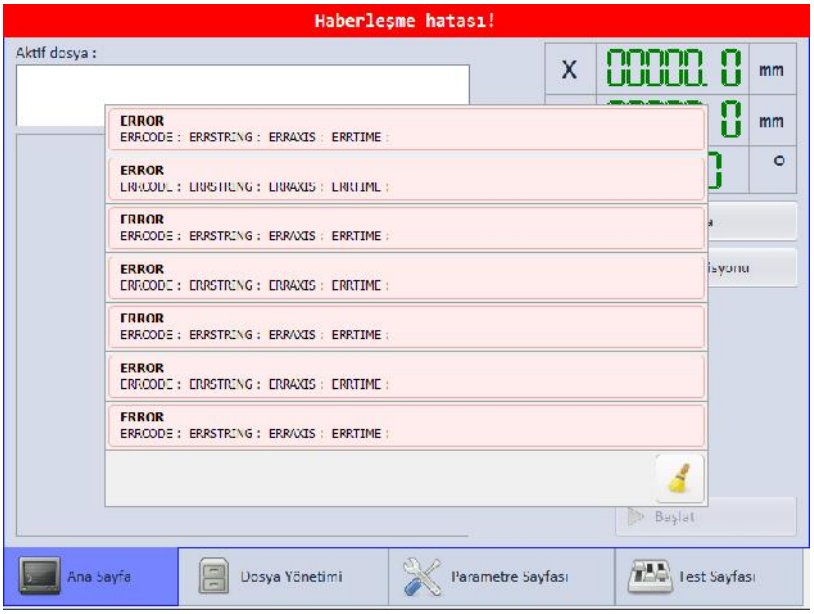
Şekil 3.9. Manuel hareket sayfası

Testere açı kalibrasyon sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3.10’ da verilmiştir. Bu sayfada, testere servo ekseninin açı ayarı yapılmaktadır.



Şekil 3.10. Testere açı kalibrasyon sayfası

Alarm sayfasının ekran görüntüsü Şekil 3.11’ de verilmiştir. Bu sayfada, makinada oluşan hatalar görülebilir.



Şekil 3.11. Alarm sayfası

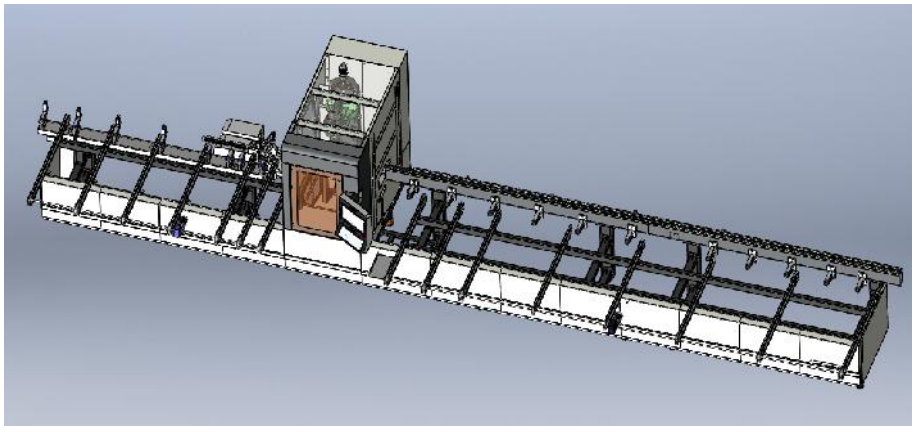
4. KESİM MERKEZİNE GENEL BAKIŞ

Profil kesim merkezi ebatlama ve kesme işlemlerini gerçekleştirir. Profil kesim merkezi, yine ebatlama ve kesim yapan çift kafa kesim makinasına göre daha yüksek üretim kapasitelidir. Çift kafa profil kesim makinası Şekil 4.1’ de verilmiştir.



Şekil 4.1. Çift kafa profil kesim makinası

SolidWorks 3B CAD tasarım yazılımı kullanılarak tasarlanmış, “Alcor I” kod adlı profil kesim merkezinin genel yapısı Şekil 4.2’ de verilmiştir.



Şekil 4.2. SolidWorks programında tasarlanmış profil kesim merkezinin görünümü

Alcor I’ in genel özellikleri aşağıda verilmiştir;

- Alüminyum ve PVC kesim işlemlerini yapmak için kullanılır
- 7 adet profil besleme kapasitesi
- 800 mm’ den büyük fire parçalarını yeni üretim için işleme
- -30 ile + 30 derece arasındaki bütün açılarda hassas kesim
- 500 mm testere
- Konveyör
- Güvenlik bariyeri
- Talaş könveyörü
- Barkod sistemi

Otomasyonu gerçekleştirilmiş kesim merkezinin genel görünümü Şekil 4.3’ te verilmiştir.



Şekil 4.3. Profil kesim merkezinin genel görünümü

Makina, besleme bölümü, kesim bölümü ve boşaltma bölümü olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Besleme bölümünde, işlem listesine göre sıralanmış profiller konveyör vasıtası ile makinanın giriş kısmına sürülür. Bu kısımda operatör tarafından yerleştirilmiş profilin işlem listesinde bulunan profil ile aynı uzunluğa sahip olup olmadığı kontrol edilir. Operatör tarafından yerleştirilmiş profilin uzunluğu, işlem listesinde bulunan profil uzunluğundan farklı ise makina uyarı verir ve çalışmayı durdurur. Besleme bölümünde profilin makinaya sürülmesi servo motor

ile sağlanır. Kesim işlemi bittikten sonra profil yine bu servo motor ile makina içerisine sürülür. Besleme bölümü Şekil 4.4’ de görülmektedir.



Şekil 4.4. Besleme bölümü

İşlem listesinde yeni profil bilgisi geldiğinde bütün motorlar bekleme (park) pozisyonuna gider. Besleme konveyörü profili, profil geldi sensörü sinyal verene kadar sürer. Daha sonra profil sürme motoru 1 m mesafe geri gider. Sürme mengenesi profili kavradıktan sonra, profil sürme motoru ile makinanın girişine bulunan profil sıfırlama sensörü sinyal verene kadar düşük hızda sürülür. Profil sıfırlama sensörürün sinyal vermesi ile, sürme motoru profili yüksek hızda testerenin altına sürer. Sürme mengenesi profili serbest bırakır. Sürme motoru, profil sürme grubunun ucunda bulunan sensör profilden kurtulana kadar makinaya ters yönde hareket eder. Sensörün sinyal vermeyi kestiği yer olan profilin arka ucu ile testerenin ağzında bulunan profilin ön ucu arasındaki mesafe kontrol edilip, verilen profil boyunun doğruluğu kontrol edilir. Ölçülen profil boyu verilen profil boyu ile aynı ise, sürme motoru bulunduğu pozisyondan profili kesim için sürer.

İşlenecek profilin işlem listesindeki belirtilen uzunlukla aynı olduğu teyit edildikten sonra, profil sürme robotu tarafından ilk kesim olan fire kesimi için sürülür. Boşaltma grubunun makina dışarısına çıkaramayacağı fire kesimlerinde, makina uyarı verir ve operatörün kesilen parçayı el ile makinadan alıp işlemi tekrar başlatması beklenir.

Kesim bölümünde, sıradaki parçanın kesim açısı değerine göre testere ile kesim yapılır. Testere ile, profil üstünde 30 ila 150 derece arasında kesimler yapılabilir. Kesim bölümü Şekil 4.5’ te görülmektedir.

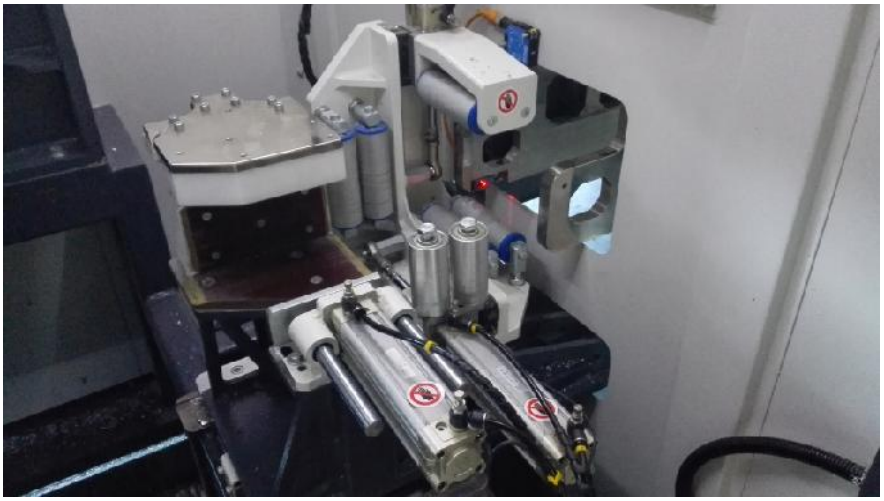


Şekil 4.5. Kesim bölümü

Kesim bölümünde sağa – sola hareket edebilen hareketli mengene bulunur. Bu hareketli mengene, kesilen profilin son kısmını boşaltma bölümüne sürer. Profilin arka uç kısmı hareketli mengene ile sürüldükten sonra testerenin tam altında kalır. Son kesim yapıldıktan sonra boşaltma grubu ile profil makina dışarısına çıkartılır.

Hareketli mengene grubu ve profil sıfırlama sensörü Şekil 4.6’ da görülmektedir. Hareketli mengene grubunda testere kesimi sırasında profilin sabit kalmasını sağlayan sabit mengene ve profilin sürme işlemi sırasında düzgün hareket etmesini sağlayan makaralı pistonlar bulunur.

Boşaltma bölümünde, işlem listesine göre kesilmiş profil pnömatik piston ile makina dışarısına alınır. Makina dışarısına alınan profil konveyör ile sürülür. Operatör kesilmiş profil parçalarını bu kısımdan alır. Boşaltma bölümünün görüntüsü Şekil 4.7’ de verilmiştir.

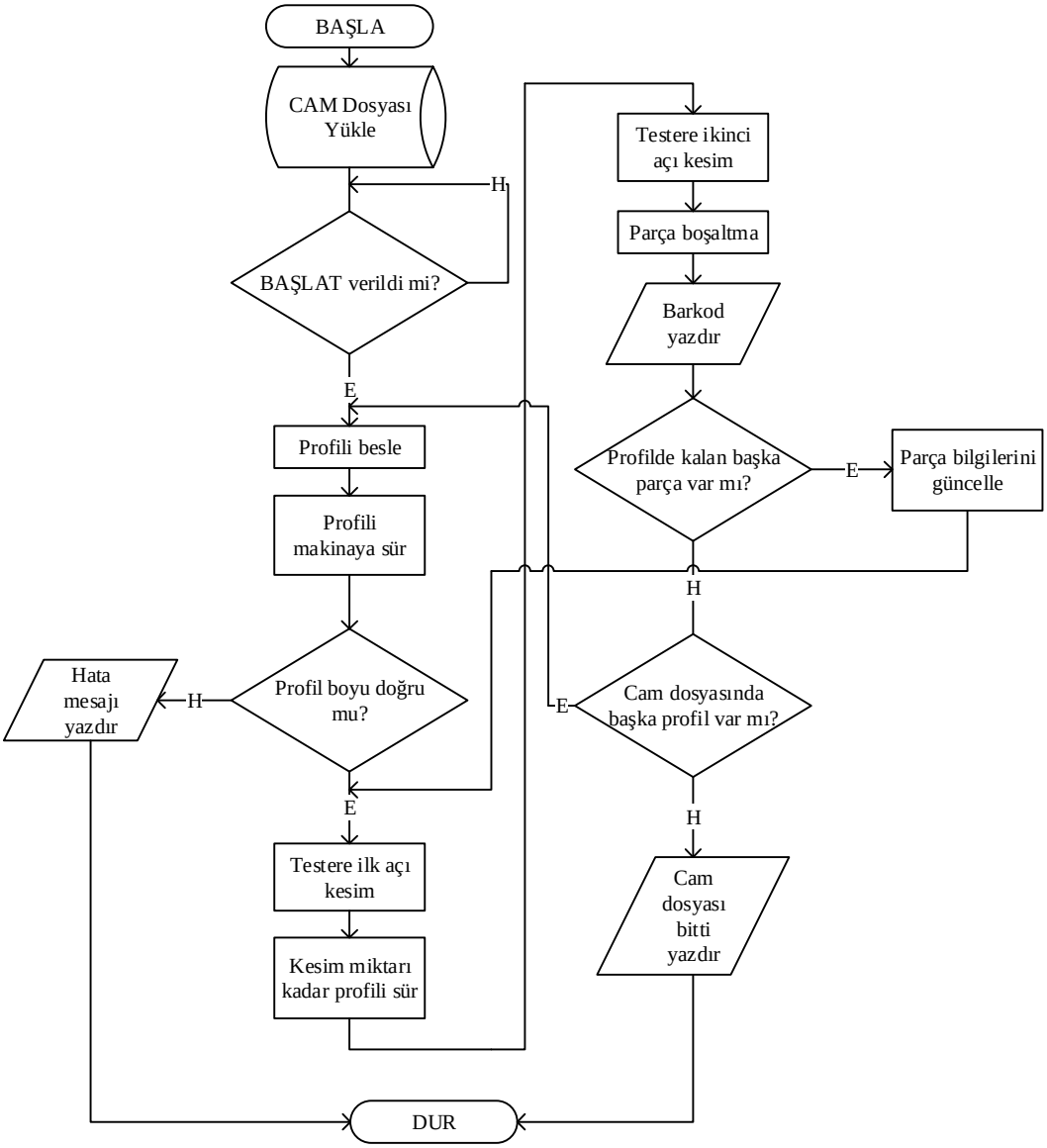


Şekil 4.6. Hareketli mengene grubu



Şekil 4.7. Boşaltma bölümü

Profil kesim merkezinin akış diyagramı Şekil 4.8’ de verilmiştir.



Şekil 4.8. Profil kesim merkezinin akış diyagramı

5. PROFİL ÇEŞİTLERİ

5.1. Kasa Profili

Kapı ve pencerelerin iskeletini oluşturan ve kasanın duvara montajında kullanılan elemanlara kasa profili denir. Sabit ve geniş profil çeşitleri bulunmaktadır [7]. Kasa profilinin şekli ve kesit görüntüsü Şekil 5.1’ de verilmiştir.



Şekil 5.1. Kasa profil şekli ve kesit görüntüsü

5.2. Kanat Profili

Kapı ve pencerelerin hareketli kısmını oluşturan ve kasaya monte edilen profillere kanat profili denir. Hareketli, dışa açılım kanat profili gibi çeşitleri bulunmaktadır [7]. Kanat profilinin şekli ve kesit görüntüsü Şekil 5.2’ de verilmiştir.



Şekil 5.2. Kanat profil şekli ve kesit görüntüsü

5.3. Orta Kayıt Profili

Mevcut pencere boşluğunun istenilen modelde bölünmesine kolaylık sağlayan kayıtlardır. Ara kayıt sabit iki bölümü ayırabildiği gibi, kanatlı iki bölümü de birbirinden ayırabilir. Ara kayıtlar; kısa bölümlemede kullanıldığı gibi, pencere ve kapı kanatlarının bölünmesinde de kullanılır [7]. Orta kayıt profilinin şekli ve kesit görüntüsü Şekil 5.3’ te verilmiştir.



Şekil 5.3. Orta kayıt profil şekli ve kesit görüntüsü

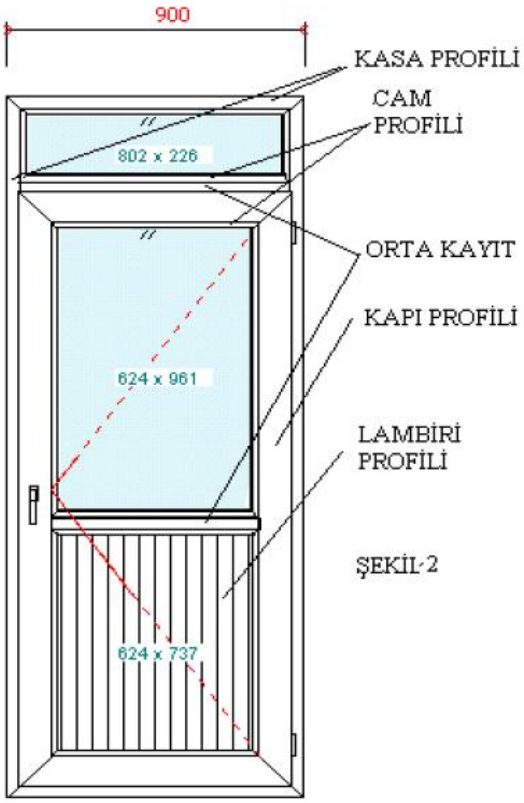
5.4. Kapı Profili

Kapı profilinin şekli ve kesit görüntüsü Şekil 5.4’ de verilmiştir.



Şekil 5.4. Kapı profil şekli ve kesit görüntüsü

Farklı tip profillerden oluşturulmuş, içe açılan balkon kapısının yapısı Şekil 5.5’ te verilmiştir.



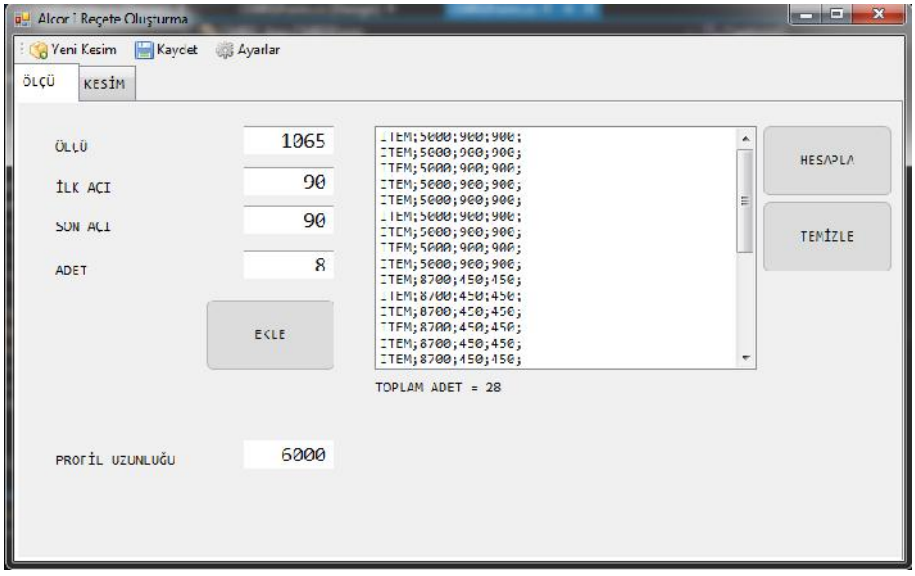
Şekil 5.5. İçe açılan balkon kapısı

6. CAM YAZILIMI

CAM (Computer Aided Manufacturing) bilgisayar destekli üretim anlamına gelmektedir.

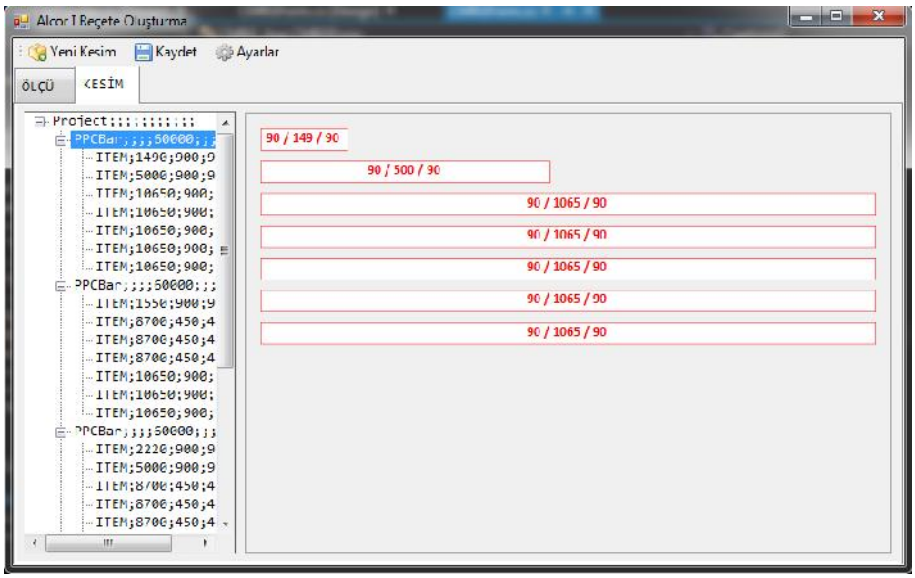
Bilgisayar destekli imalat (CAM), bir imalat tesisinin üretim kaynakları arasında oluşturulan bir bilgisayar etkileşim alanı vasıtasıyla tesisin faaliyetlerini ister direkt ister endirekt olarak planlanması, yönetim ve kontrolü için bilgisayar sistemlerinin kullanımı olarak tanımlanabilir [12].

Makinanın işleyeceği CAM dosyasını üretmek için bir arayüz programı geliştirilmiştir. C# programlama dili kullanılarak geliştirilen CAM yazılımının ana ekran görüntüsü Şekil 6.1' de verilmiştir. Bu ekranda, bir profil tipi için kesim ölçüleri girilir. Girilen kesim ölçüleri ile kesim esnasında parçalar üzerinde oluşan fire miktarları da hesaba katılarak reçete oluşturulur. Fire miktarı testerenin kalınlığı, kesim açısı, testerenin gönyesinden olan uzaklığı ve kalan parça miktarından kaynaklanır.



Şekil 6.1. C# programlama dili ile geliştirilen CAM yazılımı

Şekil 6.2’ de Kesim görüntüleme penceresi verilmiştir. Kesim görüntüleme penceresinde girilen değerlere göre hesaplanan reçete görüntülenir. Kaydedilen reçete, Şekil 3.3’ te verilmiş olan CAM dosyası yükleme sayfasından makinaya yüklenir.



Şekil 6.2. Kesim görüntüleme penceresi

6.1. CAM Dosyası İçeriği

Makinanın işlediği CAM dosyasının yapısı Şekil 6.3’ te verilmiştir. CAM dosyası “PROJECT”, “PPCBAR” ve “ITEM” olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır.

PROJECT anahtar kelimesi ile başlayan satır, proje hakkında bilgileri içerir.

PPCBAR anahtar kelimesi ile başlayan satır, işlenecek olan profilin boyu, rengi ve kodu gibi bilgileri içerir.

ITEM anahtar kelimesi ile başlayan satır, işlenecek profillerin parça kesim bilgilerinin barındırır. ITEM anahtar kelimesinden sonra gelen ilk üç bilgi sırasıyla; parça boyu, parçanın sağ kesim açısı, parçanın sol kesim açısıdır. Bundan sonra gelen bilgiler barkod bilgileridir.

```
Project;1;00000001;;ÖZÇELİK TEST;;26/02/2015;;;;;

PPCBar;1;KASA 62/5 PR;TURKUAZ;60000;0002010004;;
Item;12060;450;450;1;1;ALT;1/1;PIM1109;K68 1 mm;11160;;;;
Item;12060;450;450;1;1;UST;1/1;PIM1109;K68 1 mm;11160;;;;
Item;22060;450;450;1;2;SAG;1/3;PIM1109;K68 1 mm;21160;;;;
Item;12060;450;450;1;1;SOL;1/1;PIM1109;K68 1 mm;11160;;;;

PPCBar;2;KASA 62/5 PR;TURKUAZ;60000;0002010004;;
Item;22060;450;450;1;2;SOL;1/3;PIM1109;K68 1 mm;21160;;;;
Item;8060;450;450;1;2;UST;1/3;PIM1109;K68 1 mm;7160;;;;
Item;12060;450;450;1;1;SAG;1/1;PIM1109;K68 1 mm;11160;;;;
Item;8060;450;450;1;2;ALT;1/3;PIM1109;K68 1 mm;7160;;;;
```

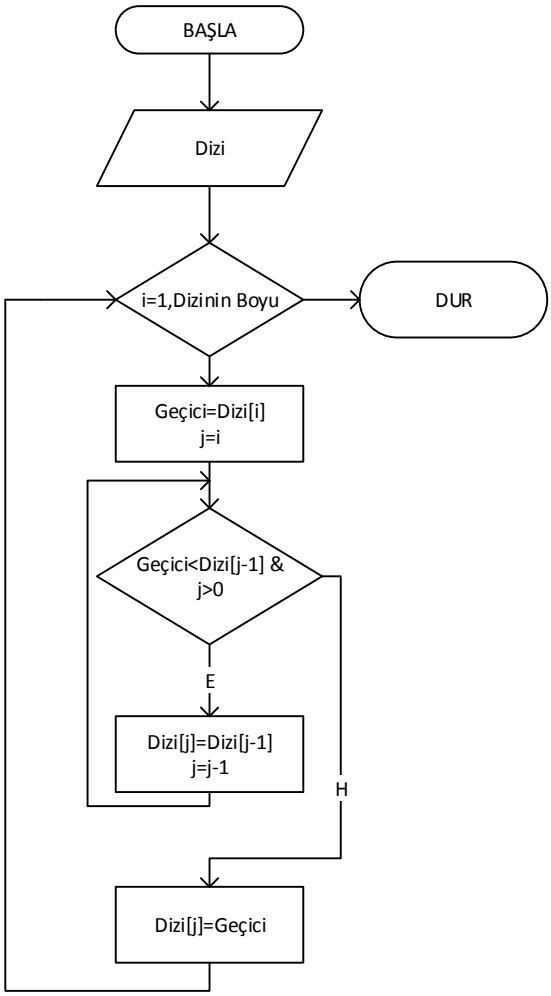
Şekil 6.3. CAM dosyasının yapısı

Reçete oluşturma aşamasında, Direkt Yerleştirmeli Sıralama (Straight Insertion Sort) sıralama algoritması ve Kutulama Problemi (Bin Packing) optimizasyon algoritması kullanılmıştır. İlk kesim fire kesimi olduğundan, hesaplanan en kısa ölçülü parça profilde ilk sıraya yerleştirilir.

6.2. Direkt Yerleştirmeli Sıralama Algoritması

Günlük hayatta oyun kartlarının sıralamasında Direkt Yerleştirmeli Sıralama algoritması kullanılır. Önce desteden bir kart seçilip, kartın geleceği doğru yer bulunur ve bu yerden sonraki kartlar ayrılarak (kaydırılarak) ilgili kart doğru yerine yerleştirilir. Tüm kartlar sıralanana kadar bu işleme devam edilir. Bu yaklaşımdan yola çıkılarak dizi elemanlarının doğru yere yerleştirme işlemi, dizi elemanlarının geçici değişkenlerde tutularak kendinden önce gelen, kendinden büyük elemanların sağa doğru kaydırılması ve boşalan yere bu elemanın yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmektedir [6].

Direkt yerleştirmeli sıralama algoritmasının akış diyagramı Şekil 6.4' te verilmiştir.



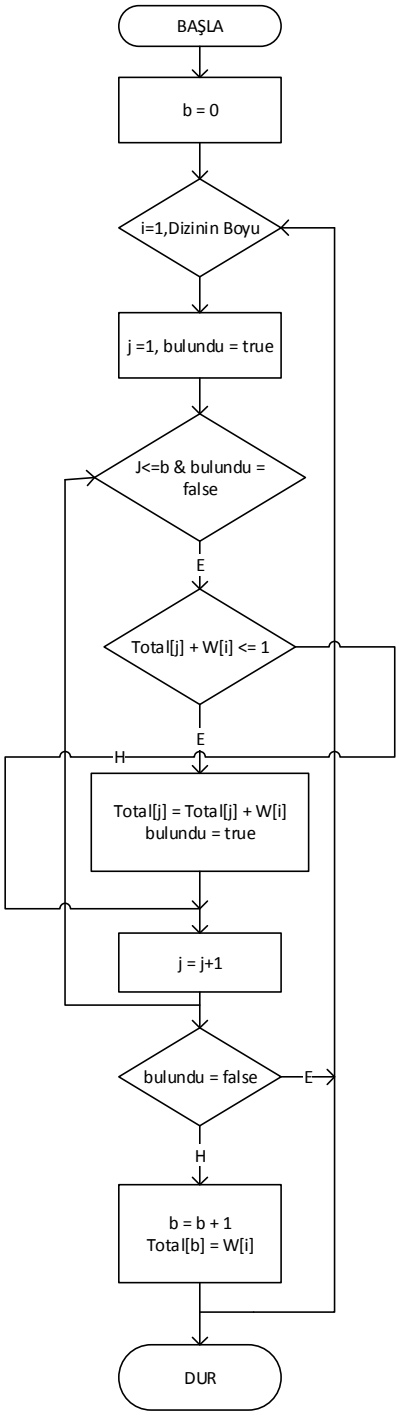
Şekil 6.4. Direkt yerleştirmeli sıralama algoritması akış diyagramı

6.3. Kutulama Problemi Optimizasyon Algoritması

Sırt çantası (Knapsack) problemi, çeşitli değer ve hacimdeki nesnelerin sınırlı hacimli bir çantaya, toplam değer maksimum olacak şekilde doldurulmasına dayalıdır. Orijinal haliyle bu problem, bir hırsızın çantasını en çok değer edecek şekilde nasıl doldurması gerektiğinin belirlenmesi olarak ele alınmaktadır. Taşıyabileceği yükün kapasitesi hırsızın alabileceği yükü sınırlayacağı için eşya seçimini yapmak zorundadır [6].

Tek boyutlu kutulama probleminde, her objenin boyutu basit bir şekilde tamsayı ile ifade edilir. Bu aynı genişlikteki nesnelerin yine aynı genişlikte olan bir kutuya yerleştirilmesi ile aynıdır ve bu problemi Sırt Çantası probleminin özel bir durumu

haline getirir [2]. Şekil 6.5’ te Kutulama Problemi algoritmasının akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 6.5. Kutulama problemi algoritması akış diyagramı

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tezde ABB' nin hareket kontrolcü ve servo sürücüleri kullanılarak 3 eksenli bir kesim merkezi otomasyon uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kullanıcı arayüz programı sade tutularak son kullanıcı için kolaylık sağlanmıştır. Pozisyonlamalar servo sistem kullanılarak yapıldığından üretim kalitesi artmıştır. Arayüz programında makinada oluşan arızalar tespit edilebildiğinden, sorunları kısa sürede giderebilmek mümkün olmaktadır.

Operatör panellerinin dışarıdan dosya yükleme ve dosya ayıklama konusundaki yetersizliklerinden dolayı bu sistemde endüstriyel bilgisayar tercih edilmiştir. Kullanılan hareket kontrolcünün .NET ortamında hazır kütüphanesinin olması, endüstriyel bilgisayar ile hareket kontrolcü arasında sağlıklı bir haberleşmenin olmasını sağlamıştır.

Projeye ek olarak basit bir CAM yazılımı geliştirilmiştir. Bu program, tek tip profil tipi için girilen kesim değerlerine göre CAM dosyasını oluşturur. Daha detaylı işlemler için profesyonel CAM programları tercih edilmelidir.

Profil kesim makinasında sadece doğrusal hareketler olduğundan, hareket kontrolcü yerine PLC tercih edilseydi, maliyet düşürülebilirdi fakat endüstriyel bilgisayarda çalışan arayüz programı ile PLC arasında haberleşme sağlamak için haberleşme kütüphanesi kullanılması gerekirdi.

Otomasyon makina imalatında son aşamadır. Otomasyonu yapılacak makinanın iyi tasarlanmış olması ve yerine getireceği fonksiyonların iyi bilinmesi gerekir. İleride yapılması muhtemel profil kesim merkezi için bu verilerin iyi belirlenmesi uygulanacak otomasyon sistemini belirler.

KAYNAKLAR

[1] Kurtulan S., *PLC ile Endüstriyel Otomasyon*, 6. Basım, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2010.

[2] Skiena S., *The Algorithm Design Manual*, 2nd ed., Springer, New York, 2008.

[3] Doğan Z., Alternatif Akım Servo Motorun Farklı Kontrol Yöntemleri ile Hız Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 256677.

[4] Megep, *Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri Servo Sürücüler*, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2009.

[5] Megep, *Elektrik – Elektronik Teknolojileri Servo Motor ve Sürücüleri*, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2011.

[6] Nabiyev V. V., *Algoritmalar Teoriden Uygulamalara*, 3.Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2011.

[7] Megep, *P.V.C. Doğrama*, T.C. Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2007.

[8] Osak I. M., *Motion Control Made Simple*, Electromate Industrial Sales Limited, Ontario, 1996.

[9] Erünlü G., Sabit Mıknatıslı Senkron Motorların Servo Uygulamalarında PID Kontrolör Parametrelerinin Otomatik Ayarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2014, 384813.

[10] Bal. G, *Özel Elektrik Makinaları*, 3.Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2006.

[11] Aydın M., Brushless Permanent Magnet Servomotors, *Serial and Parallel Robot Manipulators – Kinematics, Dynamics, Control and Optimization*, DOI:10.5772/35266.

[12] Bakır S., Bilgisayar Destekli Mekanik Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 180503.

[13] Karl-Heinz J., Tiegelkamp M., *IEC 61131-3 Programming Industrial Automation Systems*, Springer, Heidelberg, 2001.

[14] Algan S., *Her Yönüyle C#*, 18.Baskı, Pusula Yayıncılık, İstanbul, 2013.

[15] Kara E. Ş., C# ve Java Nesne Yönelimli Programlama Dillerinde Collection Framework'lerin Karşılaştırmalı Performans Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Ankara, 2014, 355581.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

[1] **Şirincan M.**, Erfidan T., Eviricilerde Harmoniklerin Yok Edilmesi, *ELECO 2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, Türkiye, 29 Kasım – 1 Aralık 2012.

[2] **Şirincan M.**, Erfidan T., Bir Fazlı Evirici Tasarımı ve Uygulaması, *3e Electrotech*, 2014, **3**(237), 248-256.

[3] **Şirincan M.**, Erfidan T., Akıllı Sürücü ile Bir Otomasyon Projesinin Gerçekleştirilmesi, *3e Electrotech*, 2015, **3**(249), 236-241.

[4] **Şirincan M.**, Erfidan T., Akıllı Servo Sürücü ile Makina Otomasyonu, *UMAS 2015 Ulusal Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu*, Düzce, Türkiye, 10-12 Eylül 2015.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Sakarya' da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul' da tamamladı. 2008 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü' nden 2012 yılında mezun oldu. Aynı yılda Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı' nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Sanpa Endüstriyel Otomasyon' da başladığı otomasyon serüvenine şimdilik Özçelik Makina A.Ş.' de devam etmektedir.