İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

14 EKSENLİ PVC PROFİL İŞLEME MERKEZİ OTOMASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdem DANACI

Anabilim Dalı : Mekatronik Mühendisliği

Programı : Mekatronik Mühendisliği

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

14 EKSENLİ PVC PROFİL İŞLEME MERKEZİ OTOMASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdem DANACI
(518071008)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Haziran 2011

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Salman KURTULAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Leyla GÖREN (İTÜ)
Doç. Dr. Müştak Erhan YALÇIN (İTÜ)

HAZİRAN 2011

ÖNSÖZ

Akademik ve mesleki kariyerim açısından bana çok şeyler kazandırdığına inandığım bu projenin oluşmasında bana sürekli destek olan meslekdaşım sayın Ahmet Mollaoğlu'na, projenin ve tez çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan Kaban Makina Yönetim Kurulu Başkanı sayın Salim Kaban'a ve meslektaşım Şeref Taşan'a, eğitim hayatımın her alanında bana sürekli destek olan ve bana endüstriyel otomasyonu sevdirip bu alanda çalışmama vesile olan sayın hocam Doç. Dr.Salman Kurtulan'a teşekkürleri bir borç bilirim.

Haziran 2011

Erdem DANACI
(Kontrol Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
KISALTMALAR ..... **vii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Endüstriyel Otomasyonun Tanımı 1
1.2 Mevcut Üretim Sistemi 2
1.3 Otomasyon ile Hedeflenenler 4
2. İŞLEME MERKEZİNE GENEL BAKIŞ **5**
2.1 Genel Çalışma Mantığı 5
2.2 Mekanik Tasarım 12
3. KONTROL SİSTEM MİMARİSİ **13**
3.1 Otomasyonda Kullanılan Kontrolörler 14
3.1.1 PLC işlemcisi 14
3.1.1.1 Genel özellikleri 14
3.1.1.2 Programlama dili 14
3.1.2 Hareket kontrol işlemcisi 15
3.1.2.1 Genel özellikleri 15
3.1.2.2 SV22 işletim sistemi ve SFC programlama dili 16
3.1.2.3 SV43 işletim sistemi ve G programlama dili 19
3.1.3 Endüstriyel bilgisayar işlemcisi 22
3.1.3.1 Genel özellikleri 22
3.1.3.2 Kullanıcı arayüz programı 22
3.2 Otomasyonda Kullanılan Servo Sürücüler 26
3.2.1 MRJ3-□B tipi servo sürücüler 26
3.2.2 MRJ3-□BS4 tipi servo sürücüler 28
4. KONTROL ALGORİTMASI **31**
4.1 Lineer-Dairesel Pozisyonlama Dönüşümü 31
4.2 Veri İşleme 32
5. SONUÇLAR **35**
KAYNAKLAR **37**

KISALTMALAR

PLC	**:** Programlanabilir Lojik Kontrolör (Programmable Logic Controller)
SCADA	**:** Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition)
PVC	**:** Polivinil klorür
PC	**:** Kişisel Bilgisayar (Personal Computer)
CPU	**:** Merkezi İşlem Birimi (Central Process Unit)
G/Ç	**:** Giriş/Çıkış
IEC	**:** Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
LD	**:** Merdiven Diyagramı (Ladder Diagram)
FBD	**:** Fonksiyon Bloğu Diyagramı
ST	**:** Yapılandırılmış Metin (Structured Text)
IL	**:** Talimat Listesi (Instruction List)
SFC	: Sıralı Fonksiyon Şeması (Sequential Function Chart)
CNC	**:** Bilgisayarlı Numerik Kontrolör (Computer Numerical Control)
ISO	**:** Uluslararası Standartlık Örgütü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : PLC özellikleri. 14
Çizelge 3.2 : Q172D özellikleri. 15
Çizelge 3.3 : Endüstriyel PC genel özellikleri. 22
Çizelge 3.4 : MRJ3-B Servo sürücü özellikleri. 26
Çizelge 3.5 : Servo motor teknik özellikleri. 27

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Örnek bir SCADA uygulaması. 2
Şekil 1.2 : Profil kesim makinesi. 3
Şekil 1.3 : Kopya freze makinesi. 3
Şekil 1.4 : Su tahliye makinesi. 3
Şekil 1.5 : Vidalama makinesi. 3
Şekil 1.6 : Ortakayıt makinesi. 3
Şekil 2.1 : Profil İşleme Merkezinin genel görünümü. 5
Şekil 2.2 : Çerçeve çizim programı ara yüzü. 6
Şekil 2.3 : Robot-1 profili freze alanına sürer. 7
Şekil 2.4 : Çizim programında oluşturulan iş listesi. 7
Şekil 2.5 : Freze ünitesi. 8
Şekil 2.6 : Kesim bölümü. 9
Şekil 2.7 : Otomatik barkod yapıştırma sistemi. 10
Şekil 2.8 : Ortakayıt alıştırma sistemi. 10
Şekil 2.9 : Vidalama sistemi. 11
Şekil 3.1 : Sistem kontrol yapısı. 13
Şekil 3.2 : Örnek SFC akış diyagramı. 16
Şekil 3.3 : Örnek F adım içeriği. 17
Şekil 3.4 : Örnek G adım içeriği. 17
Şekil 3.5 : Örnek K adım içeriği. 18
Şekil 3.6 : Pozisyonlama komutları. 18
Şekil 3.7 : Örnek SFC program döngüsü. 19
Şekil 3.8 : G-Kod program yapısı. 19
Şekil 3.9 : Kol yeri üçlü delme çizimi. 21
Şekil 3.10 : G-Kod programı. 21
Şekil 3.11 : Manuel işlemler sayfası. 23
Şekil 3.12 : Giriş/Çıkış kontrol sayfası. 23
Şekil 3.13 : Profil-Aksesuar sayfası. 24
Şekil 3.14 : Ayarlar sayfası. 24
Şekil 3.15 : Alarmlar sayfası. 25
Şekil 3.16 : Üretim takibi sayfası. 25
Şekil 3.17 : Kontrol blok diyagramı. 27
Şekil 3.18 : Titreşim bastırma fonksiyonu. 27
Şekil 3.19 : Tam kapalı çevrim blok diyagramı. 29
Şekil 3.20 : Tam kapalı çevrim filtreleri. 29
Şekil 4.1 : Kesim açı sistemi. 31
Şekil 4.2 : Açı hesap parametreleri. 31
Şekil 4.3 : FBD blok diyagramı. 33

PVC PROFİL İŞLEME MERKEZİ OTOMASYONU

ÖZET

İnşaat sektörünün gelişmesi ve kapı, pencere gibi döşemelerde PVC kullanımının artması sonucu PVC profil üretimi artmış ve bu profilleri işleyecek makinelere gereksinim duyulmuştur. Herhangi bir otomasyonun bulunmadığı üretim sistemlerinde, 5 farklı makine ve 7 operatörler ile günlük 25-30 çerçeve yapılabilmektedir. Bu çalışmada, bir endüstriyel otomasyon uygulaması olarak PVC Profil İşleme Merkezi otomasyonu yapılmıştır. Profil İşleme Merkezi, PVC üreticilerinin sağladığı 6-7 metre uzunluğundaki profilleri, kullanıcı ara yüzünde tasarlanan kapı-pencere ölçü ve özelliklerine göre delme, kesme ve vidalama işlemleri uygulayarak kaynatmaya hazır hale getirir. Üretim hızını, verimliliği ve kaliteyi arttırmak amacıyla yapılan bu otomasyonda birden fazla işlemci ve çok sayıda yüksek çözünürlüklü hareket kontrol ünitesi kullanılmıştır. Kullanılan 4 işlemciyle makine çalışma sürecinden bağımsız olan kontroller (giriş-çıkış kontrolü, arızalar, hesaplamalar vs.), frezeleme ünitesi işlemleri, genel makine çalışma algoritması ve kullanıcı ara yüzü birbirinden ayrılmıştır. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC), hareket kontrol ve endüstriyel bilgisayardan (IPC)oluşan bu kontrolcüler programlanırken Ardışıl fonksiyon gösteriminin (SFC) yanı sıra fonksiyon blok diyagramı (FBD) ve G-Kod programlama yapıları kullanılmıştır. 3 eksen interpolasyon yapan işleme üniteleriyle birlikte 14 adet hareket kontrol sürücüsü içermektedir. 1 metrenin altındaki hareketlerde sonsuz vidalı mil, üstündeki hareketlerde kayış-kasnak sistemi kullanılmıştır. 4 metrenin üzerinde hareket olan profil taşıyıcı robotlarında, kayış gerginliğinden oluşabilecek pozisyonlama hatalarını engellemek amacıyla tam kapalı çevrim servo sürücüler kullanılmıştır.

THE AUTOMATION OF PVC PROFILE PROCESSING CENTER

SUMMARY

PVC profile production and so the demand of the machinery to handle it, has increased sharply, as a result of developing construction industry and increasing the use of PVC profiles in doors and windows of the buildings. 5 to 7 operators are only able to make 25-30 window frames a day, using the machinery without any proper automation system. This study is an industrial automation application of PVC Profile Processing Center. Profile Processing Center prepares 6-7 meters long manufacturer provided PVC profiles, for the welding, making all the operations needed, such as cutting, drilling and screwing, according to the size and characteristics of the windows, which has been designed on an user interface program. Multiple processors and a number of high-resolution motion controllers are used at the automation process, intended to increase speed, efficiency and quality at the production. With 4 independently controlled processors, process studies (input-output control, warnings, errors, calculations, etc..), milling unit operations, the overall machine operation algorithm, and user interface are separated from each other. As well as Sequential Function Chart (SFC) and Function Block Diagram (FBD), G-Code programming structure is also used to control motion controllers, Programmable Logic Controller (PLC), and industrial PC (IPC). The machine consists of 14 motion control drivers with 3 axis interpolated processing unit. The worm shaft is used for less than 1 meter long movements, and the belt-pulley system for above. Fully closed-loop positioning servo drives are used in order to prevent errors resulting from the belt-pulley that is used over 4 meters long moving robots.

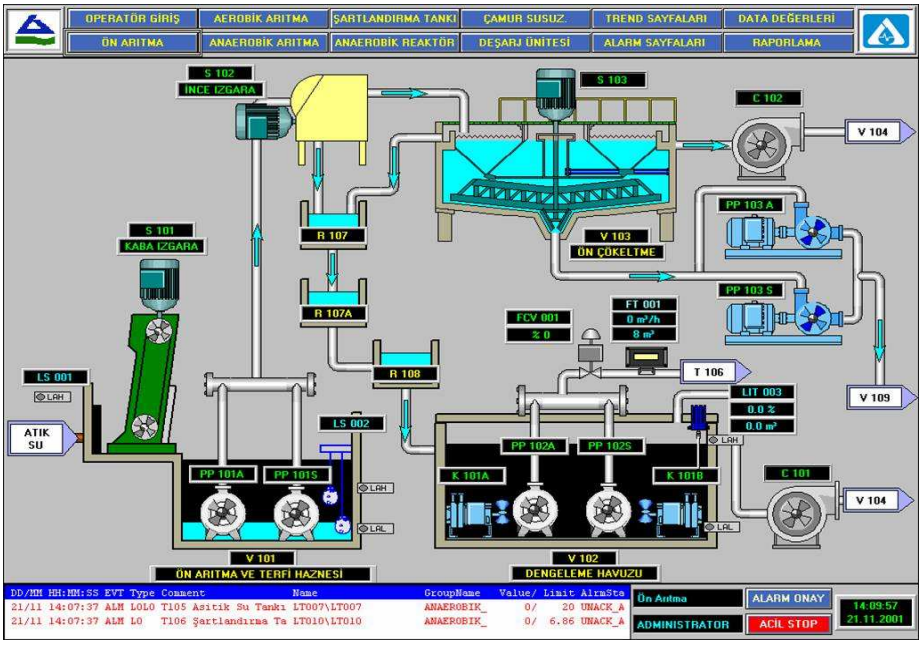
1. GİRİŞ

1.1 Endüstriyel Otomasyonun Tanımı

Endüstriyel otomasyon, bir endüstriyel üretim sisteminin istenen ve amaçlanan biçimde çalışması için gerekli olan işlemlerin kendiliğinden yapılmasını sağlayan süreç olarak tanımlanabilir [1]. 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 ve ya dalgınlığı, o anki 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. Tüm dünyanın açık bir pazar haline geldiği rekabetçi koşullarda üretimi; hızlı, standart, güvenli, nihayet verimli kılmak, bir zorunluluk haline geldi. Endüstride bu zorunluluğun karşılığı şüphesiz ki otomasyondur [2].

Otomasyonun temelini oluşturan kontrol elemanların başında “Programlanabilir Lojik Kontrolörler” (Programable Logical Controller (PLC)) gelir. PLC, merkezi bir işlemci birimi ve buna bağlı özel birimler ile giriş-çıkış elemanlarından oluşan, farklı dillerde programlanarak kontrol ve kumanda işlemlerini gerçekleştirebilen özel endüstriyel bilgisayar olarak tanımlanabilir [3]. Dahili olarak sahip olduğu zamanlama, sayma, aritmetik hesaplama özellikleri ve benzer sistemlere çok çalbuk adapte edilebilme özelliği ile otomasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Otomasyon, üretim süreçleri kontrol altına alındığı gibi üretim aşamalarını tek bir merkezden izleyebilmeyi de mümkün kılmaktadır. Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)) olarak adlandırılan otomasyon yazılımları ile sitemin uzaktan kumanda ve kontrolünün yanı sıra üretim süreçlerini gerçek zamanlı olarak izleme, oluşan arızaları takip etme ve raporlama, üretim kapasitesini ve verimini takip etme işleri gerçekleştirilebilmektedir. Örnek bir SCADA uygulama görüntüsü Şekil-1.1'de görülmektedir.

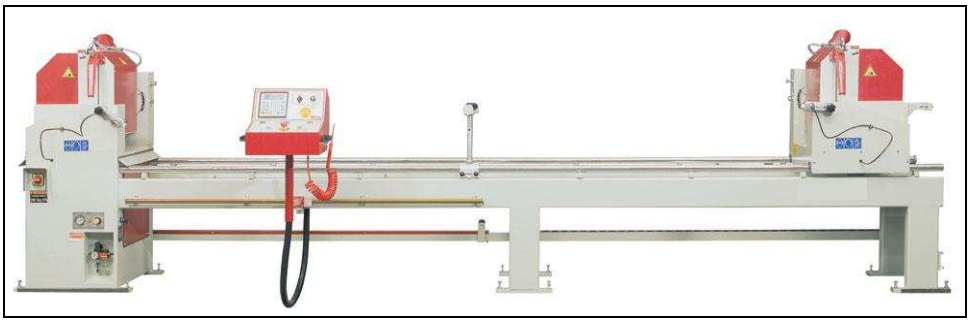


Şekil 1.1: Örnek bir SCADA uygulaması.

1.2 Mevcut Üretim Sistemi

Üretim süreci üç temel aşamadan oluşmaktadır: ebatlama ve kesim, frezeleme ve destek sacı vidalama. Profil İşleme Merkezi otomasyonunun olmadığı üretim tesislerinde aynı üretimi yapmak için beş farklı makine kullanılması gerekmektedir. Şekil 1.2-6'da verilen PVC kesim, su tahliye, kopya freze, orta kayıt alıştırma ve vidalama makineleri kullanılarak yapılan üretimde, bu makineleri kullanacak operatörler ve makineler arası parçaları taşıyacak ara elemanlarla birlikte en az yedi kişinin çalışması gerekmektedir. Ayrıca kapılacak kesim listelerini operatörlere aktarmak ve tüm süreci takip etmek için bir kişiye ihtiyaç vardır.

Mevcut ekipman ve insan gücüyle sekiz saatte toplam 25-30 çerçeve üretilebilmektedir. Üretilen parçaların kalitesi ve standardı tamamen operatörün dikkat ve becerisine bağlı olduğundan standart bir üretim yapmak oldukça zordur.



Şekil 1.2: Profil kesim makinesi.

Şekil 1.3: Kopya freze makinesi.

Şekil 1.4: Su tahliye makinesi.

Şekil 1.5: Vidalama makinesi.

Şekil 1.6: Ortakayıt makinesi.

1.3 Otomasyon ile Hedeflenenler

Kapı ve pencereler üretiminde yüksek ısı yalıtımı sağlaması, işlenmesi kolay olması ve düşük maliyetli olması nedeniyle PVC ürünleri ahşap ve alüminyum malzemelerden daha çok talep görmektedir. Hızla gelişen inşaat sektörünün taleplerini karşılamak için yüksek kapasitede, kaliteli ve standart üretim yapmak gerekmektedir. Otomasyon ile hedeflenenler şunlardır:

•Yüksek kapasitede üretim

•Yüksek kaliteli üretim

•Standart üretim

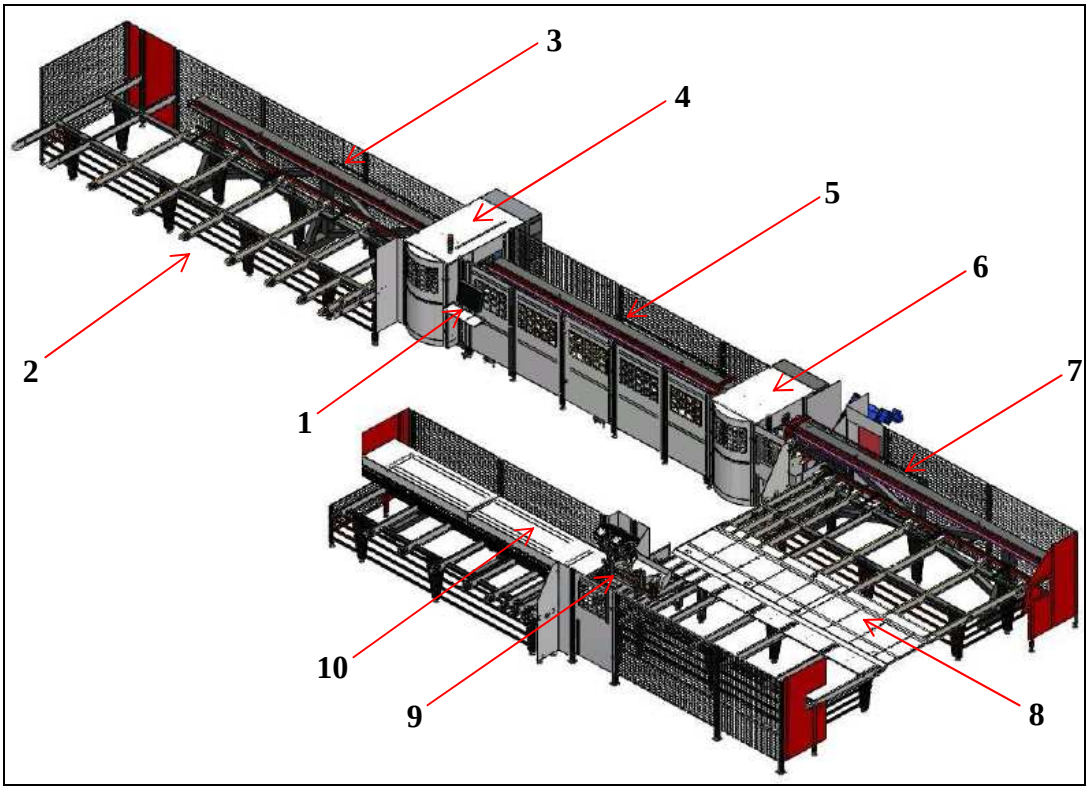
•Hızlı arıza takibi ve sorun giderme

•Üretim takibi ve raporlama

2. İŞLEME MERKEZİNE GENEL BAKIŞ

2.1 Genel Çalışma Mantığı

Profil İşleme Merkezi'nin genel yapısı şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1: Profil İşleme Merkezinin genel görünümü.

Burada numaralandırılmış olarak gösterilen birimler şunlardır:

1.Endüstriyel PC ara yüzü

2.Giriş konveyörü

3.Robot-1 ve hareket alanı

4.Frezeleme ünitesi

5.Robot-2 ve hareket alanı

6.Kesim ünitesi

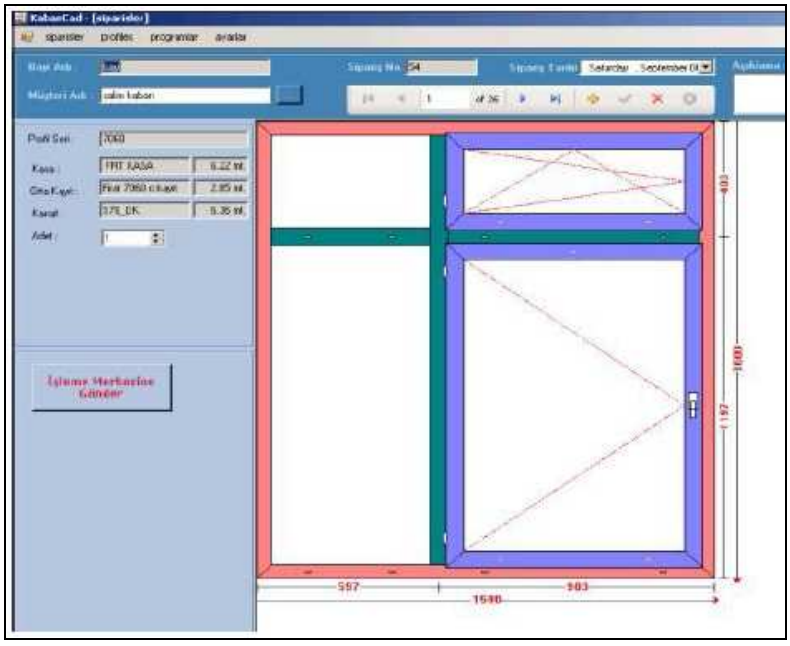
7.Robot-3 ve hareket alanı

8.Çıkış konveyörü

9.Vidalama ünitesi

10.Robot-4 ve hareket alanı

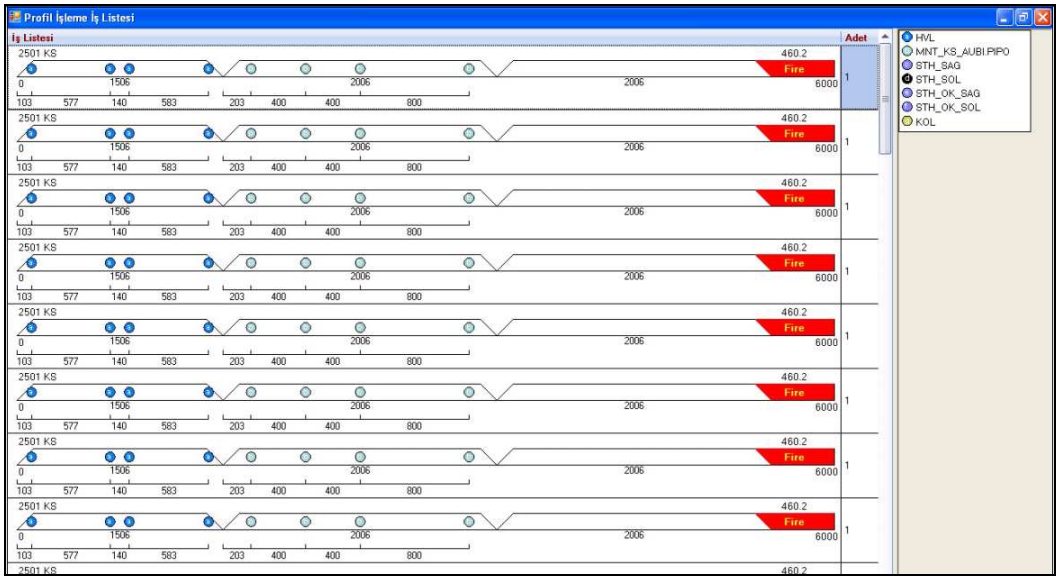
PVC profil üretimi için öncelikle PC'de istenilen ölçü ve özellikte çerçevelerin oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan iş listesinin başlatılmasıyla giriş konveyörü çalışmaya başlar ve üzerindeki PVC profili Robot-1'in tutabileceği alana kadar taşır. Profil son noktaya ulaştığında profil tanıma sensörü profili algılayıp konveyörü durdurur. Robot-1 profili tutmak için harekete başlar, ucundaki sensör aracılığıyla profil başlangıcını algılar. Profilin başlangıç ve bitiş noktalarını hassas olarak ölçmek çok önemlidir. Profiller konveyöre yüklenirken aynı hizada yerleştirilmemiş, harekat sırasında yeri oynamış veya profil olması gereken boydan kısa olabilir. Herhangi bir ölçüm yapılmaması ve ya yapılan ölçümün hassas olmaması durumunda kesilen parçalar üzerindeki işlemler doğru noktalarda olmayacaktır. Bu da hatalı üretime neden olup üretim verimini düşürecektir. Gerekli hassasiyeti yakalamak amacıyla boy oluma sensörü hızlı okuma giriş kartına (Q172LDX) bağlanmış ve program taramasından bağımsız olarak okuma işlemi gerçekleştirilmştir.



Şekil 2.2: Çerçeve çizim programı ara yüzü.

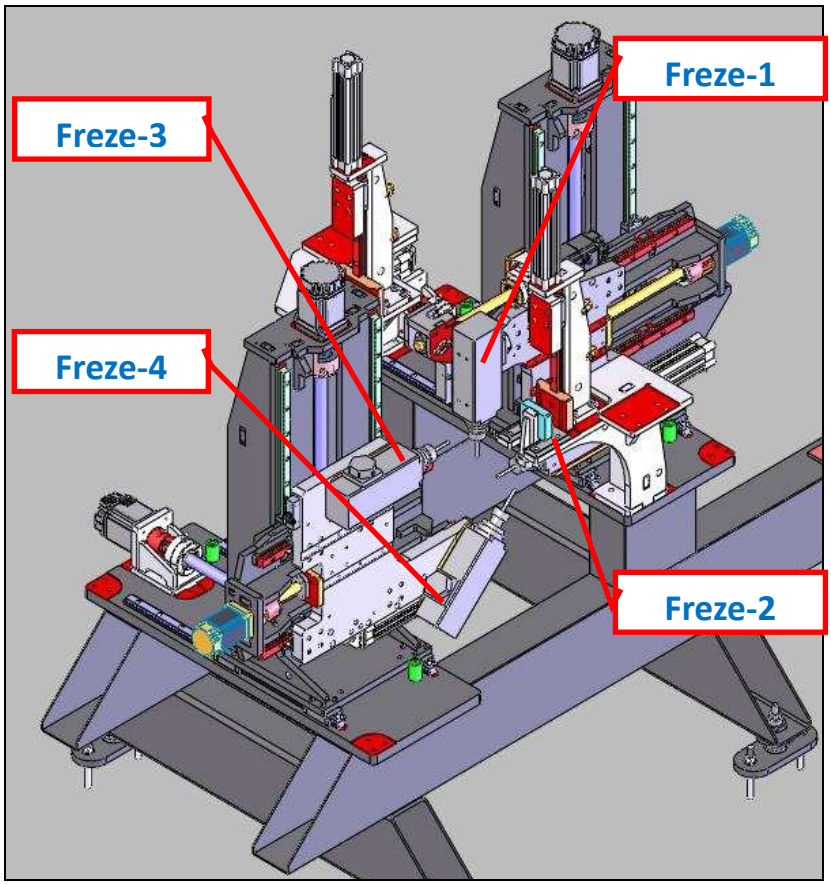
Robot-1 profili tuttuktan sonra profil üzerindeki işlem noktalarını freze referansı getirecek şekilde freze ünitesine sürer. İlk sürme işleminden sonra üst ve ön sıkmalar sıkarak profili sabitler. Sıkmalar üzerinde bulunan enkoder yardımıyla profilin genişlik ve yüksekliği ölçülür. Ayrıca ön sıkma üzerinde bulunan bir sensör ile profilin tipi (kapı, kas, kanat, ortakayıt) belirlenir. Eğer ölçülen değerler ile profile tanımlı değerler tolerans değerlerinin dışındaysa Robot-1 profili geri çıkarır ve kullanıcıya hata mesajıyla bilgi verilir. Ölçülen değerler tolerans içindeyse işlemlere devam edilir.

Şekil 2.3: Robot-1 profili freze alanına sürer.



Şekil 2.4: Çizim programında oluşturulan iş listesi.

Freze ünitesi birbirinden bağımsız çalışan ve ikişer freze motorundan oluşan iki kafadan oluşmaktadır. Her bir kafa X-Y-Z koordinatlarında hareket eden ve üç eksen interpolasyon yapabilen üç servo motorla kontrol edilmektedir. Dört freze motoru ile profilin dört yüzeyine de işlem yapılabilmektedir. “Kol yeri delikler”, “barel yeri”, “su tahliye” gibi ihtiyaca göre önceden tanımlanan aksesuar işlemleri karşılıklı freze kafalarıyla eş zamanlı olarak işlenebilmektedir.



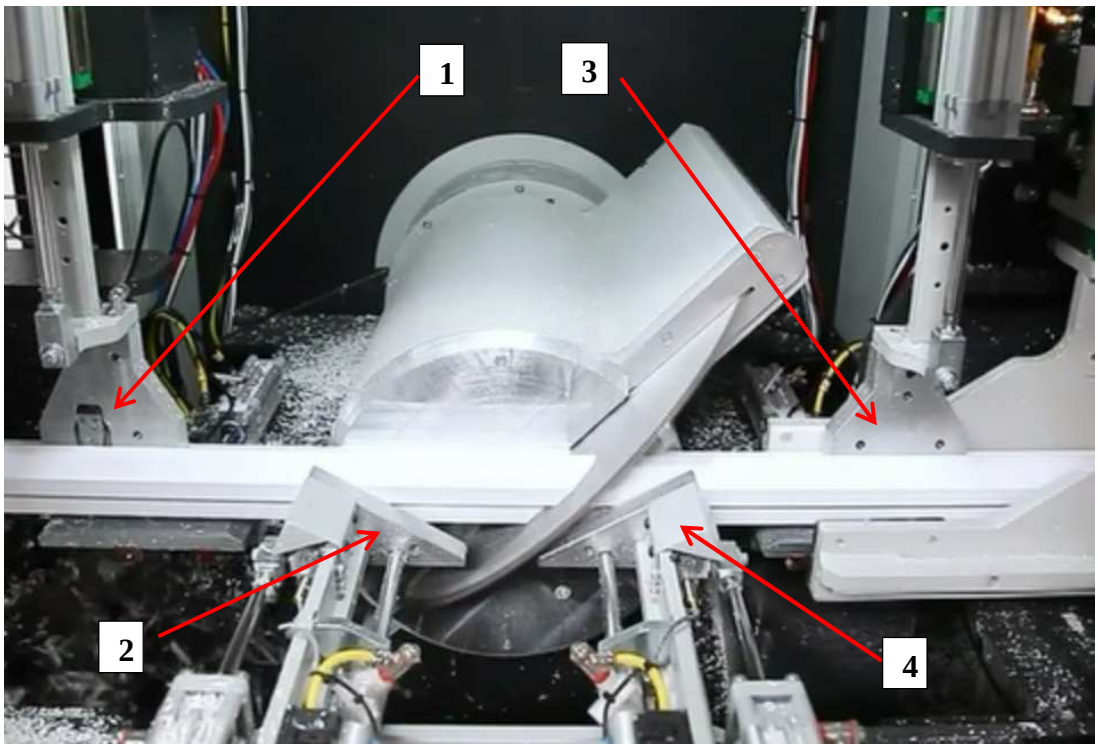
Şekil 2.5: Freze ünitesi.

Freze-1 üzerinde bulunan servo motor ile bu frezeye 120 derecelik bir hareket kabiliyeti kazandırılmıştır. Aksesuar programına tanımlanan onda birlik açılar ile freze otomatik olarak istenilen açıya dönmekte ve işlemini yapabilmektedir. Frezenin farklı açılara dönmesi sayesinde farklı yapılardaki PVC profillere uygun su tahliye ve benzeri işlemleri yapabilmek mümkün olmuştur.

Robot-1 tarafından ileri doğru sürülen profil miktarı belirli bir boyu geçtiğinde, Robot-1 sürme işini Robot-2’ye devreder. Bu pozisyon sonra kalan tüm freze işlemlerini ve kesim işlemlerini Robot-2 gerçekleştirir. Profilin uç kısmı ilk kesim

noktasına geldiğinde, pofilin boyuna bağlı olarak, profil frezeleme alanından çıkmamış olabilir. Böyle bir durumda kesim işlemi yapılırken eğer freze hareket alanına giren herhangi bir işlem varsa bu işlemler kesim işlemi sırasında yapılır. Bu sayede gereksiz beklemelerin önüne geçilmiş ve üretim hızı arttırılmış olur.

Kesim bölümü testereyi istenilen kesim açısına döndüren ve testerenin ileri doğru hareketini gerçekleştiren iki servo motor, testerenin dönmesini sağlayan inverter kontrollü bir asenkron motor ve profil sıkma pistonlarından oluşmaktadır.



Şekil 2.6: Kesim bölümü.

Şekil 2.6'da 3 ve 4 ile gösterilen sağ sıkmalar, kesilen profil çıkışa aktarılacaksa (başka bir deyişle, fire değilse) profili sıkmaktadır. Aksi durumda kesim sırasında açık kalıp kesilen parçanın aşağı düşmesine izin vermektedir. 1 ve 2 ile gösterilen sıkmalar kesimden sonra kalacak profilin boyuna göre sıkmaktadırlar. Eğer kalan boy çıkışa aktarılamayacak kadar küçük ise sıkmalar açık kalır ve parça aşağı düşer.

Kesim ünitesinde kesim sırasında Robot-3 çıkışa aktarılacak parçaları tutar ve kesim işlemi tamamlanınca çıkış konveyörüne taşır. Sistemde opsiyon olarak kullanılan "otomatik barkod yapıştırma" ve "ortakayıt alıştırma" devredeyse, Robot-3 profili konveyöre bırakmadan önce ortakayıt alıştırma işlemini yaptırır. Burada Robot-3 profili tanımlanan pozisyona getirir, alt taraftan çıkan döner bıçaklar ile profilin uç

kısmına şekil verilir ve bıçaklar geri gider. İşlem tamamlanınca Robot-3 parçayı otomatik barkod yapıştırma pozisyonuna getirir. PC tarafında yazdırılan barkod pnömatik piston ile profilin üzerine yapıştırılır. Tüm işlemler tamamlandığında Robot-3 parçayı uygun bir pozisyonda çıkış konveyörünün üzerine bırakır.

Şekil 2.7: Otomatik barkod yapıştırma sistemi.

Şekil 2.8: Ortakayıt alıştırma sistemi.

Robot-2 freze ve kesim işlemlerini yaptırırken Robo-1 profili bırakıp başlangıç pozisyonuna dönerek profilin giriş konveyörü üzerinden tamamen çıkmasını bekler. Profilin tamamı giriş konveyöründen kurtulduğunda giriş konveyörü bir sonraki profili almak için tekrar çalışmaya başlar. Robot-1 profili freze alanına sürer ve profil

tanıma işlemi gerçekleştirilir. Gelen profil doğruysa Robot-1 öndeki profilin sonu ile yeni profilin başını dikkate alarak yeni profile freze işlemlerini yaptırır. Bu sayede aynı anda iki profilin işlenmesi ve profil geçişlerinde oluşacak zaman kaybının en aza indirilmesi sağlanmış olur.

Robot-3 tarafından çıkış konveyörüne bırakılan profillere operatör tarafından destek sacı yerleştirilir. İçerisinde sac bulunan profiller iki şekilde vidalama yapılabilmektedir: kesim sırasına göre ve barkod okutularak. Kullanıcı ara yüzünde "Kesim sırasına göre çalışma" seçili ise profiller kesildikçe vidalama iş listesine eklenecek ve ilk eklenen ilk vidalanacaktır. "Barkod ile çalışma" seçilirse vidalama iş listesine üzerindeki barkodu okutulan profil eklenecek ve son eklenen ilk vidalanacaktır.

Vidalama iş listesinde profil olması durumunda vidalama çalışabilir durumdadır. Robot-4'ün ucundaki algılayıcı profili gördüğünde profili sıkar ve vidalama pozisyonuna götürür. Profile tanımlanan vidalama aralığına göre 2. Vidalama ünitesi uygun pozisyona gider. Vidalama işlemi gerçekleşip üniteler yukarı çıktığında Robot-4 profili bir sonraki pozisyona götürür. Bu işlemler profil boyu tamamlanana kadar devam eder. Boy tamamlandığında Robot-4 profili bırakma noktasına götürür ve bırakır. İtici bir piston profili ileri iter ve Robot-4 başlangıç konumuna geri döner. Vidalama iş listesi tamamlanana kadar adımlar tekrar eder.

Şekil 2.9: Vidalama sistemi.

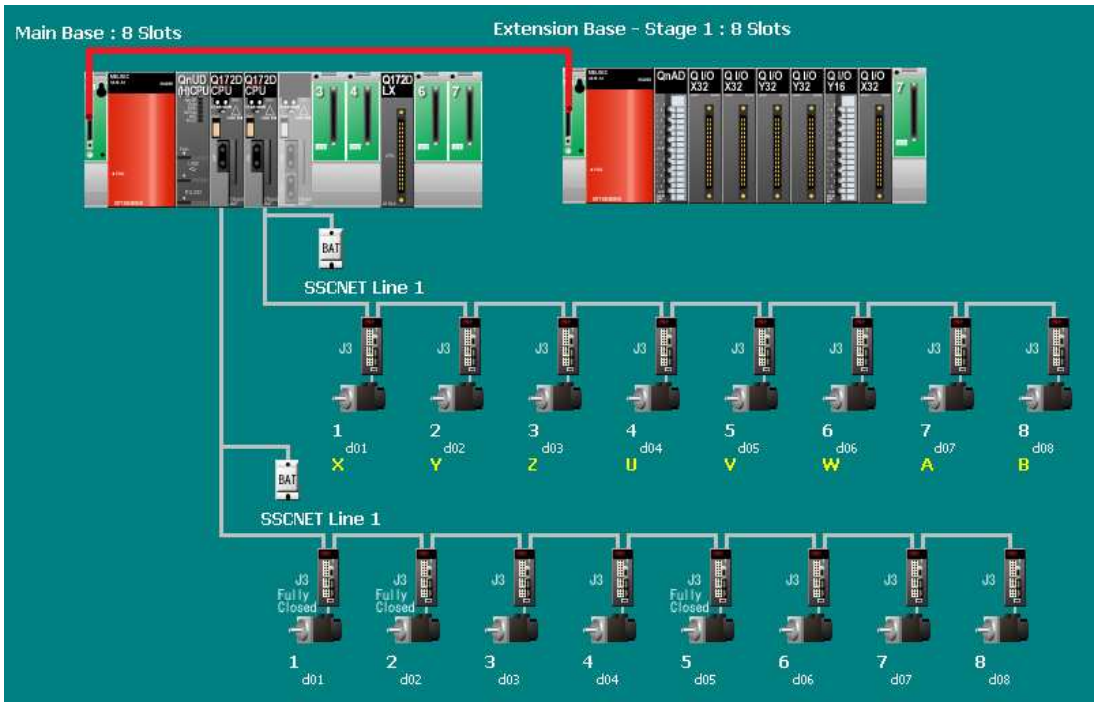
2.2 Mekanik Tasarım

Şekil-2.1'de de görüldüğü gibi robotların uzun hareket alanları vardır. Bunlardan Robot-1 ve Robot-2'nin 4800 mm, Robot-3'ün 4000 mm ve Robot-4'ün 3900 mm hareket alanı vardır. Hareket alanlarının fazla olması bu eksenlere vidalı mil uygulamayı zorlaştırmaktadır. Bu yüzden bu eksenlerde kayış-kasnak sitemi kullanılmıştır. Bu sistemde robot, 16 dişliden oluşan iki kasnak arasına yerleştirilmiş kayışa bağlanmıştır. Servo motor bu kasnaklardan birine monte edilmiş, motorun dönüşüyle ray üzerindeki robotun hareketi sağlanmıştır. Bu tasarımda kontrole etki eden en önemli nokta kayıştaki değişken gerginliktir. Normal şartlar altında servo motorun bir turunda robotun 160 mm hareket etmesi beklenir. Gerginliğin düşük olması durumunda bu değer düşmekte, gerginliğin fazla olması durumunda artmaktadır. Hareket alanının tümü göz önüne alındığında 25-30 mm'lik bir hataya neden olabilmektedir. Bu olumsuzluğu giderebilmek için servo kontroller "Tam Kapalı Çevrim (Fully-Closed Loop)" olarak kullanılmıştır.

Hareketin 1 metrenin altında olduğu freze eksenleri ile kesim eksenlerinde sonsuz vidalı mil kullanılmıştır. Servo motorlar herhangi bir redüktör kullanılmadan mile direkt bağlanmış ve servonun bir turuna karşılık 10 mm'lik bir hareket elde edilmiştir. Bu sistemde kontrole etki eden nokta vidalı millerde bulunan boşluktur. Vidalı mil boşluğu (backlash), motor hareket yönü değiştiğinde sitemin bu boşluk miktarı kadar hareket etmemesine neden olur. Hassasiyeti etkileyen bu olumsuzluğu gidermek için servo parametrelerinden "boşluk kompanzasyonu" (backlash compansation) kullanılmıştır.

3. KONTROL SİSTEM MİMARİSİ

Modüler yapıdaki birimlerden oluşsan sistemin genel kontrol yapısı şekil 3.1'de görülmektedir. Sekiz ünite kapasiteli ana taşıyıcıda dört adet işlemci ünitesi bulunmaktadır. Boy okuma (mark detection) ve servo sıfırlamaları için gerekli hızlı girişlerin bağlandığın giriş modülü de (Q172DLX) ana taşıyıcıdadır. Buradaki hareket kontrol işlemcilerinden çıkan birer optik kablo o işlemciye bağlı bir servo sürücüye bağlanır. Sürücüler arası optik bağlantı ile işlemci-sürücü arası haberleşme SSCNET3 haberleşme altyapısı üzerinden sağlanmış olur. Genişleme taşıyıcında dijital giriş çıkış modülleri ile profil genişlik-yüksekliklerinin ölçüldüğü enkoderlerin bağlı olduğu QD62E sayıcı modülü bulunmaktadır.



Şekil 3.1: Sistem kontrol yapısı.

3.1 Otomasyonda Kullanılan Kontrolörler

Sistemde kullanılan dört adet merkezi işlemci birimi (CPU) vardır. Birden fazla CPU kullanılmasında amaç üretim sürecindeki farklı kontrol-kumanda konularını işlemcilere dağıtarak çevrim sürelerini azaltmak ve programlamayı kolaylaştırmaktır. Bu CPU'lardan bir tanesi PLC işlemcisi, iki tanesi hareket kontrol işlemcisi ve bir tanesi de endüstriyel bilgisayar işlemcisidir.

3.1.1 PLC İşlemcisi

3.1.1.1 Genel özellikleri

Q03UDE PLC işlemcisine ait bazı teknik özellikler [5] çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1: PLC özellikleri.

ÖZELLİK		Q03UDE CPU
Kontrol methodu		Kayıtlı program tekrarlı işlem
G/Ç kontrol modu		Güncelleme modu Doğrudan G/Ç erişimi mümkün (DX□ ,DY□)
Programlama dili		LD, FBD, ST, SFC
işlem hızı	LD X0	20 ns
	MOV D0 D1	40 ns
Sabit Tarama		0.5 - 2000 ms
Program kapasitesi		30k Adım
G/Ç nokta sayısı		8192 (X/Y0-1FFF)
Dahili röle [M]		8192 (M0-8191)
Kalıcı röle [L]		8192 (L0-8191)
Zamanlayıcı [T]		2048 (T0-2048)
Kalıcı zamanlayıcı [ST]		0 Ayarlanabilir
Sayıcı [C]		1024 (C0-1023)
Veri alanı [D]		12288 (d0-12287)
Link alanı [W]		8192 (W0-1FFF)
İndeks verisi [Z]		20 (Z0-19)
İşaretçi [P]		4096 (P0-4095)
Kesme işaretçisi [I]		256 (I0-255)

3.1.1.2 Programlama dili

Uluslararası Elektroteknik Komisyonunun (International Electrotechnical Commission, IEC) programlanabilir lojik kontrolörle ilgili IEC 61131 standardının üçüncü bölümünde programlama ile ilgili beş standart belirlenmiştir [6]:

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

Profil işleme merkezi otomasyonu PLC programlamada merdiven diyagramı ve fonksiyon bloğu diyagramı dilleri kullanılmıştır.

3.1.2 Hareket kontrol işlemcisi

Hareket kontrolü için iki adet Q172D işlemcisi kullanılmıştır. İki işlemci kullanılmasının nedeni frezeleme için kullanılan eksenler ile profil akışını sağlayan eksenleri ayırmaktır. Profil taşıma ve genel akışı sağlamada SFC programlama dili, freze işlemlerinde ST programlama dili kullanılması daha uygundur. Bu yüzden iki işlemci kullanmak hem programlamayı kolaylaştırmakta hem de performansı arttırmaktadır.

3.1.2.1 Genel özellikleri

Q172D işlemcisine ait bazı teknik özellikler [7] çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2: Q172D özellikleri.

Özellik	Q172D CPU
Kontrol edilebilen eksen sayısı	8 eksene kadar
İşlem döngüsü	0.44ms / 5 eksene kadar 0.88ms / 5-8 eksen
İnterpolasyon fonksiyonu	Lineer (4 eksene kadar), Dairesel (2eksen), Helezonal (3 eksen)
Kontrol Modları	Noktadan noktaya kontrol, hız kontrolü, hız-pozisyon kontrolü, sabit adım besleme, sabit hız kotrolü, pozisyon takip kontrolü, sabit pozisyon durmalı hız kontrolü, yüksek hız osilasyon kontrolü, tork kontrolü ve eş zamanlı kontrol
Kalkış/Duruş kontrolü	Otomatik trapezoidal kalkış/duruş S eğrisi kalkış/duruş
Kompanzasyon	boşluk kompanzasyonu, elektronik dişli, faz kompanzasyonu
Program kapasitesi	14k adım
Home noktası dönüş fonksiyonu	11 çeşit dönüş fonksiyonu

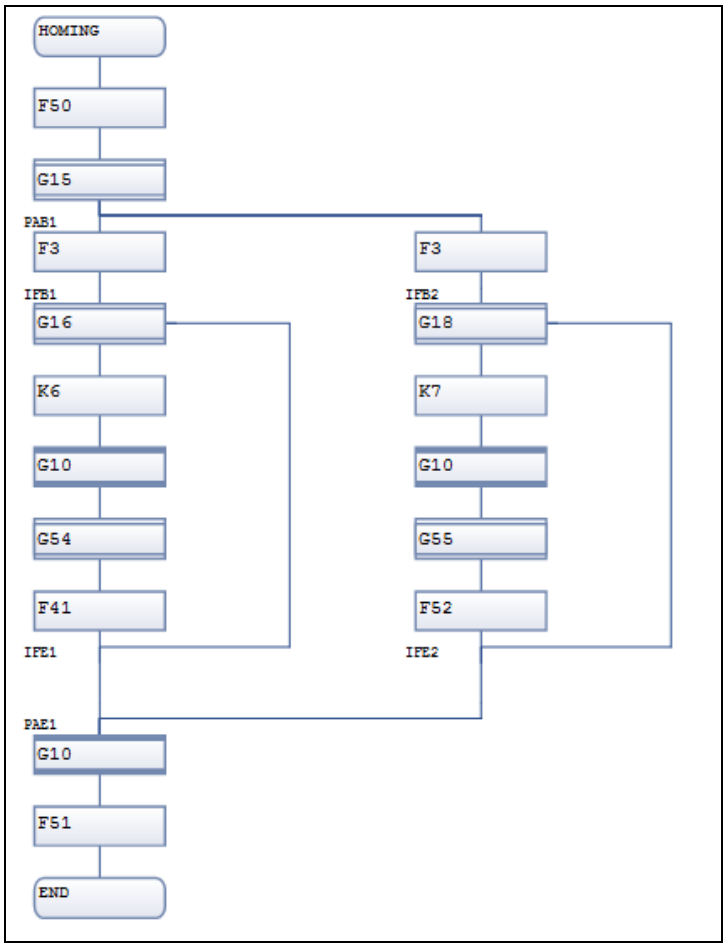
3.1.2.2 SV22 işletim sistemi ve SFC programlama dili

Q172D hareket kontrol işlemcilerine SV22 işletim sistemi yüklenerek SFC ile programlanabilmektedir. Ardışıl fonksiyon gösterimi (SFC:Sequential Function Charts) ile programlama, ardışıl özellikteki kumanda devrelerinin doğrudan gerçeklenmesine yönelik tasarlanmış bir dildir [8]. Grafiksel olması ve akış adımlarının rahat bir şekilde izlenebilmesi programlama açısından kolaylıklar sağlamaktadır.

SFC'nin temel bileşenleri şu şekildedir [2]:

- Hareket ve hesaplama adımları (K ve F'ler)
- Lojik durumlarla ilişkili geçişler (G'ler)
- Adımlar ve geçişler arası direkt bağlantılar

Sistemdeki iki eksenin sıfırlamasıyla ilgili SFC programı şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2: Örnek SFC akış diyagramı.

Şekil 3.2'deki akış diyagramında F adımlarının içinde lojik işlemler (SET, RESET, OUT gibi) ve aritmetik işlemler (TOPLAMA, ÇARPMA, vb.) yapılmaktadır. Programdaki bazı F adımlarının içyapısı şekil 3.3'de verilmiştir. Program taraması sırasında adımların bu F'lerin içinde beklemediğine dikkat edilmelidir. Başka bir deyişle program akışında sırası gelen F bir kere çalışır ve sıradaki adıma geçer.

```
[F  50]
 RST MT_Homing_Bitti

[F  51]
 SET MT_Homing_Bitti

[F  86]
 Robot_Okunan_Poz_Bas=DG1_Mark_Dedect_Re
  ad_Value

 RST DG1_Mark_Dedect_Request
 RST DG1_Mark_Dedect_Complete
 SET DG3_Mark_Dedect_Request
```

Şekil 3.3: Örnek F adım içeriği.

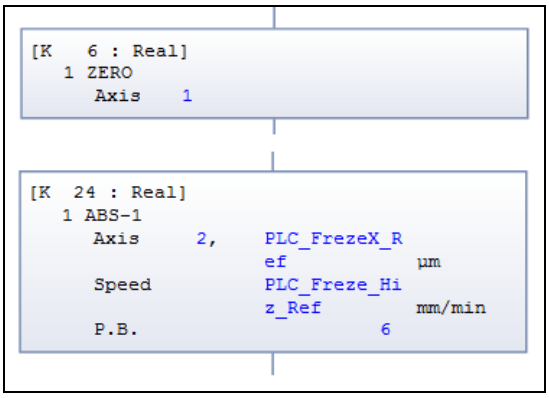
Süreç akışında herhangi bir bekleme yapılması gerekiyorsa bunlar G adımlarının içinde gerçekleştirilebilir. Ayrıca bir koşula bağlı olarak dallanmalar yapılacak ise yine G adımları kullanılmalıdır. Şekil-3.4'deki örnekte görüldüğü gibi iki çeşit G adımı vardır. Bunlardan birincisinde (örnekte üstte olan), program akışı bu adıma geldiğinde içindeki lojik şart sağlanana kadar program bu adımın içinde bekler. Şart sağlandığında akış bir sonraki adıma geçerek devam eder. İkinci çeşit G adımı akış sırasında aktif olduğunda adımın içindeki lojik şarta bakılır. Eğer şart sağlanıyorsa sol koldan program akışı devam eder. Şart sağlanmıyorsa program akışı sağ koldan devam eder. Akış sırasında herhangi bir bekleme yapılmaz, sadece devam edilecek yola karar verilir.

```
[G  15]
 !PLC_ARIZA*!PLC_DURAKLAT*Ax1_Ready
  *Ax2_Ready*Ax3_Ready
    //*Ax_4_Ready*Ax_5_Ready*Ax_6_Ready*
    Ax_7_Ready

[G  16]
 PLC_AX1_SIFIRLA
```

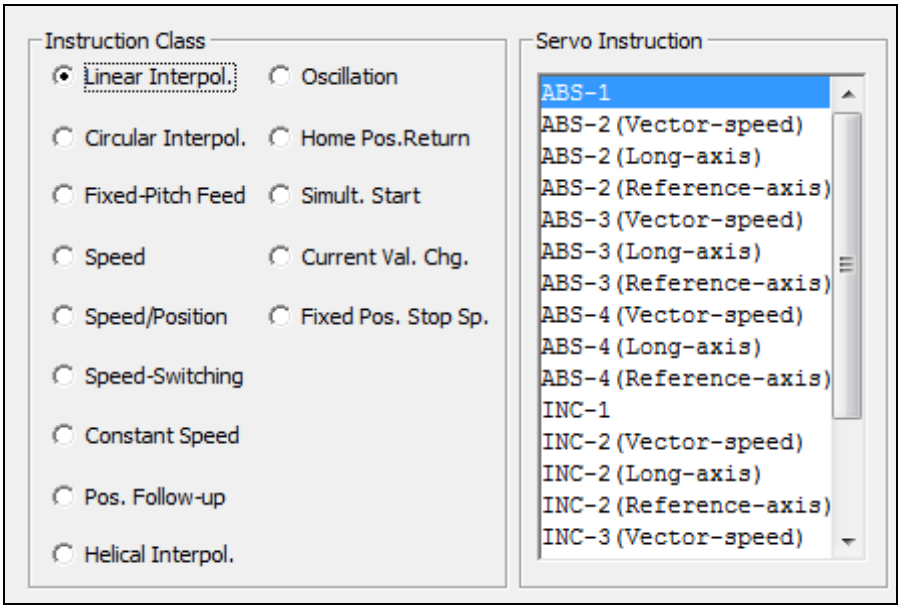
Şekil 3.4: Örnek G adım içeriği.

F ve G adımlarının dışında pozisyonlama işlemlerinin yapıldığı K adımları vardır.



Şekil 3.5: Örnek K adım içeriği.

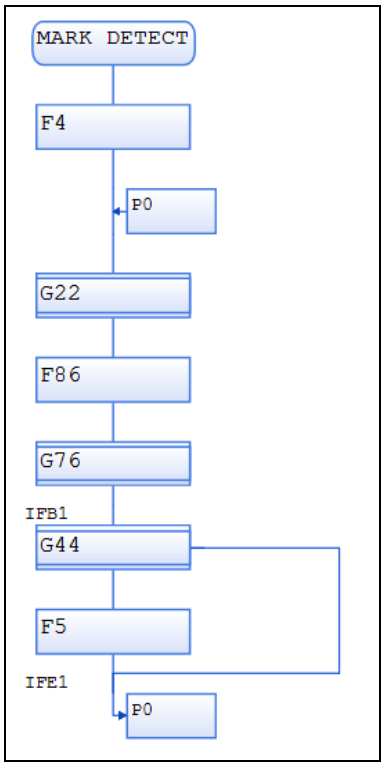
Bu K adımlarının içerisine şekil 3.6'daki komut gruplarından istenilen grup ve işlem seçilir. Seçilen hareketi yapması istenen eksenler belirlenir. İlgili pozisyon ve hız değerleri girilerek K adımı oluşturulur. Program akışı sırasında herhangi bir K aktif olursa, içinde tanımlanan komut işletilmeye başlanır ve akış pozisyonlamanın bitmesini beklemeden devam eder.



Şekil 3.6: Pozisyonlama komutları.

Pozisyonlamanın tamamlanıp tamamlanmadığını kontrol etmek G adımları kullanılır.

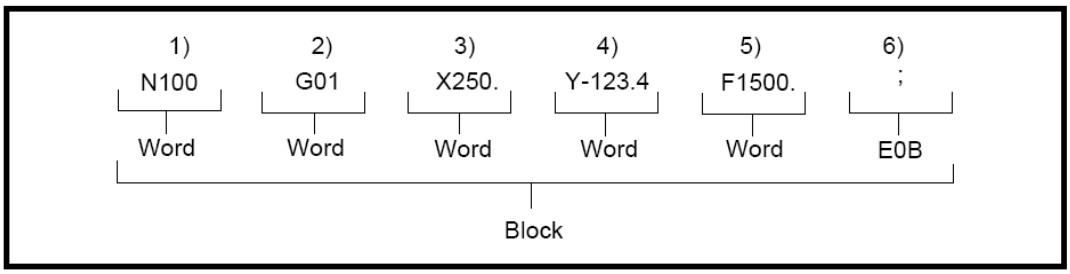
Program akışı END adımına ulaştığında program tamamlanmış olur. Fakat programda END adımı kullanmak zorunlu değildir. Şekil 3.7'deki gibi döngü oluşturarak program yapmak da mümkündür.



Şekil 3.7: Örnek SFC program döngüsü.

3.1.2.3 SV43 işletim sistemi ve G programlama dili

Q172D hareket kontrol işlemcilerine SV43 işletim sistemi yüklenerek G programlama dili (kısaca G-Kod) ile programlanabilmektedir. Bilgisayarlı Nümerik Kontrolör (CNC: Computer Numerical Control) programlamada yaygın olarak kullanılan G-Kod sisteminin temeli ISO 6983 standardına dayanmaktadır. Kelime tabanlı bu programlamada yapı alt alta yazılan bloklardan oluşur [9]. Örnek bir blok şekil 3.8'de gösterilmiştir.



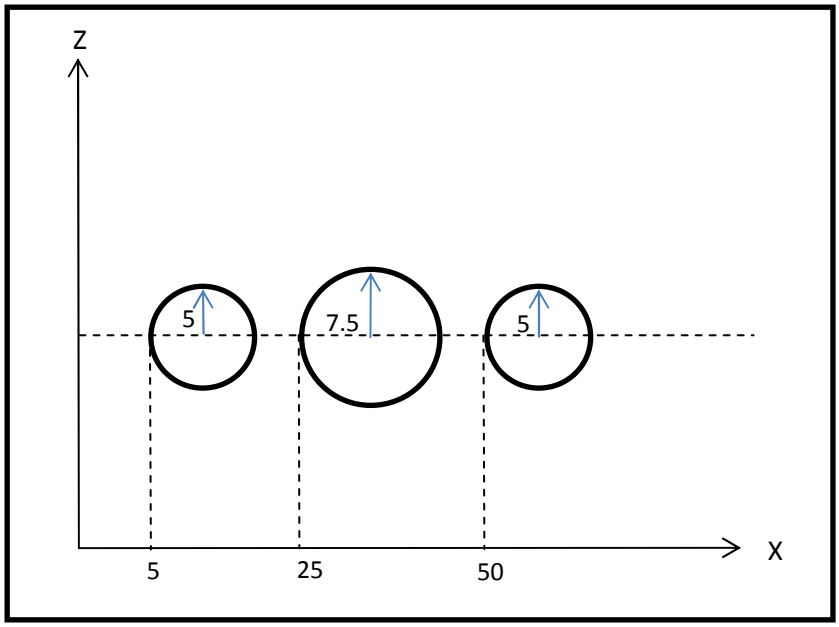
Şekil 3.8: G-Kod program yapısı.

Burada;

1) N100	…….	Sekans (Sıra) No.	Program bloğu yada satırı belirtmek için kullanılır. N harfinden sonra bir sayı gelir (en fazla 4 basamak). Program içinde aynı sayıyla başka bir N olmamalıdır.
2) G01	…….	Hazırlık kodu	Hareket kontrolü için kullanılan temel komuttur (G-Kod)
3) X250.	…….	Koordinat pozisyon verisi	X ekseni için hedef pozisyonu belirler. X ekseni 250 mm pozisyonana gidecektir.
4) Y-123.4	…….	Koordinat pozisyon verisi	Y ekseni için hedef pozisyonu belirler. Y ekseni -123.4 mm pozisyonana gidecektir.
5) F1500.	…….	Hız	Pozisyonlama için kullanılacak vektörel hızı belirler. Burada hız 1500 mm/dakika'dır.
6) ;	…….	EOB (Blok sonu)	Program bloğunun (satırın) sonunun geldiğini belirtir.

Bu programlamada kullanılan başlıca kodlar şunlardır [9]:

G00	:	Hızlı hareket
G01	:	Doğrusal hareket
G02	:	Dairesel hareket (saat yününde ilerleme)
G03	:	Dairesel hareket (saat yününün tersinde ilerleme)
G04	:	Duraklat
G12	:	Helisel hareket (saat yönünde ilerleme)
G13	:	Helisel hareket (saat yönünün tersinde ilerleme)
G43	:	Takım boy telafi (+)
G44	:	Takım boy telafi (-)
G53	:	Mekanik koordinat sistem seçimi
G54-59	:	Çalışma koordinat sistem seçimi
G90	:	Mutlak konumlama seçimi
G91	:	Artımsal konumlama seçimi



Şekil 3.9: Kol yeri üçlü delme çizimi.

Şekil 3.9'da verilen kol yeri üçlü delme işlemi için yazılması gereken G-Kod programı şekil 3.10'daki gibi olmalıdır. Burada önce freze Y ekseninde 20 mm ilerleyerek profili deler. G03 komutuyla X-Z düzleminde merkezi 5 mm ileride olan bir daire çizilir. Y ekseni 20 mm geri gelerek profilden çıkar. X ekseninde 20 mm hareket edilerek tekrar Y ekseninde profil delinir. Bu sefer merkezi X ekseninde 7.5 mm ileride olan bir daire çizilir ve profilden çıkılır. X ekseninde 25 mm ilerleyerek ilk daireden bir tane daha yapılır.

```
NUMBER  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+
 00001 O0032(TK1 KOL YERI DELIK);
 00002 G91;
 00003 N2 G01 Y20. F#D7008L;
 00004 G03 X0. Z0. I5. J0.;
 00005 Y-20. F#D4118L;
 00006 X20.;
 00007 Y20. F#D7008L;
 00008 X-1.;
 00009 G03 X0. Z0. I7.5 J0.;
 00010 Y-20. F#D4118L;
 00011 X25.;
 00012 Y20. F#D7008L;
 00013 G03 X0. Z0. I5. J0.;
 00014 Y-20. F#D4118L;
 00015 G90;
 00016 M99;
 00017 %
 00018
```

Şekil 3.10: G-Kod programı.

3.1.3 Endüstriyel bilgisayar işlemcisi

Profil işleme merkezi sisteminde kullanıcı ara yüz programını ve çerçeve tasarım programlarını çalıştırmak için Mitsubishi PPC-852 endüstriyel bilgisayarı kullanılmıştır.

3.1.3.1 Genel özellikleri

Kullanılan endüstriyel bilgisayarın özellikleri [10] çizelge 3.3'de verilmiştir.

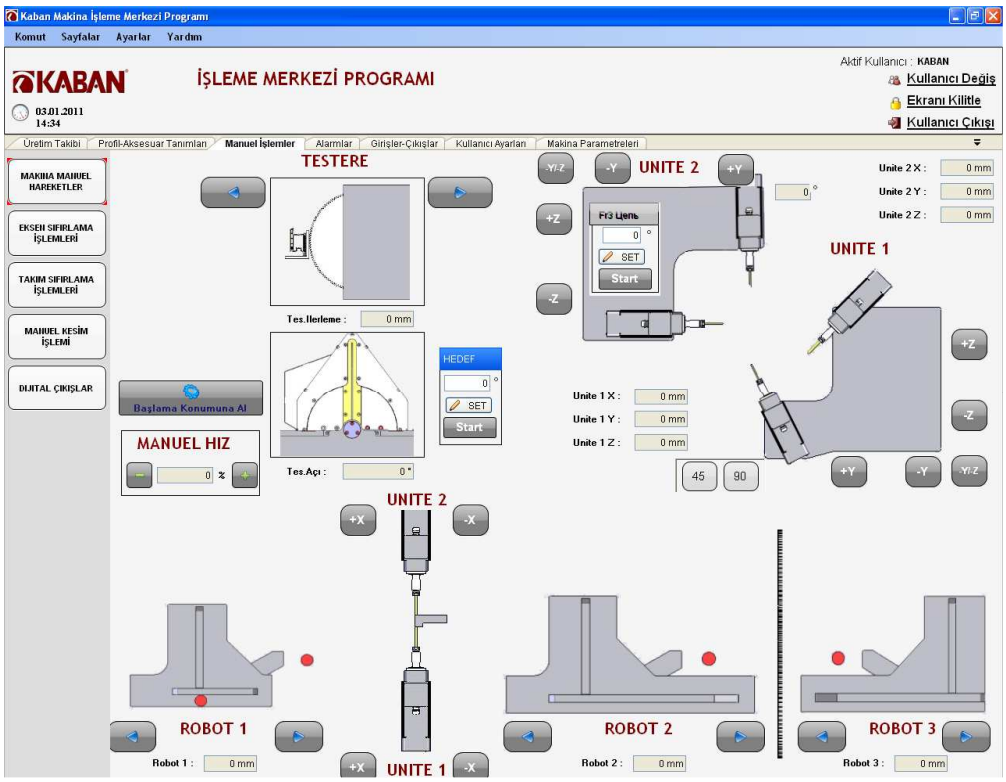
Çizelge 3.3: Endüstriyel PC genel özellikleri.

Özellik		PPC-852 CPU
CPU		Intel Celeron M Processor 600MHz (FSB 400 MHz)
Chipset		Intel 852GM
Bellek		512 MB
Hafıza		40 GB
Video	Kontrol	Built-in 852GM
	RAM	Paylaşımlı (Maks. 64 MB)
	CRF I/F	Analog RGB 15-pin HD-SUB konnektör
IDE I/F		40 pinhalf-pitch konnektör
Seri arayüz		RS232C uyumlu 2 kanal 9-pin D-Sub
Paralel arayüz		1 kanal, desteklenen modlar: normal, SPP, EPP, ECP, 1.7/1.9
LAN		Ethernet 100Base-TX/ 10Base-T RJ45 konnektör
PC kart		PCMCIA, Cardbus
USB I/F		USB 2. uyumlu 3 kanal
Klavye/Mouse		6-pin mini-DIN
İşletim Sistemi		Windows XP Professional, XP Embedded, 2000 Professional

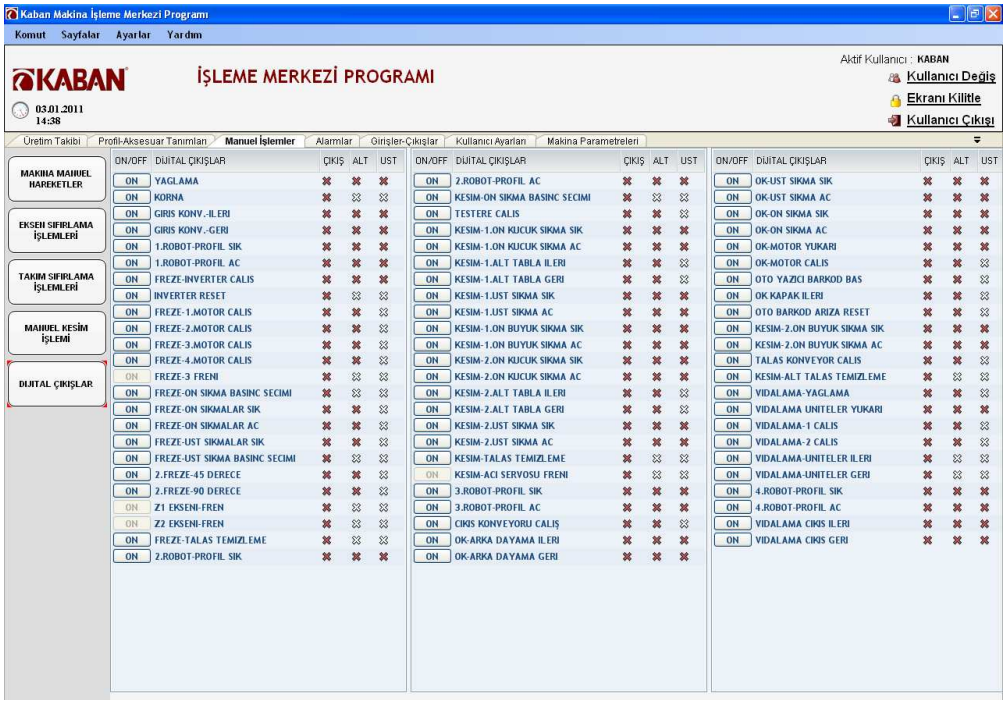
3.1.3.2 Kullanıcı ara yüz programı

Kullanıcı ara yüz programında servo eksenlerin manuel hareketlerini kontrol etmek için "Manuel İşlemler" sayfası bulunmaktadır (şekil 3.11). Bu bölümde ayrıca dijital giriş ve çıkışların kontrolü için de bir sayfa bulunmaktadır (şekil 3.12). Profil ve aksesuarlar ile ilgili ayarlar "Profil-Aksesuar Tanımlama" sayfasında yapılmaktadır (şekil 3.13). Burada yeni profiller sisteme tanıtılır, genişlik-yükseklik değerleri ve tip bilgileri atanır. Tanıtılan bu profile ilgili aksesuar işlemleri eklenir ve işlem başlama noktaları (yanaşma yerleri) tanımlanır. "Makine Parametreleri" sayfasında sistemin çalışmasıyla ilgili parametreleri girilir. Kesim ve açı sistemleri için kalibrasyon değerleri ayarlanır ve robotlarla frezelerin çeşitli hızları tanımlanır (şekil 3.14). Alarmlar sayfasında sistemde mevcut olan arızalar ve uyarılar izlenebildiği gibi arıza geçmişinde tarihe göre arama yaparak istenilen zaman aralığında meydana gelen

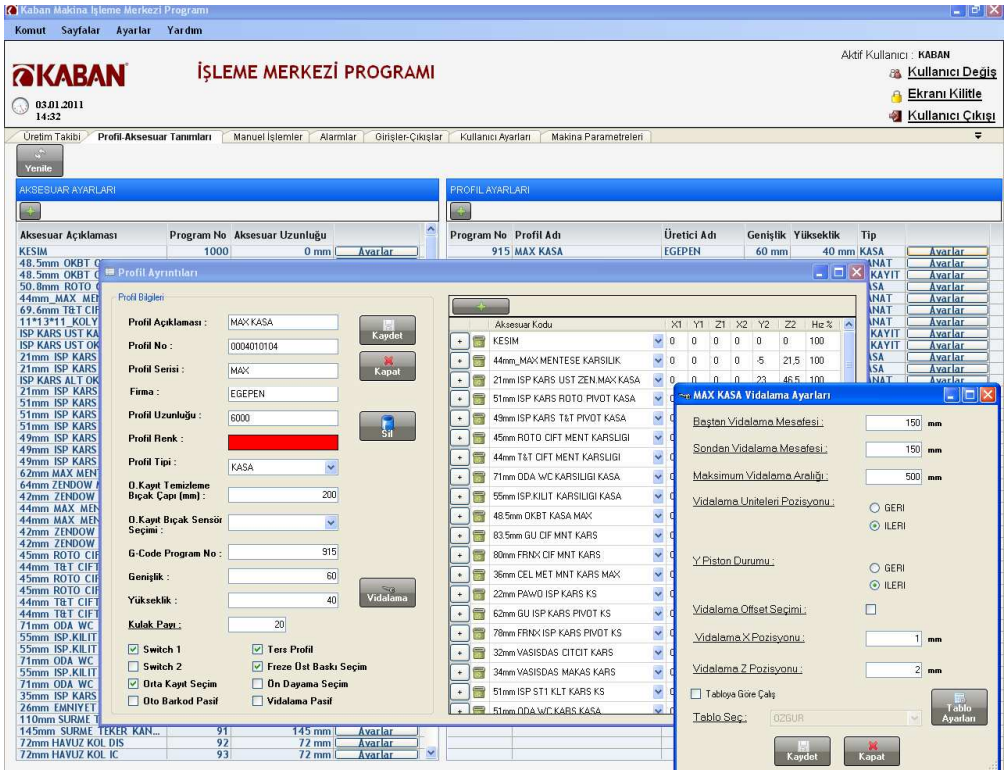
sorunlar izlenebilmektedir (şekil 3.15). “Üretim Takibi” sayfasında iş listesindeki profiller ve o anda işlenmekte olan profil izlenebilmektedir (şekil 3.16).



Şekil 3.11: Manuel işlemler sayfası.

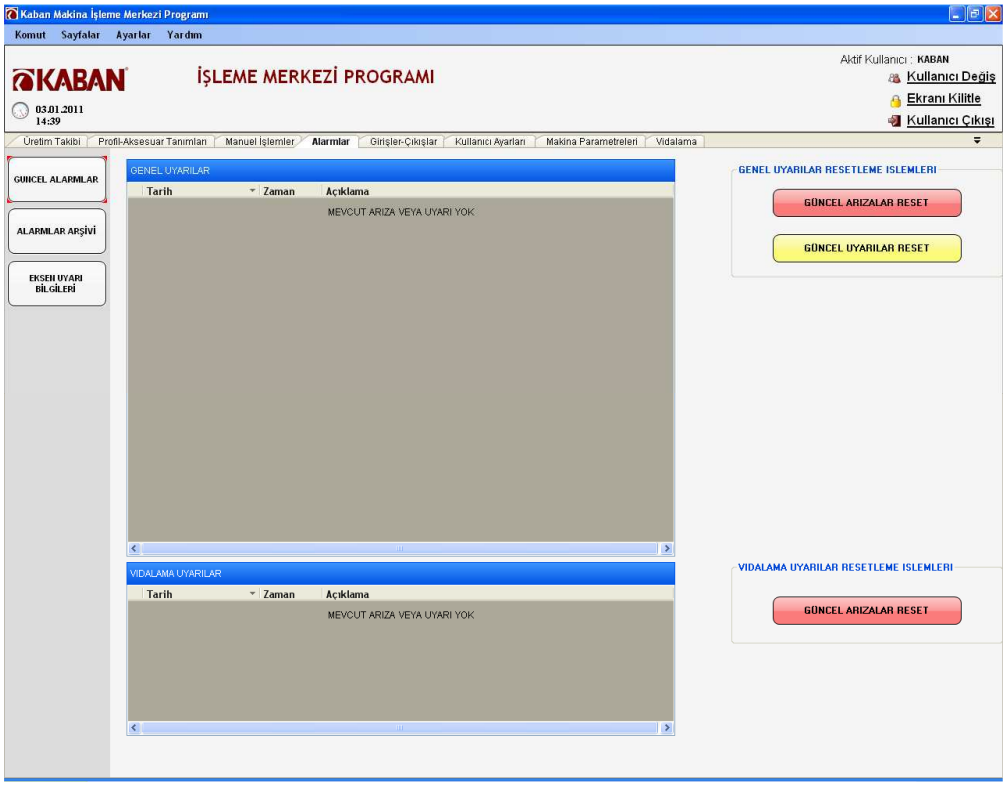


Şekil 3.12: Giriş/Çıkış kontrol sayfası.

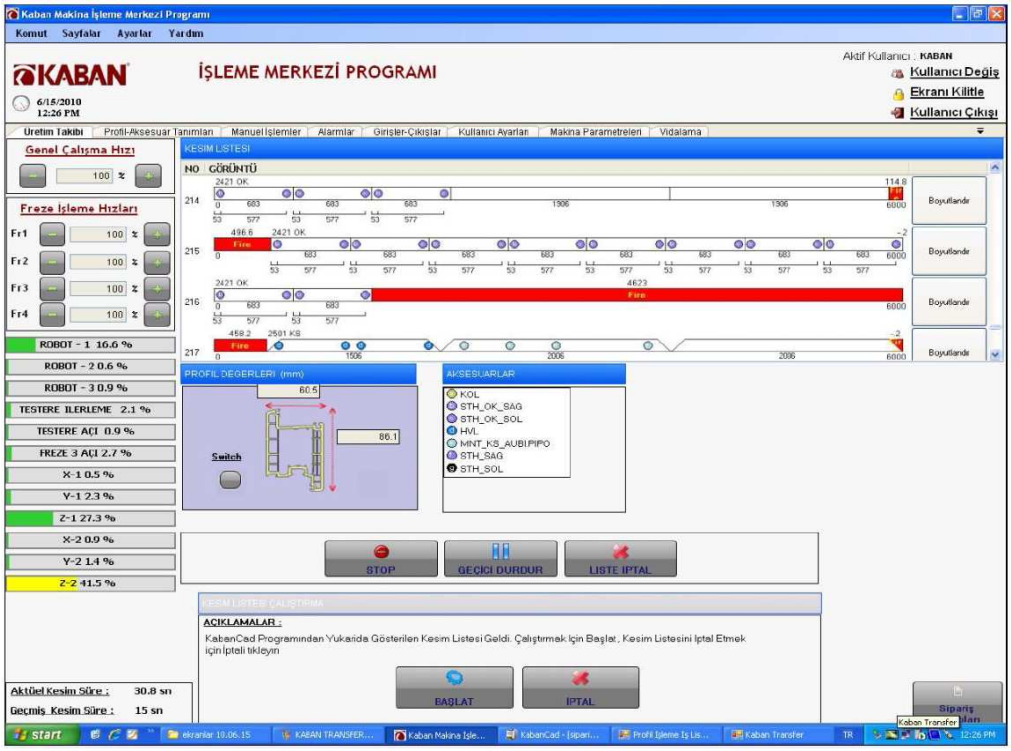


Şekil 3.13: Profil-Aksesuar sayfası.

Şekil 3.14: Ayarlar sayfası.



Şekil 3.15: Alarmlar sayfası.



Şekil 3.16: Üretim takibi sayfası.

3.2 Otomasyonda Kullanılan Servo Sürücüler

İşleme merkezinde besleme giriş gerilimine ve kontrol yapısına göre 3 farklı servo sürücü kullanılmıştır. MR-J3 serisi olan bu sürücülerden 1 kW altındakiler tek faz 200-230 VAC, 1kW üstündekiler 3 faz 380-400 VAC beslemelidir. Ayrıca robotlarda tam kapalı çevrimi destekleyen 3 faz 380-400 VAC beslemeli sürücüler kullanılmıştır. Sürücülerin teknik özellikleri şu şekildedir.

3.2.1 MRJ3-□B tipi servo sürücüler

Sistemde 4 adet 750W, 5 adet 400W servo motor kullanılmıştır. Bu motorlara ait sürücülerin özellikleri [11] çizelge 3.4'de verilmiştir

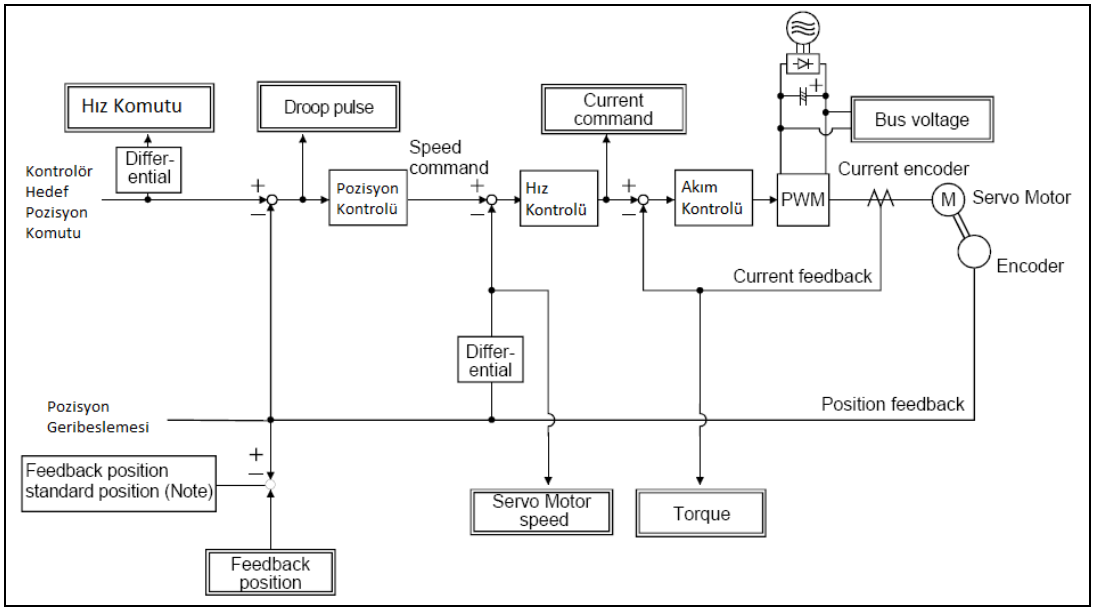
Çizelge 3.4: MRJ3-B Servo sürücü özellikleri.

			40B	70B
Güç Kaynağı	Gerilim/Frekans		3 faz veya 1 faz 200-230 VAC 50/60 Hz	
	İzin verilen gerilim dalgalanması		3 faz veya 1 faz 170-253 VAC	
	İzin verilen frekans dalgalanması		5%	
Kontrol devresi güç kaynağı	Gerilim/Frekans		1 faz 200-230 VAC 50/60 Hz	
	İzin verilen gerilim		1 faz 170-253 VAC	
	İzin verilen frekans		5%	
Kontrol Sistemi			Sin dalgası PWM kontrolü, akım kontrol	
Dinamik fren			Dahili	
Koruyucu fonksiyonlar			Aşırı akım kapanma, rejenatif aşırı gerilim kapama, aşırı yükde kapama, servo motor aşırı ısınma kapama, enkoder hata koruma	
Çevre	Ortam Sıcaklığı	Çalışırken	0 ile +55 °C arası	
		Beklerken	-22 ile +65 °C arası	
	Ortam Nemi	Çalışırken	%90 RH veya az	
		Beklerken		
	Titreşim		5.9 m/s² veya az	

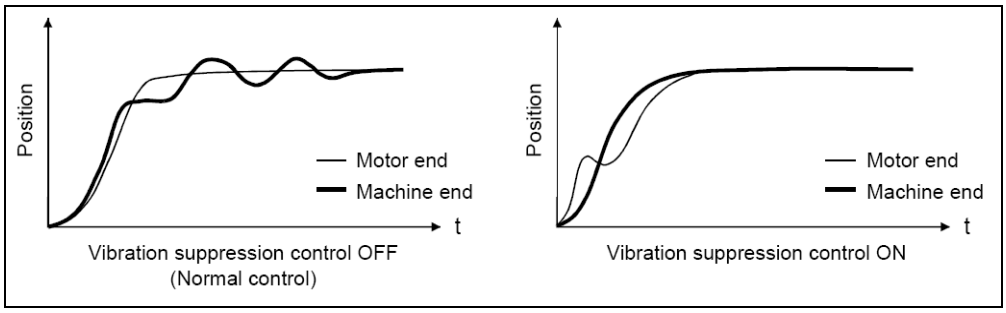
Bu sürücüler ile birlikte kullanılan motorlar HF-KP serisidir. 400W ve 750W'lık motorların teknik özellikleri çizelge 3.5'de verilmiştir. Servo sürücünün kontrol blok diyagramı şekil 3.17'de ve titreşim bastırma fonksiyonunun çalışma grafiği şekil 3.18'de verilmiştir.

Çizelge 3.5: Servo motor teknik özellikleri.

HF-KP Serisi			43	73
Sürekli çalışma durumu	Nominal çıkış	[kW]	0.4	0.75
	Nominal tork	[N.m]	1.3	2.4
Nominal hız		[r/min]	3000	3000
Maksimum tork		[N.m]	3.8	7.2
Sürekli nominal torkda güç oranı		[kW/s]	38.6	39.9
Eylemsizlik momenti		J	0.42	1.43
Önerilen yük-motor eylemsizlik moment oranı			15 ve az	15 ve az
Nominal akım		[A]	2.7	5.2
Maksimum akım		[A]	8.1	15.6
Enkoder çözünürlüğü		[pls/tur]	262144	
Çevre koşulları	Ortam sıcaklığı	Çalışma	0 ile +40 °c	
		Bekleme	-15 ile +70 °c	
	Ortam nemi	Çalışma	%80 RH ve az	
		Bekleme	%90 RH ve az	
	Yükseklik		maks. 1000m deniz seviyesinden	
	Titreşim	[m/s²]	X,Y: 49	



Şekil 3.17: Kontrol blok diyagramı.



Şekil 3.18: Titreşim bastırma fonksiyonu.

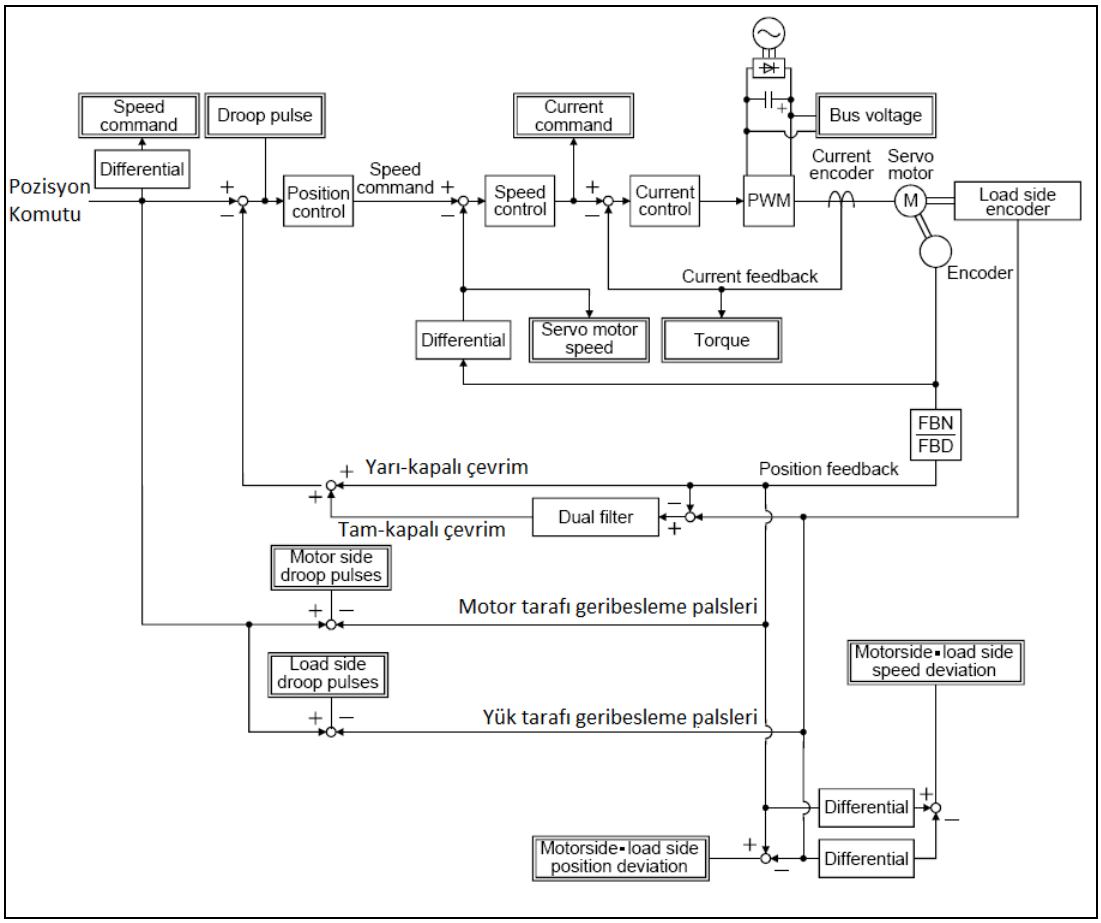
3.2.2 MRJ3-□BS4 tipi servo sürücüler

Robot hareket alanının fazla olduğu kayış-kasnak sistemlerinde, kayış gerginliğinin değişken olmasından dolayı pozisyonlamada hatalar meydana gelebilmektedir. Örneğin gerginliğin az olduğu durumda motorun bir turu robotun 159.2 mm hareket etmesini sağlarken gerginlik arttırılırsa hareket mesafesi 161 mm gibi bir değere ulaşabilmektedir. Böyle bir pozisyon farklılığı tam boy bir profil üzerinde 30-40 mm hataya neden olabilir. İstenmeyen bu durum üretim kalitesini düşüreceği gibi hatalı parça üretimine neden olup üretim verimini de düşürür.

Kayışa bağlı olarak tur başına robot hareket miktarı ölçülüp sistem kalibre edilebilir fakat zamanla gerginliğin değişmesi tekrar tekrar ayar yapmayı gerektirir. Bu zorluğu ortadan kaldırmak için "Tam Kapalı Çevrim Kontrolü (Fully-Closed Loop Control)" destekleyen BS tipi servo sürücü kullanılmıştır.

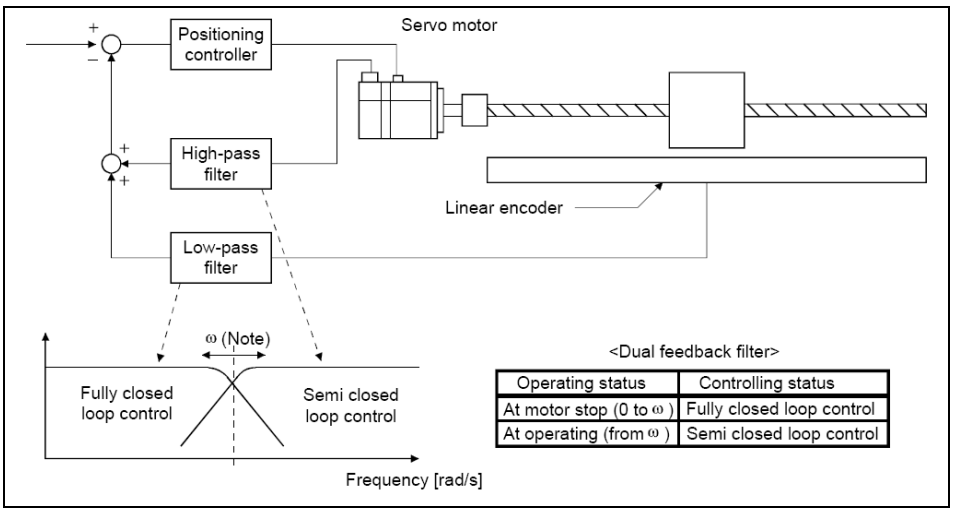
BS tipi sürücülerde üç kontrol modu vardır; yarı kapalı çevrim konrol, çift geri beslemeli kontrol ve tam kapalı çevrim kontrol. Yarı kapalı çevrim kontrolde, pozisyonlama motor tarafı verilerine göre kontrol edilir. Bu kontrol makine etkilerine (makine rezonansı gibi) duyarsız olduğundan servo sürücü kazanç değerleri arttırılabilir ve yerleşme süresi azaltılabilir. Bu kontrolün dezavantajı motor tarafı duruyor olmasına rağmen titreşimde olabilir veya yük tarafında pozisyonlama doğruluğu sağlanamayabilir [12].

Çift geri beslemeli kontrolde, pozisyonlama motor tarafı ve yük tarafı verilerine göre kontrol edilir. Kontrol operasyon sırasında motor tarafı verilerine göre, duruş sırasında yük tarafı verilerine göre yapılır. İşlem sırasında motor tarafı verileri dikkate alındığından kazançlar yükselir ve yerleşme süresi düşer. Duruş sırasında yük tarafı verilerini kullanmak da yük tarafı kesinliğini arttırır [12].



Şekil 3.19: Tam kapalı çevrim blok diyagramı.

Tam kapalı çevrimde kontrol pozisyonlama yük tarafı verilerine göre kontrol edilir. Bu sayede hem duruş sırasında hem de hareket sırasında yük tarafının kesinliği sağlanmış olur. Bu kontrol makine rezonansına ve diğer etkilere duyarlı olmasına rağmen servo sürücünün kazancını arttırmaz ve yerleşme zamanı artar.



Şekil 3.20: Tam kapalı çevrim filtreleri.

4. KONTROL ALGORİTMASI

4.1 Lineer-Dairesel Pozisyonlama Dönüşümü

Kesim sistemi açı ekseni vidalı milden oluştuğundan açı pozisyonları doğrusal değişmemektedir. Şekil 4.1'de görülen sistemde vidalı mil kullanılarak ihtiyaç duyulan tork değeri azalmış fakat açı pozisyonlama zorlaşmıştır. Servo ekseninin lineer hareketi ile testere açısı arasında şu şekilde bir ilişki vardır:

$$L = \sqrt{[\alpha + r.\sin(\theta + \gamma)]^2 + [r.\cos(\theta + \gamma) - \beta]^2} - \delta \qquad \textbf{(4.1)}$$

L: Gidilmesi gereken pozisyon

α: Testere dönme merkezinin motor yataklamasına yatay uzaklığı

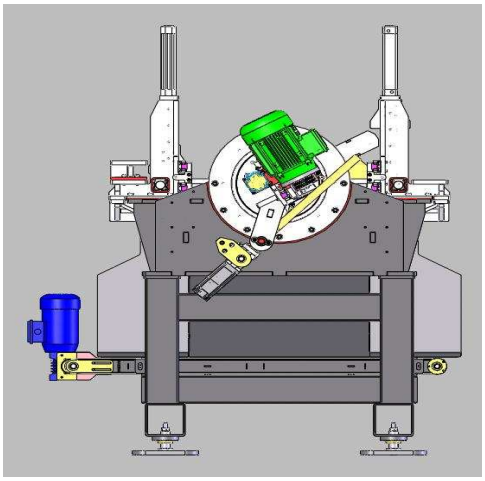
β: Testere dönme merkezinin motor yataklamasına dikey uzaklığı

r: Dönme yarıçapı

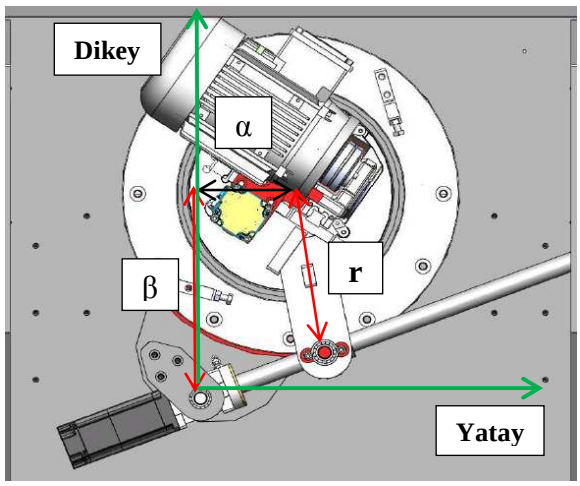
θ: İstenilen açı derecesi

γ: Testere açı ofset

δ: Mil dayanma pozisyonu



Şekil 4.1: Kesim açı sistemi.



Şekil 4.2: Açı hesap parametreleri.

4.2 Veri İşleme

İşleme merkezinin çalışması için öncelikle veri listesinin ara yüz programından PLC'ye gönderilmesi gerekir. Veri listesi tam boy profil üzerine yapılması istenilen işlemleri ve mutlak pozisyonlarını içeren bir tablodur. İşlem pozisyonları PLC'ye yüklendikten sonra işlemlerin kayıtlı referans değerlerine göre pozisyonlara ekleme veya çıkarma yapılır. Sistemin çalışabilmesi için bu pozisyon değerlerinin küçükten büyüğe sıralı olması gerekmektedir. Bu verileri işlem numaralarını kaybetmeden küçükten büyüğe sıralamak için Kabarcık Sıralama (Bubble Sort) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem şu şekilde çalışmaktadır [13]:

i. Eleman sayısı bilinen dizinin 1. elemanından itibaren sona kadar bir sonraki elemanla karşılaştırılır.

ii. Kontrol elemanı sıradakinden büyükse yerleri değiştirilir. Küçük veya eşitse değişiklik yapılmadan sıradakine geçilir. Böylece sıralı olmayan elemanlar her tarandığında, ardışık iki eleman arasında sıralama yapılmış olur ve en büyük eleman en sona taşınır.

iii. Her döngüde en büyük eleman sona taşındığından kontrol edilen eleman sayısı her döngüde bir azaltılır.

iv. Herhangi bir yer değişiminin yapılmadığı döngüde sıralamaya son verilir.

Algoritmanın çalışması aşağıdaki örnekte gösterilmiştir.

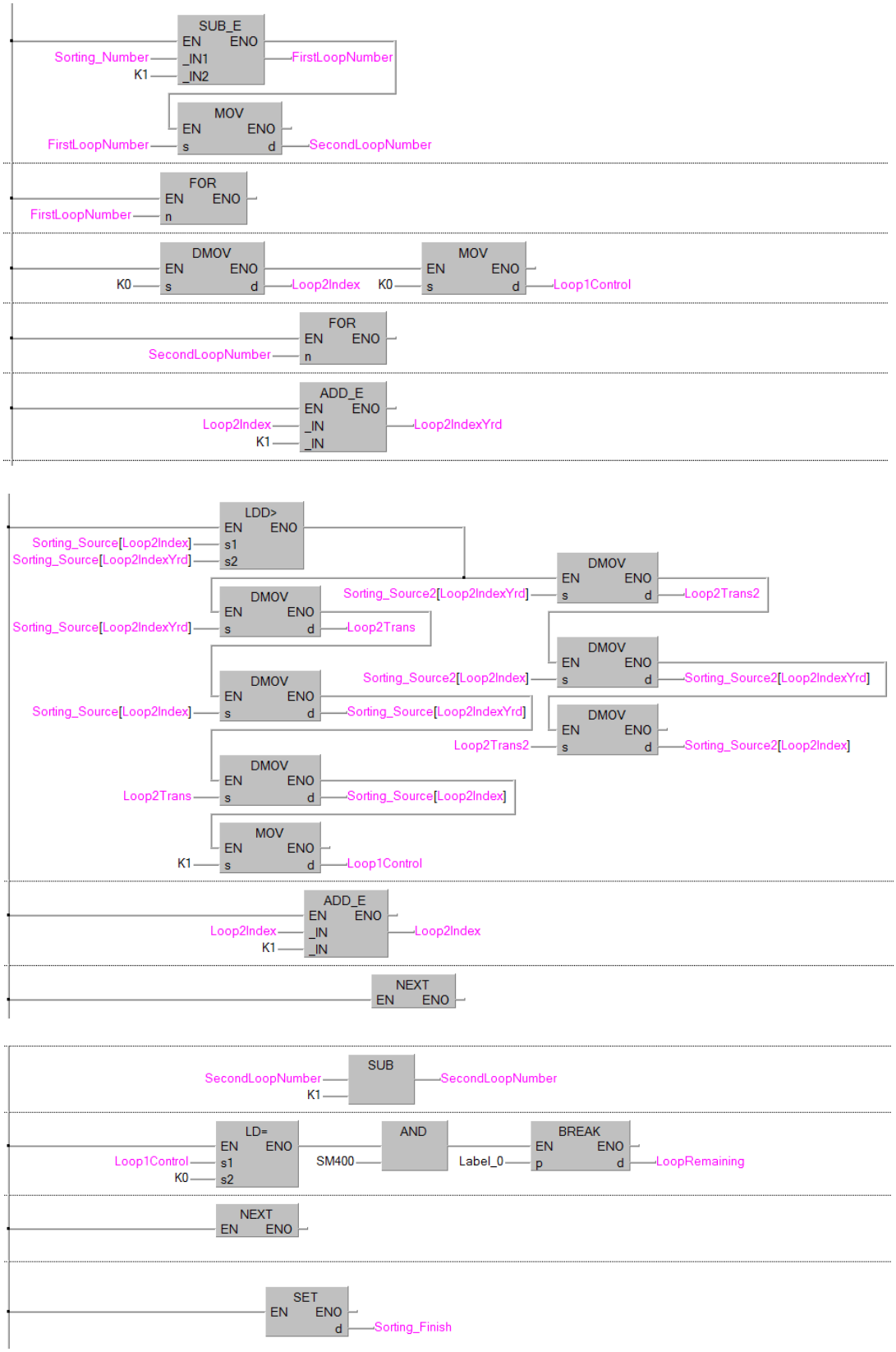
45	**80**	30	65	10		
45	30	**80**	65	10		
45	30	65	**80**	10		
45	30	65	10	**80**	İlk taramanın sonu	

45	30	**65**	10	80		
30	45	**65**	10	80		
30	45	10	**65**	80	İkinci taramanın sonu	

30	**45**	10	65	80		
30	10	**45**	65	80	Üçüncü taramanın sonu	

30	10	45	65	80		
10	**30**	45	65	80	Dördüncü taramanın sonu	

PLC program yapısı şekil 4.3'de görülmektedir.



Şekil 4.3: FBD blok diyagramı.

5. SONUÇLAR

Bu tezde Mitsubishi PLC, hareket kontrol ve endüstriyel PC işlemcileri kullanılarak 16 eksenli bir PVC otomasyon uygulaması gerçeklenmiştir. Sektörün taleplerini karşılamak amacıyla yapılan bu uygulamayla sekiz saatlik üretim kapasitesi 25-30 çerçeveden 500-550 çerçeveye yükseltilmiştir. Frezeleme ve kesim işlemleri yüksek hassasiyetli servo sürücüler tarafından gerçeklendiğinden üretim kalitesi artmıştır. Sistemin tamamı bilgisayar kontrollü olduğundan üretimde standart yakalanmıştır. Kullanıcı ara yüz programıyla oluşan arızalar kısa sürede tespit edilebildiğinden sorunları minimum sürede giderebilmek mümkün olmuştur. Ayrıca arayüz programında tutulan raporlar ile fabrika yönetimi tarafından üretim takibi yapabilmektedir.

Bu otomasyon sistemi, kullanıcı işletmeye sadece ticari faydalar sağlamamış, üretim sürecinde insan faktörünün en aza indirilmesi ve tehlikeli işlemlerin otomatik olarak yapılması nedeniyle operatör yaralanmaları ve iş kazalarını en aza indirmiştir. Ayrıca üretim verimliliği arttığından kullanılan hammadde miktarı da azaltılmıştır.

Sistemin genel akışı, makine ve süreç otomasyonları işin kullanışlı olan Ardışıl Fonksiyon Gösterimi (SFC) yöntemiyle sağlanmıştır. Aktif adımın izlenebilmesi ve akışın rahat bir şekilde takip edilebilmesi programlamada kolaylık sağlamıştır. Giriş çıkışların kontrolü, arıza takibi gibi akışı olmayan, sürekli kontrolün gerektiği kontroller için merdiven diyagramı (LADDER) kullanılmıştır. Freze işlemlerinin kontrolünde bilgisayarlı nümerik kontrol (CNC) sistemlerinde kullanılan G programlama dili (G-Code) kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] **KURTULAN S.,** 2010. PLC ile Endüstriyel Otomasyon, Birsen Yayınları, İstanbul.

[2] **Url-1** < *http://tr.wikipedia.org/wiki/Otomasyon*>, alındığı tarih 02.02.2011.

[3] **BRYAN L.A., BRYAN E.A.,** 1997. Programmable Contrrollers Theory and Implementation, Industrial Text Company.

[4] **Url-2** <*http://www.atasel.com.tr/images/im_efes_scada.jpg*>, alındığı tarih 06.02.2011.

[5] Mitsubishi Programmable Controller QnUCPU User Manuel, 2009.

[6] **JOHN K.H. , TIEGELKAMP M.**, 2010. IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems, Springer.

[7] Mitsubishi Electric Motion Controller SV22 (Motion SFC) Programming Manuel, 2004.

[8] **JACK, H.,** 2003. Automation Manufacturing Systems with PLCs,.

[9] Mitsubishi Electric Motion Controller SV43 (Motion SFC) Programming Manuel, 2006.

[10] Mitsubishi Electric QPC Instruction Manuel, 2008.

[11] Mitsubishi Electric MR-J3-B Servo Amplifier Instruction Manuel, 2006.

[12] Mitsubishi Electric MR-J3-BS Servo Amplifier Instruction Manuel, 2010.

[13] **BIGGAR P., GREGG D.,** 2005. Sorting in the Presence of Branch Prediction and Caches, Department of Computer Science, University od Dublin, IRELAND.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:	Erdem Danacı
Doğum Yeri ve Tarihi:	Zonguldak/ 30.11.1982
Adres:	Şeyhli M. Hilal Konutları Ferah S. B9 Blok D:9 Pendik/İstanbul
Lisans Üniversite:	İstanbul Teknik Üniversitesi