

**T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CNC TEZGÂHLARINDA İŞLEME ESNASINDAKİ
TİTREŞİMLERİ ANALİZ EDEREK CNC OPERATÖRÜNE
REHBERLİK EDEN BİR SİSTEM GELİŞTİRİLMESİ**

**FİGAN DALMIŞ
DOKTORA TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. ERDEM UÇAR
EDİRNE 2012**

**CNC TEZGÂHLARINDA İŞLEME ESNASINDAKİ
TİTREŞİMLERİ ANALİZ EDEREK CNC OPERATÖRÜNE
REHBERLİK EDEN BİR SİSTEM GELİŞTİRİLMESİ**

FİGAN DALMIŞ

DOKTORA TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

2012

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Kabul ve onay sayfası

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Doç.Dr. Mustafa ÖZCAN

Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. Tolga SAKALLI
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca (tarafımızca) okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans/ Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
(Ünvan, Ad, Soyad)
İkinci Tez Danışmanı (varsa)

.....
Doç.Dr. Erdem UÇAR
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından
Anabilim Dalında bir Yüksek lisans/ Doktora tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

İmza

Prof.Dr. Ayşen HAKSEVER

.....

Doç.Dr. Yılmaz KILIÇASLAN

.....

Yrd.Doç.Dr. Rafet AKDENİZ

.....

Yrd.Doç.Dr. İlhan UMUT

.....

Tarih: 13/11/2012

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI DOKTORA PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

13 / 11 / 2012

Figan DALMIŞ

İmzası

Doktora Tezi
CNC Tezgâhlarında İşleme Esnasındaki Titreşimleri
Analiz Ederek CNC Operatörüne Rehberlik Eden Bir
Sistem Geliştirilmesi
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu tez çalışmasında bilgisayar, elektronik ve makine disiplinlerini kapsayan bilgisayar destekli bir kontrol sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem, talaşlı imalat yöntemlerinden biri olan frezeleme işlemleri esnasında kesici takımların durumlarını izleyerek takımların aşınmışlık durumuna göre freze tezgahının ilerleme hızını otomatik olarak ayarlamaktadır. Geliştirilen sisteminin amacı, CNC tezgah operatörünün etkisini ve dolayısıyla da operatör hatasından kaynaklanacak kayıpları minimuma indirmek ve iş parçasının yüzey kalitesini ve toleranslarını bozmadan kesici takımı en verimli şekilde kullanarak üretim maliyetlerini azaltmaktır. Geliştirilen sistem sayesinde işleme bilgisine ve becerisine sahip olmayan bir kişi de Microsoft Visual Studio 2008 platformunda Visual Basic.Net programlama dilinde hazırlanan bir arayüzü kullanarak nitelikli bir operatör gibi operatörlük yapabilecektir.

Literatür incelemesinde yapılan çalışmaların, takımın aşınmışlık durumunun izlenerek takım ömrünün tahmin edilmesi üzerine olduğu görülmüştür. Geliştirilen bilgisayar destekli kontrol sisteminde ise takım durumuna göre tezgah ilerleme hızına müdahale edilmektedir. Araştırmada kesici takım durumunu gözlemleyebilmek için dolaylı yöntem tercih edilmiştir. Bir titreşim sensörü ve bir yük hücresi ile işleme esnasında meydana gelen titreşimler algılanmıştır. Geliştirilen bilgisayar programı ile takım durumu izlenebilmekte, sensörlerden gelen verilere göre kontrol edilen bir step motor ile makine ilerleme hızı ayarlanabilmektedir. Veri toplama ve kontrol kartındaki PIC18F4523 mikrodenetleyicisinin programı ise Mikrobasic Pro for PIC derleyicisinde yazılmıştır. Veri toplama ve kontrol kartı ile kullanıcı arayüzünün bulunduğu bilgisayar, ethernet bağlantısı ile haberleşmektedir.

Yıl : 2012

Sayfa Sayısı : 102

Anahtar kelimeler : Takım durumu izleme, takım aşınması, step motor, devir kontrolü

Doctorate Thesis
Development of a system for guiding to CNC
human operator by analyzing vibration signals
during milling operations
Trakya University Graduate School of
Natural and Applied Sciences
Department of Computer Engineering

ABSTRACT

In this thesis, a multidisciplinary computer based electro-mechanical control system covered computer, electronics and machine sciences was developed. The developed system automatically adjusts the feed rate of the CNC machine, during milling machining which is one of the CNC machining methods. The purpose of the developed system is to eliminate the defects caused by CNC human operators by minimizing the effect of the human operator, and to reduce production costs by using cutting tools in the most efficient way without damaging the tolerances and surface quality of a workpiece. With the developed system, a person who has no knowledge and experience in milling operation will be able to perform machining as a qualified operator by using a user interface that programmed in Visual Basic.Net programming language at the Microsoft Visual Studio 2008 platform.

In metal cutting operations, many approaches have been proposed to detect and monitor tool conditions for the prediction of cutting tool life. Many sensors have been used to detect tool conditions. In this study, control system has used to sensor signals to adjust the feed rate automatically by rotating the feed rate button on CNC machine. Indirect sensing technique was used for cutting tool condition monitoring in the study. During the milling operation, vibration and force signals were detected by using a vibration sensor and a load cell mounted on the machine table. The user interface of the developed system monitors the sensor signals coming from data acquisition and control board, and the control board adjusts the feed rate of milling operation by rotating a stepper motor. With a special mechanical part, the stepper motor has been coupled to

the feed rate button of the milling machine. The microprocessor PIC18F4523 of the data acquisition and control board is programmed in Basic compiler MikroBasic Pro for PIC. Data acquisition and control board is communicated with the user interface installed at a portable computer by using Ethernet communication.

Year : 2012

The number of pages : 102

Key words : Tool condition monitoring, tool wear, stepper motor, milling machine Tool status tracking, tool wear, stepper motor, speed control

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim ve bu tezin hazırlanması süresince gösterdiği yakın ilgi ve önerileri ile bana yol gösteren danışman hocam sayın Doç. Dr. Erdem UÇAR'a teşekkür ederim.

Doktora tez izleme komitemde yer alan değerli hocalarım Doç.Dr. Yılmaz KILIÇASLAN'a ve Yrd.Doç.Dr. Rafet AKDENİZ'e tezimin başarıyla tamamlanabilmesi için görüşleri ile bana yol gösterdikleri için teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen değerli meslektaşım elektronik mühendisi sayın Nail TÜREN'e teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmalarımı yürüttüğüm atelyede bana büyük destek sağlayan CNC tezgahlar konusunda uzman olan değerli eşim Yrd.Doç.Dr. İ.Savaş DALMIŞ'a ve bu atelyenin bulunduğu Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'na teşekkür ederim.

Koşulsuz sevgi ve destekleriyle her zaman yanımda olarak bana güç veren oğlum Başar DALMIŞ'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL DİZİNİ	viii
ÇİZELGE DİZİNİ	x
BÖLÜM 1	
1. GİRİŞ	1
1.1. Dolaylı yöntemlerde kullanılan algılayıcılar	4
1.2. CNC Tezgâhlarla İşleme	5
1.2.1. Devir ve ilerleme hızı hesabının yapılması	7
1.2.2. Takım aşınması	9
1.3. Titreşim ve akım durumu takibi	10
1.4. İvmeölçerler	11
1.5. Step (Adım) Motorlar	14
1.5.1. Step motor çeşitleri	15
1.5.1.1. Değişken relüktanslı (DR) step motorlar	16
1.5.1.2. Sabit mıknatıslı (SM) step motorlar	16
1.5.1.3. Hibrid (karışık yapılı) step motorlar	17
1.5.2. Step motorların çalışma prensibi	18
1.5.3. Step motorların uyarıtımı	19
BÖLÜM 2	
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	23
BÖLÜM 3	
3. MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1. MATERYAL	31
3.1.1. İş parçası özellikleri	31
3.1.2. Kullanılan kesici takımlar	32
3.1.3. CNC dikey işleme merkezi	34

3.1.4. Algılayıcılar	35
3.1.4.1. Titreşim Algılayıcısı	35
3.1.4.2. Esit TCS 2 Yük Hücresi	37
3.1.4.3. Fotoelektrik yaklaşım anahtarı	38
3.1.5. Step (Adım) Motor	39
3.1.6. Veri toplama ve kontrol kartı	40
3.1.6.1. Mikrodenetleyici PIC 18F4523	40
3.1.6.2. MikroBasic Pro for PIC	45
3.1.7. Microsoft visual studio 2008	51
3.2. YÖNTEM	58
3.2.1. Sistemin elektronik tasarımı	60
3.2.1.1. ULN 2003 entegresi	64
3.2.1.2. NE 4100T ethernet modülü	64
3.2.2. Sistem yazılımının tasarımı	66
3.2.2.1. PIC18F4523 mikrodenetleyici yazılımı	66
3.2.2.2. Kullanıcı ara yüzü yazılımı	68
3.2.3. Sistemin gerçek koşullarda uygulamalı testi	73
BÖLÜM 4	
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	77
ÖZGEÇMİŞ	79
KAYNAKLAR	80
TEZ SIRASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	88

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Takım durumu izleme yöntemleri	5
Şekil 1.2. İlerleme ve talaş kalınlığı	7
Şekil 1.3. Takım aşınması olayları	10
Şekil 1.4. Normal kesimde takım aşınma evreleri	10
Şekil 1.5. Step motor yapısı	16
Şekil 1.6. DR step motorun kesit görünüşü	16
Şekil 1.7. Dört fazlı SM step motorun kesit görünüşü	17
Şekil 1.8. Hibrid motor yapısı	17
Şekil 1.9. Tipik bir açık döngülü step motor sistemi	18
Şekil 1.10. Step motorun prensip şeması	19
Şekil 1.11. Unipolar step motorun çalışma prensibi	19
Şekil 1.12. Bipolar step motorun çalışma prensibi	20
Şekil 1.13. Bipolar ve unipolar step motorların hız-moment eğrileri	20
Şekil 2.1. Farklı takım durumlarında meydana gelen kuvvet dalga formları	24
Şekil 2.2. Deneysel düzenek modeli	25
Şekil 2.3. Mikro-frezeleme işleminde takımın hafif aşınması, orta aşınması ve şiddetli aşınması	25
Şekil 2.4. Opto-elektronığe dayanan takım aşınması takip sistemi	27
Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan iş parçası	32
Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan kesici takım ve takım tutucular	32
Şekil 3.3. Denemelerde 1. ve 2. takımını CNC freze tezgahına bağlamak için kullanılan takım tutucu 1	33
Şekil 3.4. Argo A85 CNC dik işleme merkezinin genel örünüşü	34
Şekil 3.5. CMCP420VT titreşim algılayıcısı	36
Şekil 3.6. CMCP420 VT titreşim algılayıcısının bağlantı şeması	36
Şekil 3.7. ESIT TCS2 2 tonluk yük hücresi	38
Şekil 3.8. Sick WT160-F182 yaklaşım anahtarı ve ayarlama seçenekleri	39
Şekil 3.9. Step motor	40
Şekil 3.10. PIC18F4523 mikrodnetleyicisinin pin fonksiyonları	41
Şekil 3.11. PIC18F4523 (40/44-PIN) blok diyagram	42

Şekil 3.12. MikroBasic Pro for Pic derleyicisi ekran görüntüsü	45
Şekil 3.13. Microsoft visual studio 2008	52
Şekil 3.14. Net platformunun bileşenleri	54
Şekil 3.15. Net tabanlı bir programın çalıştırılma evreleri	55
Şekil 3.16. VB.Net program geliştirme arabirimi	57
Şekil 3.17. Sistemin blok diyagramı	59
Şekil 3.18. Geliştirilen sistemin bileşenleri	59
Şekil 3.19. CNC makine üzerine monte edilmiş algılayıcılar	60
Şekil 3.20. Veri toplama ve kontrol kartı	61
Şekil 3.21. Elektronik kartın İsis programındaki devre şeması	61
Şekil 3.22. Elektronik kartın Ares programındaki üç boyutlu görünümü	62
Şekil 3.23. Osilatör bağlantı şeması	62
Şekil 3.24. Step motor ve ara eleman	63
Şekil 3.25. ULN2003 entegresinin pin çıkışları	64
Şekil 3.26. NE 4100t Ethernet modülü ve ayak bağlantıları	65
Şekil 3.27. NE 4100t modülünün blok diyagramı	65
Şekil 3.28. Mikrobasic dilinde yazılan projenin bir kısmı	66
Şekil 3.29. Otomatik kontrol sisteminin akış diyagramı	67
Şekil 3.30. Form1 sınıfı üyelerinin bir kısmının görünümü	68
Şekil 3.31. Form1sınıfında tanımlanan metotların bir kısmının görünümü	68
Şekil 3.32. Geliştirilen sistemin kullanıcı ara yüzü ekranı	69
Şekil 3.33. NPort Windows Driver Manager ekranı	69
Şekil 3.34. Windows Form1'in tasarım ekran görüntüsü	70
Şekil 3.35. Çözüm gezgini penceresi	71
Şekil 3.36. Metotlara ait program kodlarının bulunduğu kod penceresi	71
Şekil 3.37. Geliştirilen projede kullanılan nesnelerden bir kısmı	72
Şekil 3.38. Denetim elemanlarından biri olan Groupbox2 nesnesi ve özellikleri	72
Şekil 3.39. Titreşim ve kuvvet sinyallerinin kaydedildiği veritabanı	73
Şekil 3.40. Deneysel çalışmalar esnasında sistemin görüntüsü	73
Şekil 3.41. Deneysel çalışmalarda işlenen iş parçası	74
Şekil 3.42. Deneysel çalışmalarda kullanılan yeni ve ömrünü tamamlamış aşınmış sert maden kesici uç	75

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1. Unipolar step motorun tek fazlı sürülmesi	21
Çizelge 1.2. Unipolar step motorun 2 fazlı-tam adım sürülmesi	21
Çizelge 1.3. Unipolar step motorun 2 fazlı-yarım adım sürülmesi	21
Çizelge 1.4. Bipolar step motorun sürülmesi	22
Çizelge 3.1 Denemelerde kullanılan iş malzemesinin kimyasal özellikleri	31
Çizelge 3.2. Kesici takımların teknik özellikleri	33
Çizelge 3.3. Denemelerde kullanılan kesici (sert maden) uçların teknik özellikleri	34
Çizelge 3.4. Argo A85 CNC dik İşleme merkezi teknik özellikleri	35
Çizelge 3.5. CMCP420VT titreşim transdüserinin teknik özellikleri	37
Çizelge 3.6. Yük hücresinin teknik özellikleri	38
Çizelge 3.7. Araştırmada kullanılan yaklaşım anahtarının teknik özellikleri	39
Çizelge 3.8. Araştırmada kullanılan step motorun teknik özellikleri	39
Çizelge 3.9. PIC18F4523 özellikleri	44
Çizelge 3.10. Değişken tipleri ve özelliği	47
Çizelge 3.11. MikroBasic’de kullanılan operatörler ve öncelikleri	50
Çizelge 3.12. MikroBasic’de kullanılan aritmetik operatörler	51
Çizelge 3.13. İlişkisel operatörler	51
Çizelge 3.14. Step motorun tam adım sürülmesi	63
Çizelge 3.15. Denemelerde kullanılan kesme koşulları	75
Çizelge 4.1. Titreşim alt ve üst limit değerleri	78

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde disiplinler arası çalışmaların önemi her geçen gün artmaktadır. Teknolojik gelişmeler disiplinler arası çalışmaları zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluk hemen hemen tüm disiplinlerde bilgisayar bilimlerine ihtiyaç duyulmasından kaynaklanmaktadır. Bunun bir örneği de her geçen gün makine sektörünün temel imalat araçları durumuna gelen CNC tezgahlardır. Yüksek yatırım maliyetlerine sahip bu tezgahların verimli kullanılması makine disiplininin önemli sorunlarından birisidir. Bu sorunun, bilgisayar bilimleri ve elektronik disiplinlerinin katkıları olmadan çözilemeyeceği bir gerçektir.

Bu çalışmada bilgisayar, elektronik ve makine disiplinlerini kapsayan bilgisayar destekli bir kontrol sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem, CNC tezgahların daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır. Operatörlerin CNC tezgahların verimli kullanılmasında önemli bir etken olduğu bilinmektedir. Geliştirilen sistem ile CNC tezgah operatörünün etkisini ve dolayısıyla da operatör hatasından kaynaklanacak kayıpları minimuma indirmek ve iş parçasının yüzey kalitesini ve toleranslarını bozmadan kesici takımın verimli bir şekilde kullanılmasıyla üretim maliyetlerini azaltmak mümkün olacaktır.

CNC tezgahlar saatlik ücretlerle çalışmaktadırlar ve maliyetleri yüksek makinelerdir. Özellikle kullandıkları kesici takımlar ve uçlar işletme maliyetini arttıran temel unsurlardır. Bu noktada CNC takım tezgahlarında takım ve işletme maliyetlerini düşürebilmek için araştırmacılar sürekli deneysel çalışmalar yapmaktadırlar. Fakat bu araştırmalar çoğunlukla makinelerin takım yolları, ilerleme hızları ve devir sayılarının belirlendiği CAM programlarında tanımlanacak olan optimum değerlerin saptanması için yapılmaktadır. Yapılan literatür taramalarından da anlaşılacağı üzere ilk kez bu araştırmada üniversal olarak farklı markalardaki CNC takım tezgahlarında kullanılmak üzere tezgahı izleyen ve denetleme yapabilen bir sistem tasarlanmıştır.

CNC operatörlerinin eğitim müfredatlarına bakıldığında teorik olarak imalat bilgisini aldıkları görülmektedir. Ancak öğrendiklerini sektörde kullanılan CNC tezgahlar üzerinde yeterli sayıda işleme yapma şansları bulamadıkları için özellikle de

kesme hızı, ilerleme hızı ve devir gibi işleme şartları konularında sorunlar yaşamaktadırlar.

İşletmelerin CNC operatör ilanlarına bakıldığında tecrübeli ve nitelikli elemanlar aradığı görülmektedir. Yeni mezun bir operatörün tecrübe sahibi olabilmesi için tezgahta yeterince deneme yapması gerekir ki bu da pek mümkün olamamaktadır. Geliştirilen sistemin uygulama bilgi ve tecrübesi olmayan CNC operatörlerinin bu sorunlarına çözüm olacağı düşünülmektedir.

Metal kesme işlemleri modern üretim sürecinde çok önemli bir role sahiptir. İş parçaları yüksek ölçü doğruluğunda ve istenilen yüzey kalitesinde işlenmelidir. En yaygın metal kesme işlemleri tornalama, frezeleme, delme ve taşlamadır. 1950'lilerin ortalarına kadar yüksek oranda kalifiye işgücüne dayanan bu metal kesme işlemlerinde, kısa zamanda verimi arttıran ve maliyeti düşüren otomatik işleme süreçleri insan operatörlerin yerini almıştır. Zamanla önce büyük işletmelerde daha sonra da geleneksel atölyelerde otomatik metal kesme işlemlerinin yaygınlaşmasıyla üretim maliyetleri düşürülmüş, üretim ve ürünün kalitesi de arttırılmıştır. Ancak işleme durumlarında bozulmalar meydana geldiği için üreticiler sık sık işlemeye ara vermek zorunda kalmışlardır [1].

Tezgahın işleme yapamadığı durumların yaklaşık %20 sine takım hatası sebep olduğu ve takım aşınması işlenen parçanın boyutlarını ve yüzey kalitesi doğruluğunu negatif olarak etkilediği için, takım durumunun izlenmesi alanında araştırmalar yapılmaktadır [2].

Doğru ve güvenilir bir takım durumu izleme sistemi (TCM) tezgahın kesme hızını %10-50 oranında arttırabilir, takım yüzünden işleme yapılamayan zamanları azaltabilir ve toplamda %10 ile %40 arasında bir tasarruf yapılmasını sağlar [3]. Takım ömrünü tahmin eden ilk geleneksel yöntemlerde Taylor denklemi kullanılmıştır:

$$VT_n = C \quad (1.1)$$

Taylor bu eşitlikte **V** ile kesme hızını ve **T** ile takım ömrünü ifade etmiştir [1]. Eşitlikteki **n**, öncelikle takım malzemesine bağlı, fakat aynı zamanda iş parçası malzemesinden, kesme şartlarından ve ortamdan etkilenen bir katsayı, **C** ise özellikle ilerlemeyi ihtiva eden tüm girdi parametrelerine bağlı bir sabittir. Aynı zamanda **C**

takım ve parça malzemesine bağı olan bir dakikalık ömre karşılık gelen kesme hızıdır [4].

Otomatik kesme işlemlerinin daha da geliştirilmesiyle CNC teknolojisi ortaya çıkarılmıştır. Operatörsüz işleme yani “akıllı CNC” denilen tezgahlarda kesici takımın ne zaman değiştirileceğinin bilinebilmesi için takım ömrünün bilinmesi gereklidir [5]. Araştırmacılar takım ömrünü tahmin etmek için çeşitli sensör-tabanlı teknoloji ve sinyal işleme teknikleri geliştirmişlerdir ve bu alanda çalışmaları hala devam etmektedir.

Sensör-tabanlı üretim teknolojilerinin kullanılması ürünün kalitesinin iyileştirilmesi ve üretim zamanının kısaltılması açısından çok önemlidir. Aşınmış bir takım otomatik olarak algılandığında iş parçasının toleransları aşılmamış olacaktır. Bu sistemlerde her bir sensör veya sensör grubu ve yazılımları belirli bir işleme durumuna göre dikkatli bir şekilde kalibre edilmelidir. Çünkü tezgahların, takımların, işlenecek malzemelerin, hızların, soğutma sistemlerinin ve kesme yollarının çeşitliliği doğrudan işleme şartlarını etkilemektedir [6].

Frezeleme işlemlerinde aşınmış takım, işlenmiş parçanın hem maliyetini hem de kalitesini etkilemektedir. Eğer bir takım çok hızlı aşınıyorsa takım maliyeti artar. Takımın beklenmeyen bir anda bozulması ya da değiştirilmesi gereken zamandan önce aşınması kabul edilemeyen bir yüzey kalitesine, toleranslara ve de iş parçasının zarar görmesine sebep olabilir [5].

Verimli bir takım aşınması takip sistemi takımların iyi koşullarda kalmasını sağlayabilir ve takım aşınmasını algılayabilir. Takımın aşınmışlık durumunu tespit eden birçok yöntem geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam etmektedir. Bu yöntemler algılayıcılardan toplanan sinyallerin kaynağına bağı olarak, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Doğrudan yöntemlerde optik ölçme, elektriksel direnç ve radyoaktif ışıma yöntemleri ile takım doğrudan ölçülerek aşınmışlık durumu tespit edilir. Bu yöntemde takım yan kenar (flank) veya krater derinliği ölçülür. Dolaylı yöntemlerde ise takım durumu, kesme işlemi esnasında meydana gelen ve değişen akustik emisyon, ses titreşimleri, iş mili ve feed motor akımı, kesme kuvvetleri ve işleme titreşimleri gibi ikincil etkiler ölçülerek algılanır. Takımın doğrudan ölçülebilmesi için işleme sürecine ara verilmesi bu yöntemin bir dezavantajı olmasına rağmen bu yöntem daha güvenilirdir [6]. Yapılan deneysel çalışmalar optik ölçme

yöntemi ile takım aşınmasının 0.1mm tamlıkta ve 1.7 saniye işlem süresinde algılanabildiğini göstermiştir [7].

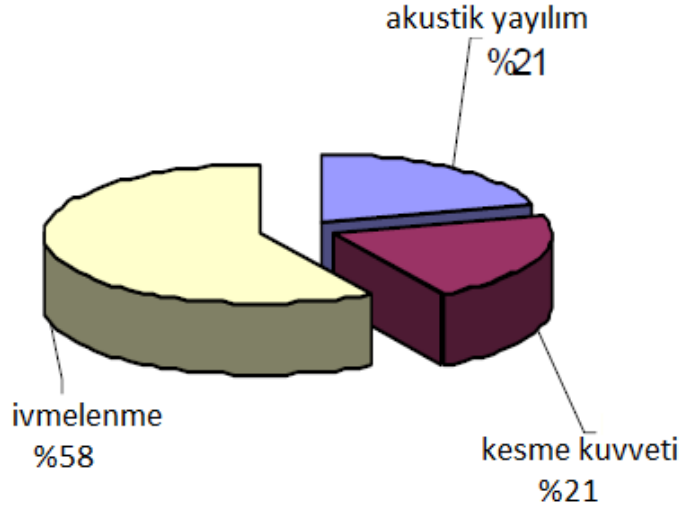
1.1. Dolaylı yöntemlerde kullanılan algılayıcılar

Takım aşınmasının kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlerin değişiminden meydana gelen ses bilgisi ile bağlantısı olduğu kesin olarak bilinmektedir. Sınırlı sayıda algılayıcı dolaylı algılama sistemlerine adapte edilebilmiştir. En yaygın olarak kullanılan algılayıcı kesme sürecindeki kuvvetleri ölçen dinamometredir [8, 9, 10]. Ancak dinamometre, maliyetinin yüksek olması ve de aşırı yüklenmeye karşı koruma sağlayamamasından dolayı pratik uygulamalarda kullanılmamaktadır [11].

Akustik emisyon (AE) algılayıcısı ise çalışmalarda sıkça kullanılan diğer bir algılama teknolojisidir [12, 13]. Fakat gürültü almasından dolayı bu sensörün de kullanımı sınırlıdır [14]. Bazı çalışmalarda takım durumu takip sistemlerini iyileştirmek için çoklu-algılayıcı teknikleri kullanılmaktadır [15, 16, 17].

Torna ve freze tezgahlarında talaş kaldırma işlemleri en çok incelenen işleme biçimleri olup takım aşınması, titreşim, takım kırılması ve takım geometrisi en yaygın olarak ele alınan konulardır. Bu konularla ilgili yapılan deneylerde ivmelenme(%58), kesme kuvvetleri(%21) ve akustik yayılım(%21) ölçümleri en çok tercih edilen takım durumu izleme yöntemleridir (Şekil 1.1) [18].

Talaş kaldırma işlemlerinde temel amaç; kesici takımın yüksek performansla istenilen özelliklerde, maksimum takım ömründe talaş kaldırabilmesidir. Kesici takımdan beklenen bu davranışlar sonunda takımın kullanılamaz duruma gelmeden önce operatörün uyarılması son derece önemlidir. Kullanılan algılayıcıların ve kullanılan yöntemlerin uluslararası standartlarda olmasına rağmen henüz endüstrinin isteklerine tam olarak cevap verebilecek bir takım durumu izleme modeli oluşturulamamıştır, bununla birlikte bu alanda araştırmaların yoğun olarak devam ettiği görülmektedir [19].



Şekil 1.1. Takım durumu izleme yöntemleri [18]

1.2. CNC Tezgahlarla İşleme

CNC terimi Computer Numerical Control kelimelerinin baş harflerinden oluşup, bilgisayarlı sayısal kontrol anlamına gelmektedir. Bu kontrol sistemi makinelerin tüm hareket ve çalışma koşullarını üzerinde bulunan bilgisayar sistemi ile kontrol etmektedir. CNC kontrol ünitesini üzerinde bulunduran makinelere da genel olarak CNC denmektedir. Bu çalışmada bir CNC kontrol ünitesi ile kontrol edilen Argo marka dikey işleme merkezi kullanılmıştır. Bu tip makinelere sanayide kısaca CNC freze denmektedir.

CNC tezgahlar ağırlıklı olarak ISO kodları denilen standart G ve M kodları yardımı ile programlanırlar. Bu programlar programcılar ya da operatörler tarafından el ile direkt ya da diyalog (soru/cevap) yöntemi ile tezgah kontrol ünitesinden yazılmaktadır. Özellikle büyük ve karmaşık geometriye sahip parçaların programları ise CAM (Bilgisayar Destekli Üretim) programı adı verilen özel yazılım programları ile programcılar tarafından hazırlanmaktadır. Bu programlarda kesici takımın parça üzerinde izleyeceği yol, kaldıracığı talaş miktarı, kesici takım devir sayısı ve ilerleme hızı tanımlanmaktadır.

CNC ile işlemede, takım aşınması işlenen iş parçasının fiyatını ve kalitesini etkilediği için önemli bir değişkendir. Kesme şartlarına göre ne kadar aşınma olacağı kestirilebilir. Eğer takım çok çabuk aşınırsa takım maliyeti çok fazla olur. Eğer takım aniden körleşirse veya değiştirilmesi gereken zamandan önce işe yaramaz hale gelirse,

kabul edilemeyecek yüzey kalitesine, toleranslara ve hatta iş parçasının bozulmasına sebep olur [5].

Takım tezgahlarında devir ve ilerleme hızı, malzeme ve kesici takım karakterine göre değişir. Sert malzemelerde devir ve ilerleme hızı düşer yumuşak malzemelerde ise artar. Kullanılan devir doğrudan kesici takım ömrüne etki eder ilerleme hızı ise işleme zamanına etki eder. Her ikisi de doğrudan iş maliyetini etkiler. Bu sebeple rekabet içerisinde olan işletmeler iş maliyetini düşürmek ve işleme zamanını kısaltmak için devir ve ilerleme hızına çok önem vermektedir.

İlerleme hızı kesici takımın bir dakikada iş parçası üzerinde talaş kaldırarak aldığı doğrusal yolu ifade eder. Sembölü F (feed rate) ve birimi mm/dk dır.

$$F = fz \times z \times n \quad (1.2)$$

Burada;

F : İlerleme hızı (mm/dk)

fz : Bir kesici ağızın devir başına ilerlemesi (mm/dev)

n : Devir sayısı (dev/dk)

z : Kesici ağız sayısı

Kesme hızı (V_c) ise bir çevresel hız olup kesici takım üzerindeki bir noktanın dakikada metre cinsinden aldığı yolu ifade eder (m/dk). Formülü incelendiğinde devir sayısı ile doğru orantılı olduğu görülür.

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad (1.3)$$

Burada;

V_c : Kesme hızı (m/dk)

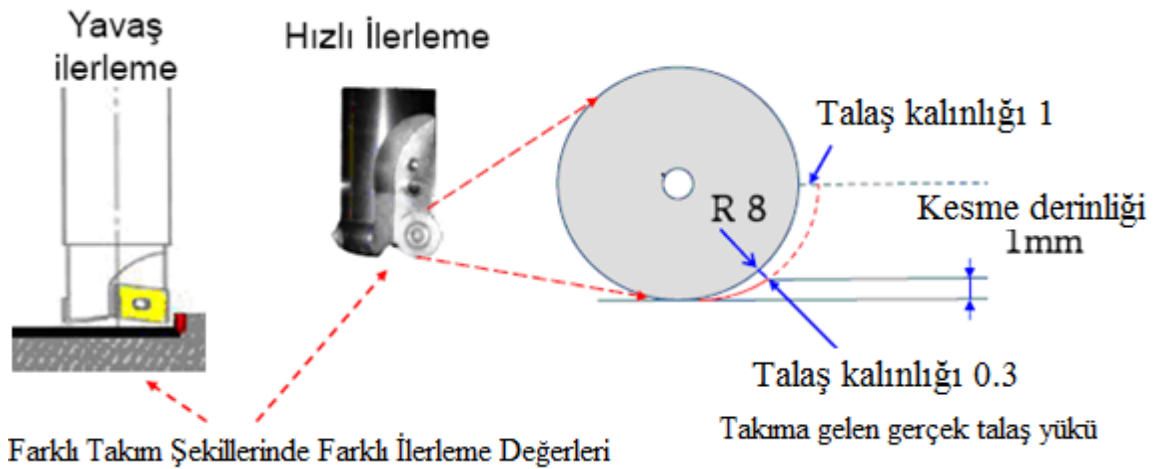
D : Kesici takım çapı (mm)

n : Devir sayısı (dev/dk)

İşlenilecek malzemeye verilecek devir ve ilerleme hızını etkileyen birçok faktör vardır: kullanılan kesici takım, soğutma sıvısı, işlem süresi, işlem sırası vs...

Teknik formüllerle bulunan devir ve ilerleme hızı günümüz sanayi şartlarında yeterli olmamaktadır. Bulunan devir ve ilerleme hızı için nitelikli malzeme analiz kataloğu ve kesici takım kataloğu edinilmesi gerekir. Yani günümüzde artık malzemeler belli bir standarda göre değil ihtiyaca göre imal edilmektedir. Bu sebeple sanayide çok geniş bir alaşım sınıfı vardır. Bu yeni alaşımları diğer malzemelerle kıyaslamak pek mümkün değildir. Diğer bir konu ise kesici takımlardır. Günümüzdeki takım firmaları çok geniş bir takım teknolojisi sunmaktadırlar. Ayrıca bunları tokluk ve aşınma dayanımına göre gün geçtikçe geliştirmektedirler. Bunların çok iyi takip edilmesi gerekmektedir.

Talaş (kesme) derinliğinin (ap) takım ömrüne az etkisinin olduğu, ilerlemenin (fz) kesme hızından sonra takım ömrünü etkileyen önemli faktör olduğu belirtilmiştir. Yapılan araştırmalar neticesinde takım ömrünü etkileyen en önemli faktörün kesme hızı (Vc) olduğu ispatlanmıştır. Kesme hızının gereğinden fazla veya az kullanılması ucun bozulmasına ve kötü yüzey kalitesine yol açar [21]. Şekil 1.2’de ilerleme hızı ile talaş kalınlığı arasındaki bağıntı görülmektedir.



Şekil 1.2. İlerleme ve talaş kalınlığı [20]

1.2.1. Devir ve ilerleme hızı hesabının yapılması

Örnek: 20 mm çapında kesici takım ile frezeleme yapılmak istenirse ve kesici uç kutusunda kesme hızı $V_c=100\text{m/dak}$ olarak verilmişse, tezgaha verilecek devir şu şekilde bulunur:

$$V_c=100 \text{ m/dak}$$

$$d=20 \text{ mm}$$

$$n=(V_c \times 1000) / (3,14 \times d)$$

$$n=100 \times 1000 / 3,14 \times 20$$

$$n=1592 \text{ devir/dakika}$$

CNC operatörü tezgahı bu devire veya en yakın değere ayarlamalıdır.

Örnek: $f_z=0,1 \text{ mm/devir}$, $V_c=100 \text{ m/dak}$, takım çapı $d=32 \text{ mm}$, kesici diş sayısı $z=4$ ise ilerleme hızı şu şekilde hesaplanır:

$$n = (V_c \times 1000) / (3,14 \times d) \text{ devir/dakika}$$

$$n = 995 \text{ devir/dakika}$$

$$F = n \times z \times f_z \text{ mm/dakika}$$

$$F = 995 \times 4 \times 0,1$$

$$F = 398 \text{ mm/dakika}$$

Tezgah titreşim yapmaya müsait yapıda ise bu değerler tecrübeler doğrultusunda çıkan talaşa, sese ve yüzey kalitesine göre değiştirilmelidir [21].

Tecrübeli bir operatör en iyi kesme şartlarını saptayabilir. Ayrıca aşınmanın seviyesini kestirmek için görsel ve işitsel ipuçlarını değerlendirerek kesme sürecini takip edebilir. Modern metal kesme işlemleri, işleme parametrelerine önem verilmeksizin otomasyonlaşmaya devam ederken, aşınmayı tahmin etmek için gelişmiş bilgisayar–tabanlı yöntemlere gereksinim duyulduğu ortaya çıkmıştır. Sağlam ve güvenilir bir TCM (Tool Condition Monitoring-Takım Durumu İzleme) sistemi ihmal edilmiş işleme parametrelerini dikkate alarak talaşlı imalatındaki verimliliğini arttıracaktır. Bu sebeple otomatik TCM yöntemleri üzerinde birçok araştırma devam etmektedir.

Takım kaynaklı makina duruş süresi %20 civarında olduğu için, takım aşınmasının takibi alanında önemli araştırmalar yapılmıştır. Takım aşınması parçanın boyutları ve bitiş-yüzey bütünlüğü gibi iş parçasının kalitesine negatif olarak etki eder [2].

Doğru ve güvenilir bir takım durumu izleme sistemi, kesme hızını %10-%50 arttırır, makinanın atıl kalma süresini azaltır ve %10 ile %40 arasında genel bir tasarruf artışı sağlar [3].

Hali hazırda kullanılan TCM yöntemleri keskin bir takım ile birkaç parçanın kesimi esnasında kaydedilen güç değerleri kullanılarak öğretim sürecine dayanan ayarlı güç eşiği sınırlarını kapsamaktadır. Bu yöntemler çoklu parçaların işleneceği zaman faydalıdır. Fakat bu yöntemler bir veya iki parçanın yapılacağı baskı kalıbı veya geniş enjeksiyon kalıpları gibi parçalarda iyi sonuç vermezler. Bu gibi parçalarda meydana gelecek bir hata pahalıya mal olabilir. Bu sebeple ilk parçanın takip edilebilmesi kazanç sağlar.

Bazı TCM çalışmalarında iş mili motor gücü ölçülerek kalibre edilen kesme kuvvetleri modeli kullanılmaktadır. Güç modeli kalibrasyon katsayıları takım aşınmasının tahmin edilmesini sağlar ve de aşınmanın tipi ile ilişkili olabilir. Model katsayıları parçanın işlenmesi esnasında gücün ölçülmesiyle güncellenebilir. Böylelikle talaş kalınlığında yeterli değişkenlik sağlanabilir. Veya makine çevrimdişiyken her zamanki standart işlemler ile kalibrasyon yapılabilir.

Sarmal düz uçlu işlemlerle ilgili çok sayıda deney yapılmıştır. Yüksek hızlı çelik (HSS) ve karbür takımlarla AISI (American Iron and Steel Institute) 1018 karbon çeliği ile işlemler yapılmıştır. Belirli aralıklarda model katsayılarını kalibre etmek için iş mili motor gücü kullanılmıştır. Genel olarak yan aşınma baskın durumdayken takım bozulmasındaki güç yüzdesi artışı daha fazla olmaktadır. Takım aşınmasının tahmini iki model katsayılarının ağırlıklı kombinasyonuna dayanarak yapılmaktadır. Böylelikle yonga ve yan aşınma (yüzey temizleme) birleşiminden bağımsız bir eşik belirlenmiş olmaktadır.

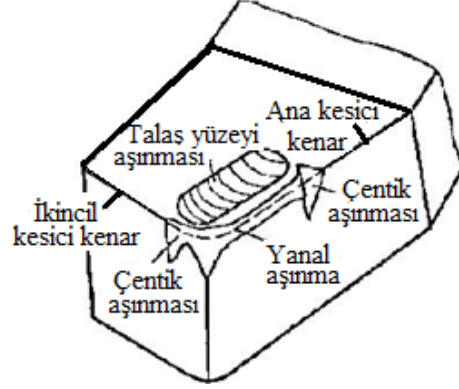
1.2.2.Takım aşınması

Mevcut TCM sistemleri nihai güç yüzdesi artışının bilinmesi ve tekrarlanabilmesi varsayımına dayanmaktadır. Mevcut TCM sistemlerini geliştirmek için yanal aşınmasına ilaveten talaşlamanın tanımlanabilmesi ve beklenmedik problemlere tepki verebilme yeteneği sisteme ilave edilmelidir. Takım aşınmasına sebep olan fiziksel etkileşimler şunlardır:

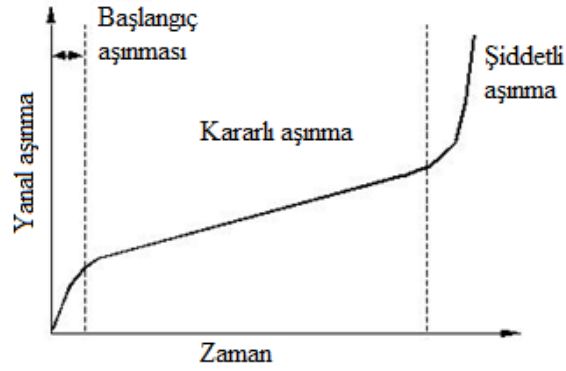
1. Yıpranma (Sürtünme), (abrazif)
2. Yapışma (çekme), (adheziv)
3. Difüzyon
4. Oksitlenme

5. Yorulma

Şekil 1.3 ve Şekil 1.4’de takım aşınma olayları ve takım aşınma grafiği görülmektedir [22].



Şekil 1.3. Takım aşınması olayları



Şekil 1.4. Normal kesimde takım aşınma evreleri

1.3. Titreşim ve takım durumu takibi

Takım durumunu izlemenin en iyi yollarından birisi operatörün kendi kulağı ile işleme esnasında çıkan makine sesini kontrol etmesidir. Takım aşınırken sesteki artış ile birlikte titreşimler de artar. TCM sistemlerinde titreşim algılayıcıları başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat bu algılayıcıların nereye bağlanacağı da bir sorundur. Titreşim algılayıcıları için ana uygulama kırılan takımın algılanması ve düzensiz titreşimlerin teşhisidir [23].

Birçok sistem, kuvvet ölçümlerini yapmak için yaygın olarak bilinen Kistler kuvvet dinamometresini kullanmaktadır. Kistler kuvvet dinamometresi ile elde edilen sinyalin, frekans sahası analizleri yapılarak takımın kırıldığını algılayan bir sistem geliştirilmiştir [24].

Thrusty and Tarnag kuvvet algılayıcılarının yerine titreşim ve ivmeölçerleri kullanan bir sistem sunmuşlardır [23]. Ayrıca yüksek frekans içeriğinin düşük frekans içeriğine oranını değerlendirerek takımın kırıldığını algılayan ivmeölçerli bir sistem geliştirilmiştir [25]. Diğer sistemler titreşimleri analiz etmek ve aşınmayı takip etmek için dalgacık dönüşüm (wavelet analiz) yöntemini başarıyla kullanmışlardır [26].

Titreşim algılayıcısının monte edileceği en iyi yer iş parçasıdır. Fakat burası pratikte uygun bir yer değildir. Algılayıcı makine yatağına monte edilirse, kesici mesafesi değiştikçe kaydedilen titreşimlerin yoğunluğunda da değişimler olabilir. İvmeölçerlerin tabla veya iş mili gibi yerlere monte edilmesi, titreşim sinyallerinin iyi aktarılmadığını göstermiştir. Titreşimlere ilgisizliğin nedeni, takımın rahat işleme yapabilmesi için ivmeölçerlerin kesim alanının yakınına monte edilmesinin zor olmasından kaynaklanmaktadır [3]. Bu görüş ışığında ivmeölçerlerin iş parçasına monte edilmesi halinde etkin bir TCM sistemi gerçekleştirilmiş olunacaktır. Başka bir çalışmada temaslı mikrofon kullanılarak iş milindeki hal değiştirmelerin oldukça iyi bir şekilde gözlemlendiği görülmüştür [5].

1.4. İvmeölçerler

CNC makinelerde takım aşınmalarının saptanması için yaygın olarak kullanılan algılayıcılardır. Piezoelektrik ivmeölçerler iki kategoriye ayrılır:

ICP (Integrated Circuit Piezoelectric) İvmeölçerler: İçerilerinde entegre devre bulunur. Sinyal şartlandırma işini yapan bu devreler, ölçüm cihazına elektrik yükünü gerilime (voltaj) dönüştürerek gönderir. Gerilimi taşımak daha kolay ve verimlidir.

Şarj çıkışlı (Charge Output) İvmeölçerler: İçerilerinde entegre devre yoktur ve veriyi ölçüm cihazına elektrik yükü (coulomb) olarak gönderirler. Bu ivmeölçerler termal çevrim gereksinimlerinde veya var olan yük amplifikatörü sinyal iyileştirme ekipmanları ile birlikte kullanılır. Bu ivmeölçerler 482 °C gibi çok yüksek sıcaklıklarda bile çalışabilirler.

Kolay kullanımı ve düşük maliyeti nedeniyle genellikle ICP ivmeölçerler, şarj tipi ivmeölçerlere göre daha çok tercih edilirler. ICP ivmeölçerlerin içerisindeki elektronik devre olduğundan yüksek sıcaklıklarda kullanılamazlar.

Aşağıda çeşitli alanlarda kullanılan bazı genel amaçlı ivmeölçerlerin özellikleri verilmiştir [27]:

a. Hassas kuvars icp ivmeölçerleri

Bu ivmeölçerler temel olarak aktif, elverişsiz ortamlarda kararlı işlemleri yapabilen küçük, hafif, yüksek duyarlılıklı titreşim algılayıcıları talebini karşılar. Tasarımda kuvarsın üstün yetenekleri, yerleşik mikro elektronik sinyal iyileştirme çevrimi, makaslama tarzı (shear mode) algılama geometrisi, hafif titanyum ve lazer kaynaklı yapımdan yararlanılır. Aşağıda bu tip ivmeölçerlerin kullanıldığı yerlere örnekler verilmiştir:

- Rutin titreşim ölçümleri
- Ürün testleri
- Yapısal testler
- Elverişsiz çevre koşullarındaki testler
- Tahrik yanıt ölçümleri
- Titreşim kontrolü

b. Seramik icp ivmeölçerler

Yüksek duyarlılıklı piezo-seramik algılama elementleri ile yapılan seramik ICP ivmeölçerler mükemmel sinyal-gürültü oranı ile yüksek ölçüm çözünürlüğüne sahiptir ve düşük seviyede titreşim ölçümleri için idealdir. İçsel yüksek duyarlılıktan dolayı, seramik ICP ivmeölçerler, karşılaştırılabilir kuvars birimlerinden daha küçük kütle ile birleştirilebilir. Sonuçta algılayıcılar hafif ağırlık ile daha yüksek frekans yanıtı ve düşük gürültü sağlar. Aşağıda bu tip ivmeölçerlerin kullanıldığı yerlere örnekler verilmiştir:

- Düşük genlikli titreşim ölçümleri
- Yüksek frekanslı titreşimler
- Kütle yükleme etkisini minimize etmek

c. ICP ve yük çıkışlı üç eksenli ivmeölçerler

Üç eksenli ivmeölçerler, üç ortogonal yönde titreşim veya şok olarak ölçüm yapar. Şarj çıkışlı üç eksenli ivmeölçerler 254 °C sıcaklıktaki elverişsiz çevre koşullarında çalışabilir. Aşağıda bu tip ivmeölçerlerin kullanım alanları verilmiştir:

- Eş zamanlı x, y ve z eksenlerinde ölçümler
- Motor titreşim ve NVH çalışmaları
- Araç testleri

d. Şok ivmeölçerleri

Şok ivmeölçerler yüksek genlikte kısa süreli geçici ivmeleri ölçmek için özel olarak tasarlanmıştır. Aşağıda bu tip ivmeölçerlerin kullanıldığı yerlere örnekler verilmiştir:

- Uzay araçlarındaki ayrılmalar
- Balistik testler
- Patlayarak şekil verme

f. Sismik icp ivmeölçerler

Sismik ivmeölçerler çok düşük seviyedeki frekansların belirlenmesi için özel olarak tasarlanmıştır. Düşük frekans titreşimleri çok büyük yapılar ve yeryüzü sarsıntıları ile ilgilidir. Bu tip algılayıcıların ölçüm duyarlılığı oldukça iyidir. Aşağıda bu tip ivmeölçerlerin kullanıldığı yerlere örnekler verilmiştir:

- Bina titreşimini görüntüleme
- Deprem belirlenmesi
- Köprülerin yapısal testleri
- Zemin titreşimini belirleme

g. Ekstrem çevresel koşullarda çalışan icp ivmeölçerleri

Farklı çevresel koşullar için üretilmişlerdir. -1000°F ile +3250°F arası termal çevrimlerde ve -3200°F gibi kriyojenik uygulamalarda kullanılırlar. Aşağıda bu tip ivmeölçerlerin kullanıldığı yerlere örnekler verilmiştir:

- Yüksek sıcaklık
- Kriyojenik sıcaklık
- Kalite Güvence Testleri (HALT, HASS, ESS)
- Termal gerilim tespiti

h. Kapasitif ivmeölçerler

Tek eksenli ve üç eksenli kapasitif ivmeölçerler düşük frekans titreşimi ve uniform, statik ivmeyi ölçer. DC frekans yanıt yeteneğine sahiplerdir. Aşağıda bu tip ivmeölçerlerin kullanıldığı yerlere örnekler verilmiştir:

- Uniform ivme ölçümleri
- Düşük frekanslı titreşim analizi
- Otomatik sürüş kalite değerlendirilmesi
- Robot bilimi

1.5. Step (Adım) Motorlar

Araştırmada CNC makinenin ilerleme hızı kontrolü için bir step motor kullanılacaktır.

Açısal konumu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara step motorları denir. Step motor, elektrik enerjisini dönme hareketine çeviren elektromekanik bir cihazdır. Step motorlar belirli adımlarla hareket ederler. Bu adımlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Herhangi bir uyarımda, motorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorun yapısına bağlı olarak 90°, 45°, 18°, 7.5°, 1.8° veya daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir. Step motorlarının dönüş yönü uygulanan sinyallerin sırası değiştirilerek saat ibresi yönü (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) olabilir [28]. Step motorlar, çok yüksek hızlı anahtarlama özelliğine sahip bir sürücüye bağlıdır.

Step motorların hangi yöne doğru döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerler mikroişlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilir. Dolayısıyla step motorların hızı, dönüş yönü ve konumu her zaman bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı step motorlar çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde kullanılırlar [29].

Step motorların yaygın kullanım alanı bulmasının nedeni bu motorların bazı avantajlara sahip olmasıdır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Motorun hareketlerinde konum hatası yoktur.
2. Geri beslemeye ihtiyaç göstermezler. Açık döngülü olarak kontrol edilebilirler.
3. Step motorlar dijital bilgiyi işlerler. Bu nedenle mikroişlemci veya bilgisayarlarla kontrol için ideal elemanlardır.
4. Mekanik yapısı basit olduğundan bakım gerektirmezler.
5. Herhangi bir hasara yol açmadan defalarca çalıştırılabilirler.

Step motorlarının bu avantajları yanında bazı dezavantajları da vardır. Bu dezavantajlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

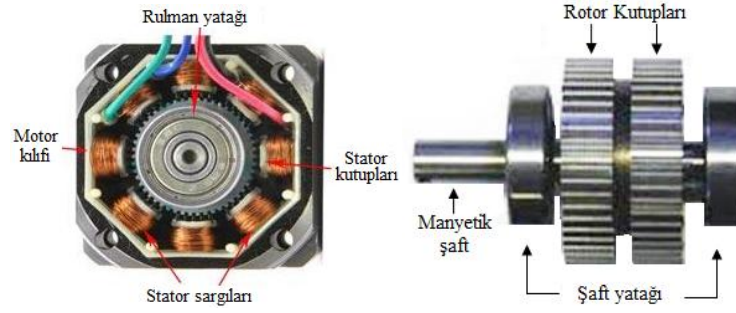
1. Aşırı yükler, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana getirirler.
2. Elde edilebilecek güç ve moment sınırlıdır. Isındığında verimleri düşer.
3. Adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil darbelidir.
4. Yüksek atalet momentli yüklerde yetenekleri sınırlıdır.
5. İyi kontrol edilmediğinde rezonans meydana gelebilir.
6. Yüksek hızlarda çalıştırmak zordur.

Step motorları, bir motor turundaki adım sayısı ile anılır. Örnek olarak 400 adımlık bir step motor, bir tam dönüşünde (tur) 400 adım yapar. Bu durumda bir adımın açısı $360/400 = 0,9$ derecedir. Bu değer, step motorun hassasiyetinin bir göstergesidir. Bir devirdeki adım sayısı yükseldikçe step motor hassasiyeti ve dolayısı ile maliyeti artar.

Step motorlar, yarım adım modunda çalıştıklarında hassasiyetleri daha da artar. Örnek olarak 400 adım/tur değerindeki bir step motor, yarım adım modunda tur başına 800 adım yapar. Bu da 0,9 dereceye oranla daha hassas olan 0.045 derecelik bir adım açısı anlamına gelir [30].

1.5.1. Step motor çeşitleri

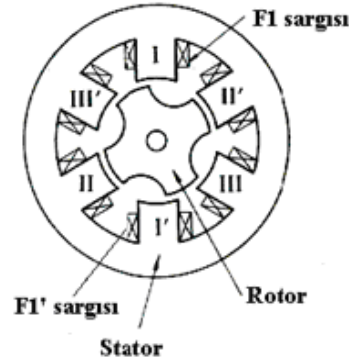
Step motorlar değişken relüktanslı (DR), sabit mıknatıslı (SM) ve hibrid (karışık yapılı) step motorlar olmak üzere üçe ayrılırlar. Şekil 1.5’de step motorun içyapısı görülmektedir.



Şekil 1.5. Step motor yapısı

1.5.1.1. Değişken relüktanslı (DR) step motorlar

Değişken relüktanslı step motor en temel step motor tipidir. Bu motorların temel prensiplerinin daha iyi anlaşılabilmesi için kesit görünüşü Şekil 1.6'da gösterilmiştir.

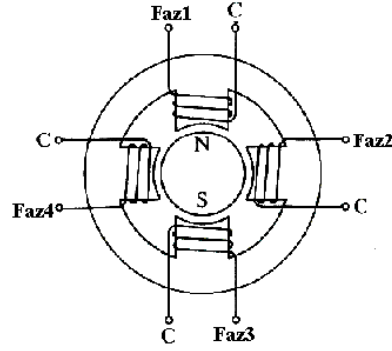


Şekil 1.6. DR step motorun kesit görünüşü

Bu üç-fazlı motorun altı adet stator kutbu vardır. Birbirine 180° açılı olan herhangi iki stator kutbu aynı faz altındadır. Bunun anlamı, karşılıklı kutupların üzerindeki sargıların seri veya paralel olması demektir. Rotor dört adet kutba sahiptir.

1.5.1.2. Sabit mıknatıslı (SM) step motorlar

Rotorunda sabit mıknatıs kullanılan step motora sabit mıknatıslı step motor adı verilir. Dört fazlı bir SM step motorunun bir örneği Şekil 1.7'de gösterilmiştir. Silindirik sabit mıknatıs rotor gibi çalışır, etrafında ise üzerine sargılar sarılı olan dört adet kutbun bulunduğu stator vardır.



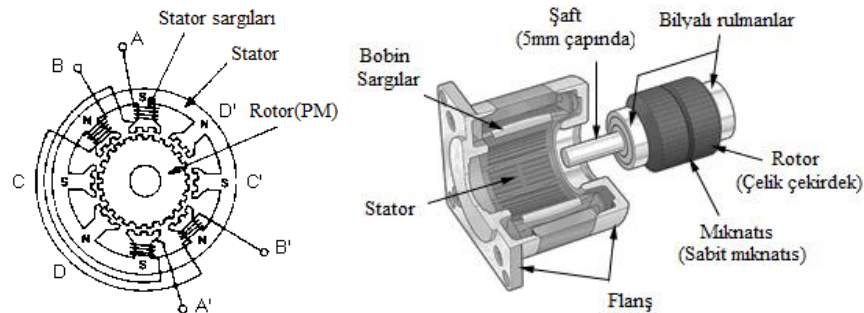
Şekil 1.7. Dört fazlı SM step motorun kesit görünüşü

Burada C ile adlandırılan terminal, her bir fazın birer uçlarının birleştirilerek güç kaynağının pozitif ucuna bağlandığı ortak uçtur. Eğer fazlar Faz1, Faz2, Faz3, Faz4 sırasıyla uyartılırsa; rotor saat ibresi yönünde (CW) hareket edecektir. SM step motorunda adım açısını azaltmak için, manyetik kutup sayısı ile birlikte stator kutup sayısı arttırılmalıdır. Fakat her ikisinin de bir sınırı vardır. Buna alternatif olarak küçük adım açılına sahip karışık yapıdaki SM step motorlar kullanılmaktadır.

1.5.1.3. Hibrid (Karışık Yapılı) step motorlar

Hibrid step motorun da rotorunda sabit mıknatıs bulunur. Hibrid kelimesi motorun sabit mıknatıslı ve değişken relüktanslı motorların prensiplerinin birleşmesinden dolayı verilmiştir. Günümüzde çok geniş bir kullanım alanına sahip olan hibrid step motorunun yapısı Şekil 1.8’de verilmiştir.

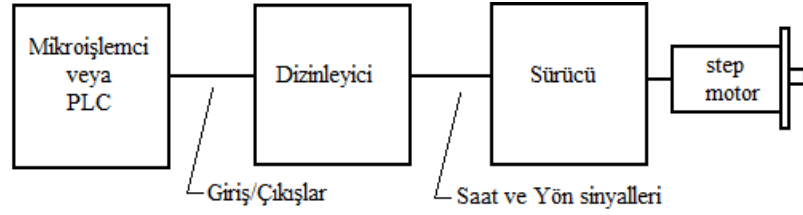
Hibrid step motorlarda moment, dış yapılarındaki hava aralıklarının manyetik alanlarının etkileşimi ile oluşturulur. Bu tip motorlarda sürekli mıknatıs, sürücü kuvveti oluşturmak için önemli rol oynamaktadır. Hibrid step motordaki rotor ve stator dişleri küçük adım açıları elde etmek için tasarlanmıştır [31].



Şekil 1.8. Hibrid motor yapısı

1.5.2. Step motorların çalışma prensibi

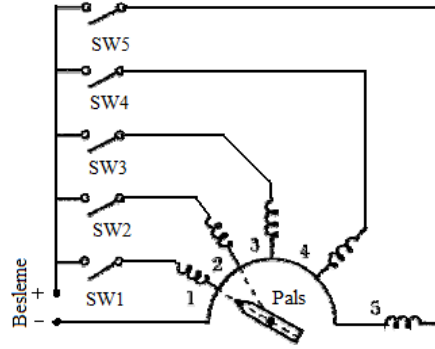
Step motorun dönüş miktarı, hızı ve yönü sayısal kontrol cihazlarının uygun bir konfigürasyonu ile belirlenir. Genellikle sayısal kontrol cihazları olarak motor sürücüleri, kontrol linkleri ve denetleyiciler kullanılır. Bu cihazların birbiri ile ilişkisi Şekil 1.9’da görüldüğü gibidir. Mikroişlemci veya PLC dizinleyiciye komutlar gönderir. Dizinleyici saat darbeleri ve yön işaretleri üretir. Sürücü aldığı saat darbelerini ve yön işaretlerini motor için uygun faz akımlarına çevirir [32].



Şekil 1.9. Tipik bir açık döngülü step motor sistemi

Step motora giriş darbesi uygulandığı zaman, belli bir miktar döner ve durur. Bu dönme miktarı, motorun yapısına göre belli bir açı ile sınırlandırılmıştır. Step motorda rotorun dönmesi, girişe uygulanan darbe adedine bağlı olarak değişir. Girişe tek bir darbe verildiğinde rotor, tek bir adım hareket eder ve durur. Daha fazla darbe uygulanınca darbe adedi kadar adım hareket eder. Step motorlarının çalışma prensibi Şekil 1.10’da gösterilmektedir.

Step motor, bir daire içinde elektromanyetik alanların dönüşü ile ifade edilebilir. Şekil 1.10’daki 1 numaralı anahtar kapandığı zaman sabit mıknatıs kendiliğinden 1. elektromanyetik alan ile aynı hizaya gelecektir. Bundan sonra 1 numaralı anahtar açılıp, 2 numaralı anahtar kapatılırsa sabit mıknatıs 2. elektromanyetik alanın karşısına gelecektir. Bu olaylar sırasıyla tekrarlanırsa daimi (sabit) mıknatıs, yani rotor bir daire içinde düzgün şekilde döner [30].



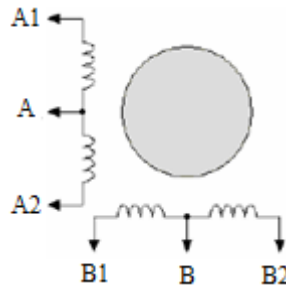
Şekil 1.10. Step motorun prensip şeması

1.5.3. Step motorların uyarıtımı

Step motorlar, bobinlerine gerilim verildiğinde serbestçe dönmeye başlamazlar. Mikroişlemciler ya da lojik sistemler aracılığıyla bobinlerin sırayla devreye girmesi ile döner alan oluşturulur ve rotor, motoru kontrol eden mikroişlemci ya da lojik sistemin istediği hızda ve yönde dönmeye başlar. Ayrıca moment değerleri aşılmadığı sürece herhangi bir algılayıcı ile geri besleme almaya gerek yoktur [33].

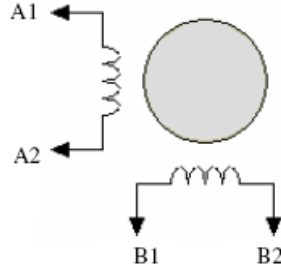
Endüstride unipolar (tek kutuplu) ve bipolar (iki kutuplu) olmak üzere iki tip step motor kullanılır.

Unipolar tek yönlü besleme olup sargılardan sadece tek yönde akım akıtılır demektir. Unipolar step motorun çalışma prensibi Şekil 1.11’de verilmiştir.



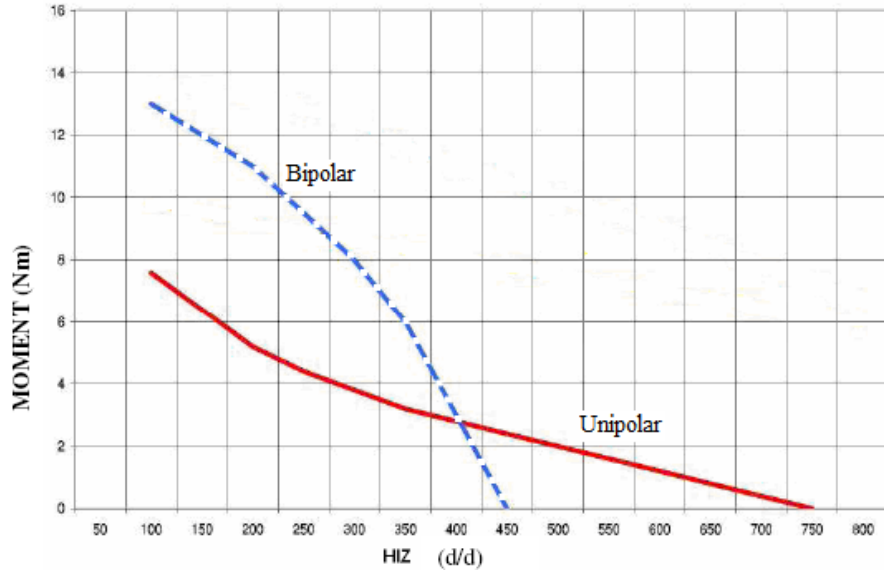
Şekil 1.11. Unipolar step motorun çalışma prensibi

Bipolar iki yönlü beslenen anlamına gelir ve bipolar step motor, iki yönde de akım akabilen motor demektir. Bipolar step motorun çalışma prensibi Şekil 1.12’de verilmiştir.



Şekil 1.12. Bipolar Step Motorun çalışma Prensibi

İki motor tipinin birbirine göre avantajlarına bakılacak olunursa, bipolar motorlar akım yönünün değişmesi ihtiyacından dolayı daha karmaşık sürücü devreleri ister. H köprüsü denilen bağlantısı veya bu tip motorlar için özel üretilmiş entegrelere ihtiyaç duyar [34]. Unipolar motorlarda sürücü daha basittir. Aynı boyutlardaki bipolar ve unipolar motordan, unipolar olanında aynı sargı alanına 2 bobin yerleştirildiğinden tel çapı küçük seçilir hâlbuki bipolar olana daha kalın telden sargı konabilmektedir. Kalın sargı daha çok akım dolayısı ile daha çok moment demektir. En yaygın olarak 2 fazlı step motorlar kullanılmaktadır. Bunun anlamı 2 fazlı, bipolar motorlarda 2 sargı, unipolar motorlarda da 4 sargı olacak demektir. Şekil 1.13’de her iki motorun hız - moment eğrileri verilmiştir [28].



Şekil 1.13. Bipolar ve unipolar step motorların hız-moment eğrileri

Unipolar step motorların sürülmesi

Unipolar step motorları 1 fazlı, 2 faz- tam adımlı ve 2 faz-yarım adımlı olmak üzere üç değişik şekilde sürülebilmektedir. Çizelge 1.1’de bir unipolar step motorun tek fazlı olarak sürülmesini göstermektedir.

Çizelge 1.2’de ise, unipolar bir step motorun 2 fazlı-tam adım sürülmesi görülmektedir. Unipolar step motorlar, tam adım sürüldüklerinde daha fazla tork elde edilebilmektedir

Çizelge 1.1. Unipolar step motorun tek fazlı sürülmesi

Adım	A1	B1	A2	B2
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Çizelge 1.2. Unipolar step motorun 2 fazlı-tam adım sürülmesi

Adım	A1	B1	A2	B2
1	1	0	0	1
2	1	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	1

Çizelge 1.3 ise unipolar step motorun 2 fazlı-yarım adım sürülmesini göstermektedir. Motor yarım adım sürüldüğünde daha hassas hareket kontrolü sağlanır ancak tork neredeyse yarı yarıya düşer.

Çizelge 1.3. Unipolar step motorun 2 fazlı-yarım adım sürülmesi

Adım	A1	B1	A2	B2
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

Bipolar step motorların sürülmesi

Bipolar step motorları sürmek için, unipolar motorlara göre daha karmaşık sürücü devreleri gerekmektedir. Özellikle asimetrik beslemeli uygulamalarda (V_{CC} -GND) 4 tane NPN ve 4 tane PNP olmak üzere 8 tane transistör gereklidir.

Çizelge 1.4’de bipolar step motorun nasıl sürüleceği görülmektedir. + ile simgelenen bölümlerde terminal V_{CC} ' ye, - ile gösterilen bölümlerde ise V_{SS} ' ye bağlanmalıdır [33].

Çizelge 1.4. Bipolar step motorun sürülmesi

Adım	A1	B1	A2	B2
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	-	-	+	-
4	-	-	-	+

BÖLÜM 2

KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde takım aşınması takibini yapan ve takım ömrünün kestirilmesinde kullanılmak üzere geliştirilen sistemlerin bazıları hakkında teorik bilgiler verilmiş olup literatürde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Jemielniak vd. (2012), çalışmalarında, Inconel 625 nikel alaşımının kaba tornalama işleminde çok sayıdaki sinyallerin özelliklerine dayanan bir TCM stratejisi sunmuşlardır. Sinyallerin seçtikleri özelliklerini takım aşınması tahmininde kullanmışlardır. Bu tahminlerin doğruluğunu, daha sonra algılayıcı ve sinyallerin kullanılabilirliğini değerlendirmek için kullanmışlardır. Deneylerini TKX 50N tornalama merkezi taretinin üzerine monte edilmiş Kistler 8152B121 akustik emisyon algılayıcısı ve PCB piezotronics 356A16 akselerometre, ve taretin altına monte edilmiş Kistler 9017B kesme kuvveti algılayıcısı ile gerçekleştirmişlerdir. İleri sinyal işleme yöntemleri kullanarak algılayıcılardan aldıkları sinyallerin çok sayıdaki özelliklerini incelemişlerdir. Titreşim algılayıcısından elde edilen sinyallerin analiz sonuçlarının görece olarak iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuçlar akustik algılayıcıdan elde edilen sonuçlara göre daha iyidir.

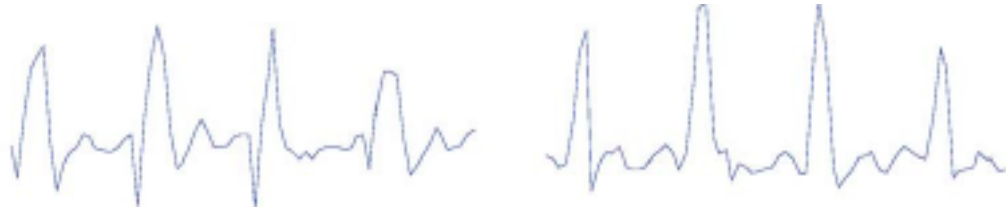
Takım ömrü üç fenomen tarafından sınırlanmaktadır: takımın çentikli aşınması, çapak oluşumu, ve son yüzey işlemede etkili azalma. Bu üç fenomen birbirinden bağımsız olarak ortaya çıkmaktadır ve takım ömrünün saptanmasını zor, subjektif ve makine operatörünün deneyimine bağımlı hale getirmektedir [35].

Ghani vd. (2011), çalışmalarında düşük maliyetli algılayıcılar kullanarak online takım aşınması takip sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri sistem kesici takımdaki yan kenar aşınmasını erken uyarı vererek işlenen parçanın kabul edilebilir kalitede olmasını sağlayacaktır. Çalışmalarında iki kanallı bir yük hücresini takım tutucuya monte ederek hem teğet hem de ilerleme yönündeki sapmayı ölçmüşlerdir. Yük hücresinden aldıkları sinyali koşulladıktan sonra veri toplama kartı ile bilgisayara aktarmışlardır. MATLAB yazılımını kullanarak grafiksel kullanıcı ara yüzünü (GUI) geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yöntemin deneysel sonuçları işleme esnasında meydana

gelen yan kesici kenar aşınması genişliğinin tespitinde yük hücresi kullanımının oldukça verimli ve düşük maliyetli bir yöntem olduğunu göstermiştir [36].

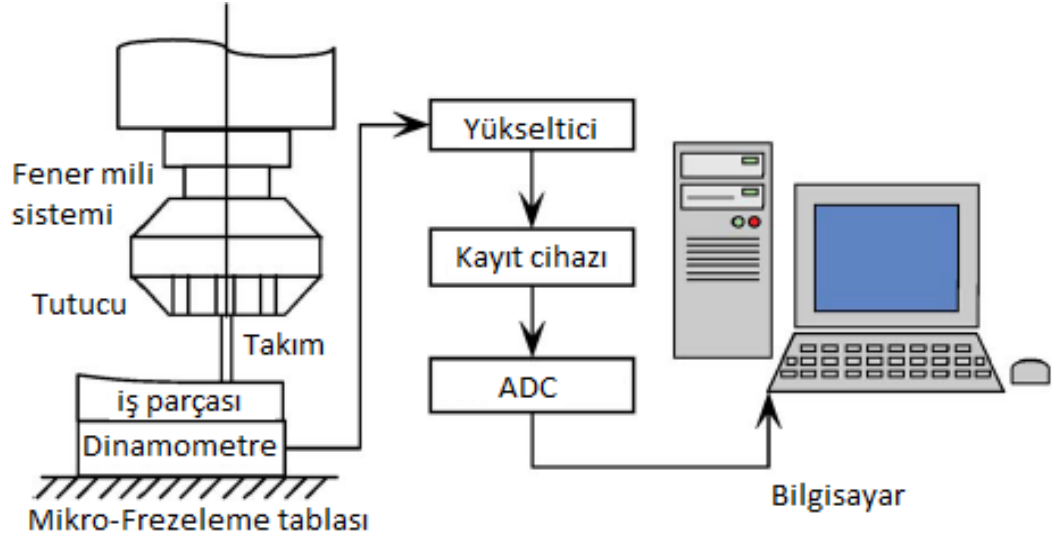
Zhang vd. (2010) endüstrinin birçok alanında kullanılan Ti-6Al-4V alaşımının yüksek hızda parmak freze ile işlenmesi esnasında takım aşınmasını ve kesme kuvvetleri değişimini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda negatif Y yönündeki kesme kuvveti bileşeninin diğer bileşenlere göre daha baskın olduğu ve X ile Z bileşenlerinininkinden oldukça fazla büyüklükler sergilediği görülmüştür[37].

Zhu Kunpeng vd. (2011) mikro frezeleme işlemlerinde kullanılabilecek yeni bir TCM yaklaşımı geliştirmişlerdir. Farklı takım aşınma seviyeleri ve ilgili kesme kuvveti özellikleri arasındaki ilişkinin modellenmesi çalışmalarının ana odak noktasıdır. Takım durumunu kesme kuvveti dalgalarının çok ölçekli özelliklerini analiz ederek tahmin etmişlerdir. Çalışmaları, keskin bir takımın meydana getirdiği dalgalar ile körelmiş bir takımın meydana getirdiği dalgaların karakteristiklerinin farklı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım, kısaca Şekil.2.1’ de gösterilmiştir.



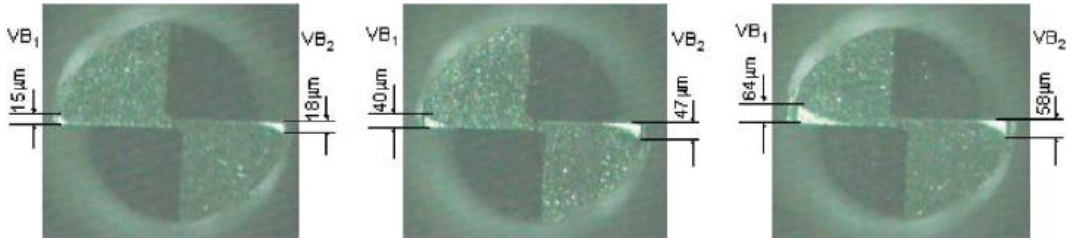
Şekil 2.1. Farklı takım durumlarında meydana gelen kuvvet dalga formları

Deneylerini 22-kW iş mili motoru ile sürülen MAKINO V55 dikey işleme merkezinde gerçekleştirmişlerdir. Kesme kuvvetlerini, iş parçasına monte ettikleri bir Kistler 9256A üç-kanallı dinamometre ile takım aşınmasını da Olympus (x213) mikroskop ile ölçmüşlerdir. Kesme kuvvetleri çıkışını Sony dijital kayıt cihazı ile kayıt altına almışlardır. Deney düzeneğinin blok şeması Şekil 2.2’de görülmektedir. Kullandıkları iş parçası malzemeleri ise bakır ve çeliktir.



Şekil 2.2. Deneysel düzenek modeli

Takım aşınması, kesme esnasında takım malzemesinin kademeli olarak kaybı sonucu orijinal şeklini değiştirmesi şeklinde tanımlanır. Kesici takım ve iş parçası ve talaş parçacıkları arasındaki temas takımın şeklinin değişmesine sebep olur. Bu takım-aşınma fenomeni işleme verimliliği, işlenmiş parça boyutlarının hassasiyeti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde büyük bir etkiye sahip olup üretim hatalarına yol açabilir. Şekil 2.3’de mikroyüzey frezeleme işleminde takımın çeşitli aşınma miktarları verilmiştir [38].



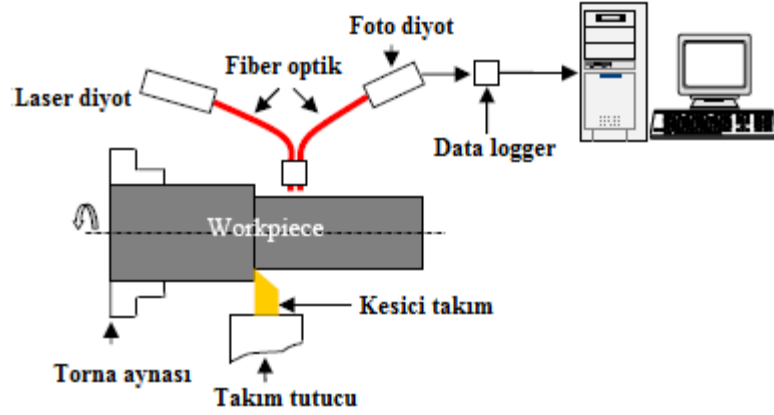
Şekil 2.3. Mikroyüzey frezeleme işleminde takımın hafif aşınması, orta aşınması ve şiddetli aşınması

Taylan (2009), talaşlı imalat yöntemlerinden biri olan, yüzey frezeleme işlemini kullanarak, CBN (kübik bor nitrür) kesici uçlarla, sertliği 61 HRC, DIN 1.2842 soğuk iş takım çeliği üzerinden talaş kaldırmak suretiyle kesici uçlarda meydana gelen aşınmaları belirlemek ve bu kesici uçların sert malzemelerin frezelenmesinde kullanımının uygunluğunu araştırmak amacıyla deneysel bir tez çalışması yapmıştır. Deneylerinde kuvvet sinyallerinin ölçümü için Kistler firmasına ait 9722-A modeli

dinamometre, kararlılık eğrilerinin belirlenmesinde Kistler firmasına ait 9722-A modeli çekiç ve 8702B serisi 100g ivmelenme algılayıcısı kullanmıştır. Takım aşınmalarını gözlemleyebilmek ve görüntüleri dijital ortama atabilmek için en küçük 6,7 en büyük 90 büyültme yapabilen, ring aydınlatmalı, hareketli tablası olan, 1.3 mega pixel çözünürlüklü kamera ve ölçüm programı olan OLYMPUS SZ 61 modeli Stereo Zoom mikroskop kullanmıştır. Takım aşınma fotoğraflarını incelemek için Tescan firmasının ürünü olan, 4x'den 1.000.000x'e kadar büyültme aralığı olan, Vega\\LSU TEM mikroskobundan faydalanmıştır. Hartford VMC-1020 CNC dik işleme merkezinde işleme sırasında sabit kesme hızlarında ilerleme hızı arttıkça, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ve aşınma derinliği değerlerinin tahmininde, kaplamasız CBN uçlar için sırasıyla %90, %75 oranında doğru tahmin yapabilen modeller kurulmuştur. Kaplamalı CBN uçlarda, aşınma derinliği tahmini için, %71 oranında doğru tahmin yapabilen model oluşturulmuştur [4].

Kang vd. (2008), çalışmalarında Ayrık Gizli Markov Modeline (DHMM) dayanan takım aşınmasını takip edecek ve takım ömrünün tahmin edilmesinde kullanılmak üzere bir örüntü tanıma yöntemi önermişlerdir. Önce, kesim esnasında elde edilen titreşim sinyali ve kesme kuvvetinden Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) özelliklerini çıkarmışlardır. Daha sonra FFT vektörleri sınıflandırılmış ve Özörgütlemeli Haritalar (Self Organizing Maps-SOM) tarafından tamsayılarla dönüştürülmüştür. Son olarak bu kodları makine öğrenimi için DHMM'ne tanıtmışlardır ve farklı takım aşınması evreleri için 3 model oluşturmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlar bu metodun etkin olduğunu göstermiştir. Kesme koşulları değiştiğinde (kesme parametrelerinin, kesici takımın malzemesinin ve işlenecek malzemenin değişmesi) DHMM'ni yeniden eğitmeleri gerekmiştir [39].

Çakan vd. (2008), takım aşınmasını izlemek için tezgahın işleme yapmasını etkilemeyen bir yöntem olan opto-elektronik algılayıcı sistemini kullanmışlardır. İş parçasının boyutlarıyla ilişkilendirilme yapılmak suretiyle takımdaki yanal aşınma ve çentiklenmenin ölçümüne dayanan çevrimiçi olarak takım aşınmasını takip eden hassas ve güvenilir bir tekniğin temelini atmışlardır. Şekil. 2.4'de geliştirilen sistemin deneysel kurulumu görülmektedir [40].



Şekil 2.4. Opto-elektronığe dayanan takım aşınması takip sistemi

Gao vd. (2006) çalışmalarında tornalama ve frezeleme işlemleri için kendi kendini ayarlayan iki adet takım aşınması takip sistemi gerçekleştirmişlerdir. Akustik emisyon (AE), titreşim ve kesme kuvvetleri sinyallerini, farklı sinyal işleme yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Algılayıcılardan gelen sinyallerden elde edilen bir özellikler dizisi, kesme şartları, takım kalitesi, iş parçası özelliklerindeki farklılıklara göre değişen katsayıların sentezlenmesiyle otomatik olarak ve başarılı bir şekilde seçilmektedir. Takım aşınması ile özellikler arasındaki doğrusal olmayan ilişki yeni bir yaklaşım olan Yapay Sinir Ağları (YSA) içeren algılayıcı-tümleştirme stratejisi ile oluşturulmuştur. Ayrıca değişik zaman dilimlerinde takım aşınması değerlerinin hesaplanması ve karşılaştırılmasıyla sistem güvenilirliğinin artırılabilineceğini kanıtlamışlardır. Takım aşınması sınıflandırma doğruluğunun yüksek ve tasarım süresinin kısa olmasından dolayı endüstride kullanılabilir niteliktedir [41].

Huang vd. (2007) çalışmalarında bir CNC freze tezgahı üzerinde kullandıkları yük hücresi ve kamera ile hata tespiti ve teşhisi konusunda, belirsiz doğrusal gözlemci modeline dayalı bir yaklaşım geliştirmiştir [42].

Smith ve Lee (2005) çalışmalarında Doppler radar dedektörü ve bir elektronik filtre kullanarak manual CNC torna tezgahları için temassız bir takım aşınma algılama sistemi önermişlerdir. Kurdukları deneysel düzenek kesmenin başlayıp başlamadığı ile takımın aşınmış veya yeni olmasıyla bağlantılı olarak elektrik sinyalleri üretmektedir. Araştırmacılar CNC tornada metal kesme işlemleri esnasında Doppler radar dedektör

cevap doğruluğunun tam olarak saptanması için daha fazla çalışma yapılması gerektiğini belirtmektedirler.

Özellikle de Doppler radar dedektörünün metal iş parçasında ve/veya takımda ilerleyen akustik dalgaları algılayıp algılamadığı hakkında deneylerin yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Çünkü ölçülen sinyallerin açıklanamayan değişkenliklerde yüksek değerler aldığını görmüşlerdir. Algılayıcı yerinin değiştirilmesiyle, yeni algoritmaların geliştirilmesiyle ve yapılan uygulamanın ihtiyaçlarını karşılamak üzere yeni bir algılayıcının geliştirilmesiyle sistemin iyileştirilebileceğini ileri sürmektedirler. Ayrıca kullandıkları algılayıcının bazı özellikleri yöntemde olası sınırlamalar meydana getirmiştir. Çünkü Doppler hareket detektörü, metal-metal temasıyla ilgili fenomenden ziyade özellikle nesne hareketini tespit etmek için tasarlanmıştır [43].

Altıntaş (1992), Li vd. (2000) ve Li vd. (2004), düşük maliyetli akım sensörleri kullanarak, çeşitli akıllı takım aşınması izleme sistemleri geliştirmiştir [44, 45, 46].

Pratepasen vd. (2001), karbür takım uçlarının aşınmasını izlemek için bir akustik emisyon algılayıcısı ve bir ivmeölçer kullanmıştır [47].

Araştırmacılar (**Choudhury vd., 1999; Dimla D.E, 1999; Huang ve Chen, 1998; Quan vd., 1998; Liu ve Altıntaş, 1999**) çalışmalarında takım aşınmasını belirlemek için doğrudan ve dolaylı yöntemleri, takım aşınma öngörüsünü iyileştirmek için de yapay zeka tekniklerini (bulanık mantık, yapay sinir ağlarını, uzman sistemleri) kullanmışlardır [48, 49, 50, 51, 52].

Lee vd.(1995) dinamometreli kesme kuvveti ölçüm sistemlerinin yüksek maliyetli olmalarından, kesme sistemi sertliği üzerinde olumsuz bir etki yaratmalarından, bağlantı için bir kablo demeti gerektirmelerinden ve işleme vuruş uzunluklarını etkileyen kısıtlamalardan dolayı üretim ortamlarında uygulanabilirliğinin çok zor olduğunu tespit etmişlerdir [53]. Bu olumsuzlukları yenmek için **Li vd. (2000)** çevrimiçi olarak kesme kuvvetlerinin tahmin edilmesinde kullanılmak üzere servo motor akımı ölçümüne ve adaptif sinirsel-bulanık çıkarım tekniğine (ANFIS) dayanan bir sistem tasarlamışlardır. Sistemlerinde tezgahın ac servo motoruna yerleştirdikleri düşük maliyetli bir Hall-etkili akım algılayıcısı ile besleme motor akımını ölçüp bu sinyali giriş olarak kullanmışlardır. Daha sonra ilerleme motorunun çektiği akıma göre kesme kuvvetinin tahmin edilmesini sağlayacak bir çatı yapısı oluşturmuşlardır. Bu

kuvvet tahminleri, takım aşınma oranının değerlendirilmesine ve dolayısıyla da takımın aşınma durumunun izlemesine olanak tanımıştır. Servo motor akım algılayıcısı takımın kırılmasını başarılı bir şekilde algılamaktadır. Bu algılayıcı dinamometrelere göre daha avantajlı olmasına rağmen henüz takım aşınması durumunu özellikle de hafif (light) kesimlerde başarılı bir şekilde algılayamamaktadır [45].

Coker ve Shin (1995), talaşlı imalat sırasında süreç izleme ve yüzey pürüzlülük kontrolü için ultrasonik algılamalı bir yöntem geliştirdi [54].

Weck (1983) ve Byrne vd., (1995) takım aşınmasını izlemek için kesme kuvveti sinyalleri kullandılar [55, 56].

Altıntaş 1990 [a], 1992 [b] takım tezgahlarının ilerleme sürücü kontrol sistemini ve kesme kuvveti algılama sinyali olarak armatür akımının kullanılabilirliğini analiz etmiştir [57, 44].

Luo vd. (1989)[58] ve Noori-khajavi ve Komanduri (1993)[59], tek bir algılayıcı ile ölçümün, kesme işleminin karmaşık ve dinamik özellikleri nedeniyle algılayıcı sinyallerinde oluşan gürültünün, algılayıcı sinyal güvenilirliğini etkilediğini belirlemiş ve bu sorunu aşmak için çok algılayıcılı bir yaklaşım sunmuştur.

Önceki çalışmaların irdelenmesi

Araştırmacılar çalışmalarında, işleme anında meydana gelen tezgahdaki titreşim, işleme sesi, kesme kuvvetleri, çekilen akımlar ve iş mili devri gibi büyüklükleri akselerometre, dinamometre, akustik emisyon ve yük hücresi gibi çeşitli algılayıcılar ile elektriksel sinyallere dönüştürerek, takım ömrünü tahmin eden stratejiler geliştirmişlerdir.

Önceki çalışmalar incelendiğinde, takım tezgahları üzerinde çeşitli algılayıcılar kullanılarak yapılan çalışmaların sadece takımın aşınmışlık durumunu izleyerek takım ömrünün tahmin edilmesi üzerine yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda bulunan sonuçlar hazırlanan CNC parça programlarında belirlenen takım parametrelerinin optimizasyonu üzerine olmuştur.

Bu çalışmayla makine disiplindeki önemli bir soruna bilgisayar ve elektronik disiplini yaklaşımıyla farklı bir çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın önceki çalışmalardan farkı, CNC makinelerin işleme esnasında izlenmesine ek olarak belirlenen kritik noktalarda makinelere müdahale edilmesidir. Bu müdahale

algılayıcılardan gelen titreşim ve kuvvet sinyallerine göre makine ilerleme hızlarının optimum seviyelerde tutulmasını sağlamaktadır. İlerleme hızının optimum seviyelerde tutulması takımın daha uzun ömürlü olmasını sağlar. Daha uzun takım ömrü ise makine işletme maliyetlerini düşüren etkenlerden biridir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

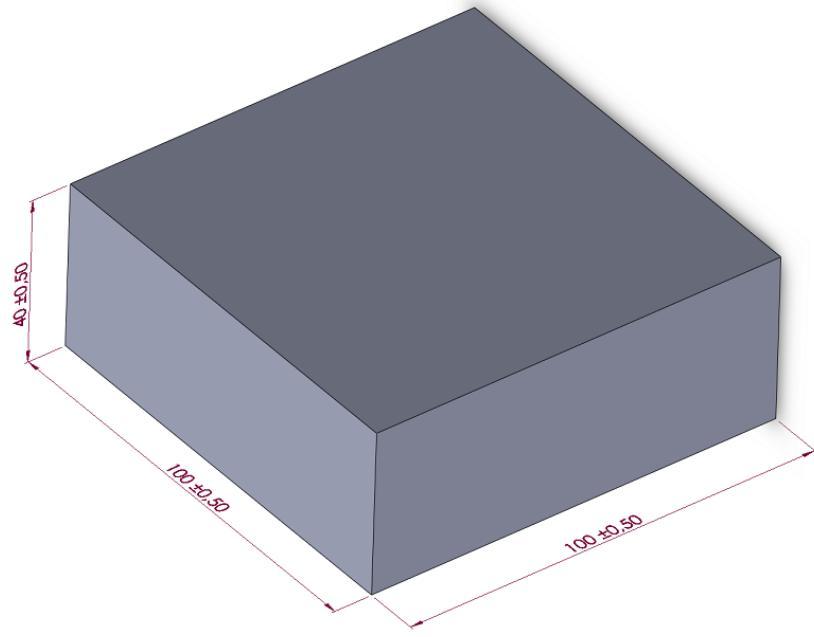
3.1.1. İş parçası özellikleri

Denemelerde iş parçası olarak DIN 2379 soğuk iş takım çeliği kullanılmıştır. Söz konusu çelik malzemeler genel kullanım amaçlı çelikler olup, her türlü kesme ve bükme kalıplarında, kırılmaya hassas kalıplar, aşındırıcı plastiklerin kalıplarında, freze, çökertme ve basma plakaları vb. yapımında kullanılırlar. Endüksiyon ve alevle sertleştirilirler.

Denemelerde kullanılan iş parçası 20 HRC sertliğinde olup, kimyasal özellikleri ve boyutları Çizelge 3.1 ve Şekil 3.1’de görülmektedir. İş parçasının boyutları belirlenirken ISO 8688-1 standardı dikkate alınmıştır. Bu standarda göre deney numunesi olarak frezelenen malzemenin ölçüleri, kullanılacak olan takım çapının en az 3 katı boyda ve 0.6 katı da kesme genişliğinde olması gerekmektedir. Kullanılacak olan iş parçası bu standardı karşılayacak, fakat mengene ve yük hücresi sıkma çeneleri ile de sağlıklı bağlanabilecek şekilde 100mm x 100mm x 40mm ölçülerinde belirlenmiştir. İş parçaları CNC dik işleme merkezinde belirlenen ölçülerde hazırlanmıştır.

Çizelge 3.1 Denemelerde kullanılan iş malzemesinin kimyasal özellikleri [60]

DIN NORMU	ALAŞIM ELEMANLARI							
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
1.2379	1.55	0.3	0.3	11.75	0.75	-	1.00	-



Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan iş parçası

3.1.2. Kullanılan kesici takımlar

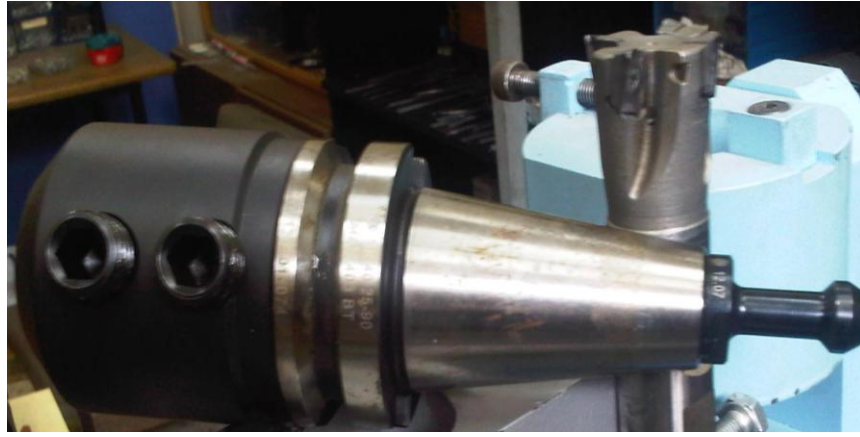
Şekil 3.2’de denemelerde kullanılan TaeguTec marka üç farklı kesici takım ve iki farklı takım tutucu görülmektedir.



Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan kesici takım ve takım tutucular

Denemelerde kullanılan takım tutucuları Eroğlu marka veldon tipi takım tutucular olup DIN (Alman Standartlar Enstitüsü - Deutsches Institut für Normung e.V.) 6359 standardına göre üretilmişlerdir. Veldon tutucular ağır iş koşullarında çalışabilen

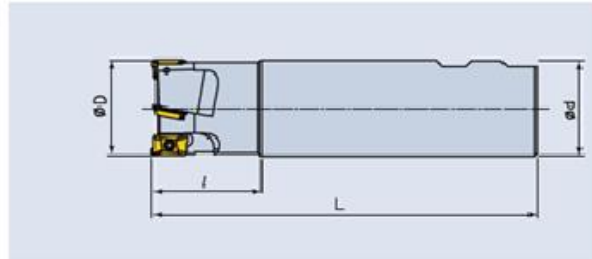
pens kullanılmadan kullanılan sıkma setiskurları ile takımları bağlayan tutucularıdır. Denemelerde kullanılan Takım tutucu 1'in kodu SK40 – 25 – 90 olup bu kod aynı zamanda tutucuların teknik özelliklerini belirtmektedir. Kodlamadaki SK 40, DIN standartlarına göre tutucu konik kodunun 40 olduğunu, 25 bağlama yapabileceği takımın çapını ve 90 da tutucu boyunu ifade etmektedir. Takım tutucu 2'nin kodu ise SK40-20-63'tür. Şekil 3.3'de takım tutucu 1 görülmektedir.



Şekil 3.3. Denemelerde 1. ve 2. takımı CNC freze tezgahına bağlamak için kullanılan takım tutucu 1

Denemelerde kullanılan kesici takımların teknik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

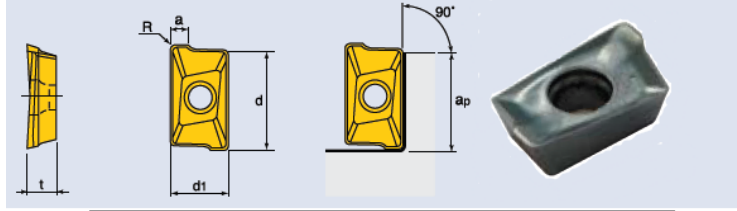
Çizelge 3.2 Kesici takımların teknik özellikleri [61]



Takım Tipi	Kesici Uç Tipi	Kesici Uç Sayısı	Ölçüler (mm)				Vida Tipi	Vida Anahtarı Tipi
			D	d	L	l		
TeaguTec Chase Mill TE90AP 432-W25-12-C	APKT 1204 PER-EM	4	32	25	100	40	TS 35A088 I/HG	TD10P
TeaguTec Chase Mill TE90AP 225-W25-12-LC		2	25	25	145	85		
TeaguTec Chase Mill TE90AP 220-W20-12-C		2	20	20		30		

Denemelerde kullanılan TaeguTec marka karbür sert maden uç kesicilerin teknik özellikleri Çizelge 3.3’de görülmektedir. Sert maden uçlar sinterleme yöntemi ile özel olarak üretilen kesici uçlardır. Bu kesiciler hazır bilenmiş olarak üretilirler ve kullanıcılar bu takımları bilemeye gerek kalmadan direk kesici takımlar üzerine sıkma civataları ile bağlayarak kullanırlar. Karbür takımlar, malzeme maliyetleri nedeni ile diğer HSS takımlara göre daha pahalı takımlardır. Bu takımların ömrü tezgahların durumuna ve operatörlerin tecrübesine direkt bağlıdır. Geliştirilecek bu sistem makine üzerindeki takım körelmelerinin ve bozuk yüzey kalitelerinin ana nedenlerinden birini oluşturan titreşimleri sürekli izleyeceği için kesici takım maliyetlerinin düşürülmesine de katkı sunacaktır.

Çizelge 3.3. Denemelerde kullanılan kesici (sert maden) uçların teknik özellikleri [61]



Kesici Uç Tipi	Ölçüler (mm)					
	d	d1	a	t	R	ap
APKT 1204 PER-EM	13.1	8.3	1.6	4.76	0.8	12.0

3.1.3. CNC dikey işleme merkezi

Şekil 3.4’de deneylerin yapılmasında kullanılan Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu’nda bulunan Argo A85 CNC dik işleme merkezi görülmektedir.



Şekil 3.4. Argo A85 CNC dik işleme merkezinin genel görünüşü

Çalışmada kullanılan dik işleme merkezi X, Y ve Z olmak üzere 3 eksenlidir. Tezgah tablası X ve Y ekseninde, iş mili ise Z ekseninde hareket etmektedir. Tezgahın teknik özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir [62].

Çizelge 3.4. Argo A85 CNC dik işleme merkezi teknik özellikleri

İş Tablası Ölçüleri (X/Y)	850 mm x 560 mm
X Eksen Hareketi	850 mm
Y Eksen Hareketi	560 mm
Z Eksen Hareketi	530 mm
Seri Hareket Hızları (X/Y/Z)	30/30/20 m/dak.
Kesme Hareket Hızı	15 mm/dak
İş Mili Koniği	BT 40 / CAT.DIN(Ops.)
İş Mili Devri	80-8000 devir/dak.
Kontrol Ünitesi	FANUC / MITSUBISHI-MELDAS SERİSİ

3.1.4. Algılayıcılar

CNC tezgahlarda işleme esnasında meydana gelen titreşim, ses ve kuvvet sinyallerinin analizi, kesici takımların aşınma davranışlarının modellenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir.

3.1.4.1. Titreşim algılayıcısı

Çalışmada tezgahta meydana gelen titreşimleri algılamak için CMCP420VT tipi titreşim transdüseri kullanılmıştır. CMCP420VT algılayıcısı katı hal ve çevrim beslemeli titreşim algılayıcısıdır. Hız cinsinden genel titreşimle orantılı olarak 4-20mA’lık bir çıkış verir. Bu algılayıcı makine durumunu sürekli olarak takip eder ve doğrudan Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC) veya Dağıtık kontrol sistemleri (DCS) ile haberleşerek makinada meydana gelen arızaları bildirir. İlaveten bu algılayıcı dinamik transdüser çıkışına erişimi de sağlar. Detaylı arıza analizi yapan taşınabilir analizörler ile geçici bağlantı yapabilmek için tamponlanmış bir çıkışa da sahiptir.

Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da bu algılayıcının resmi, bağlantı şeması ve Çizelge 3.5’de de teknik özellikleri görülmektedir [63].



Şekil 3.5. CMCP420VT titreşim algılayıcısı

R-Yükü:

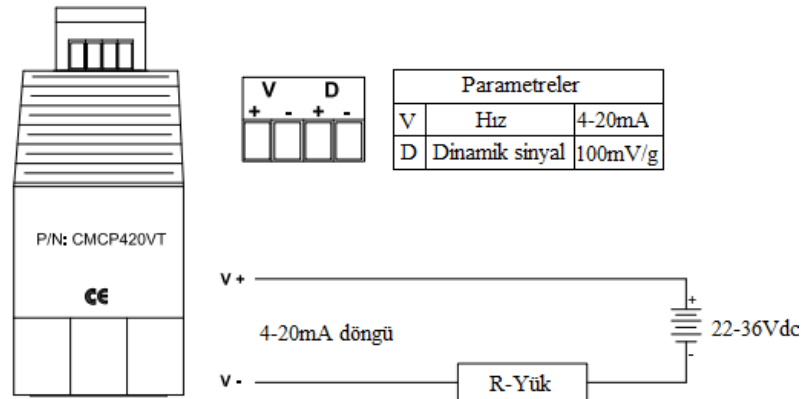
600 Ohm Maksimum @ $V_s = 22$ ile 36 VDC

300 Ohm Maksimum @ $V_s = 18$ VDC

Loop Bağlantıları: Dinamik Çıkış

Loop + (V+) Dinamik + (D+)

Loop - (V-) Dinamik - (D-)



Şekil 3.6. CMCP420 VT titreşim algılayıcısının bağlantı şeması

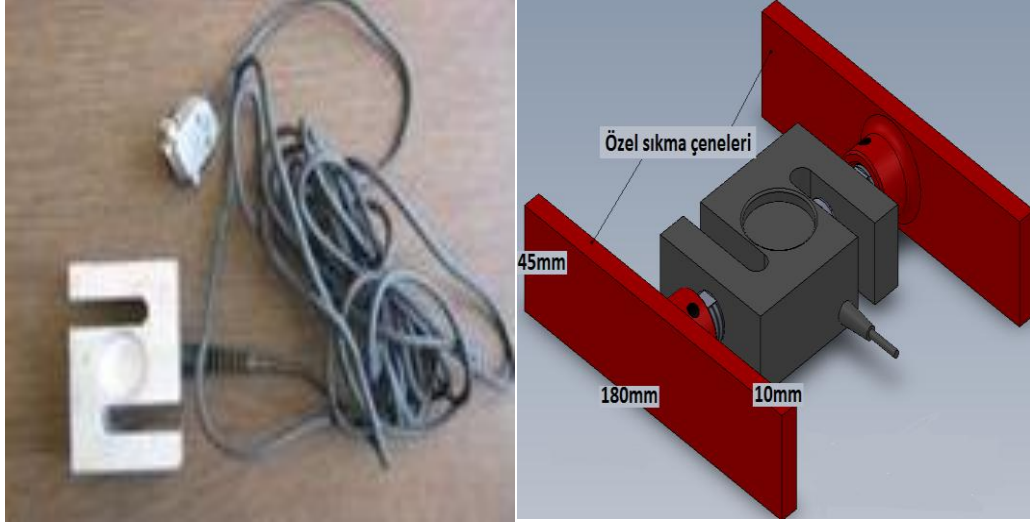
Çizelge 3.5. CMCP420VT titreşim transdüserinin teknik özellikleri

Dinamik Özellikler	
Çıkış	4-20 mA tam skala hız ile orantılı olarak
Frekans cevabı	2-2,000 Hz
Tamponlanmış çıkış	İvmelenme, 100 mV/g
Doğruluk	±5%
Elektriksel Özellikler	
Besleme (İki telli çevrim beslemeli)	+ 18 ile + 36 Vdc
Maksimum Yük	$RL_{max} = (V_s - 14 - V_d) / .02$ RL= Yük direnci Vs= DC besleme gerilimi Vd= Görüntüleme gerilimi: LED için 5.0 Vdc, LCD için 2.0 Vdc, görüntüleme yoksa 0.0 Vdc. Tavsiye edilen RL yük direnci: 250 Ohms veya 100 Ohms, @ Vs=24 Vdc
Topraklama	Kılıf izoleli
Çevresel Özellikler	
Çalışma Sıcaklığı	-20° C ile +85° C arası
Yalıtılmış Kapatılma	Epoksi kapsül
Muhafaza	SS, NEMA 4, 4X, 12, 316 Paslanmaz çelik
Montaj	1/4"-28 UNF vidalama montaj
Ağırlık	8 oz.

3.1.4.2. Esit TCS 2 yük hücresi

Sistemde ölçülecek ikinci fiziksel büyüklük kuvvettir. İş parçası ile mengene arasına ESIT TCS 2 marka 2 tonluk bir yük hücresi (load cell) bağlanarak titreşimle değişen parça üzerindeki kuvvet değişimleri ölçülmektedir. Yük hücresi Şekil 3.7’de görülen özel olarak tasarlanmış sıkma çeneleri ile kullanılmaktadır. Yük hücresinin maksimum gerilme direnci 2000 kg’dır. Çap yüzeyine paralel iki kanal açılmış olup alın yüzeylerinin merkezinden açılmış vida dişlerine bağlanan saplamalarla parça ile ekipman arasına takılabilmektedir. Şekil 3.7’de yük hücresinin resmi görülmektedir. Yük hücresinin teknik özellikleri Çizelge 3.6’da verilmiştir [64]. Yük hücresinin çıkışı

analog sinyal (4-20mA) olmadığı için yük hücresi bir Amplifier ile birlikte kullanılmaktadır.



Şekil 3.7. ESIT TCS2 2 tonluk yük hücresi

Çizelge 3.6. Yük hücresinin teknik özellikleri

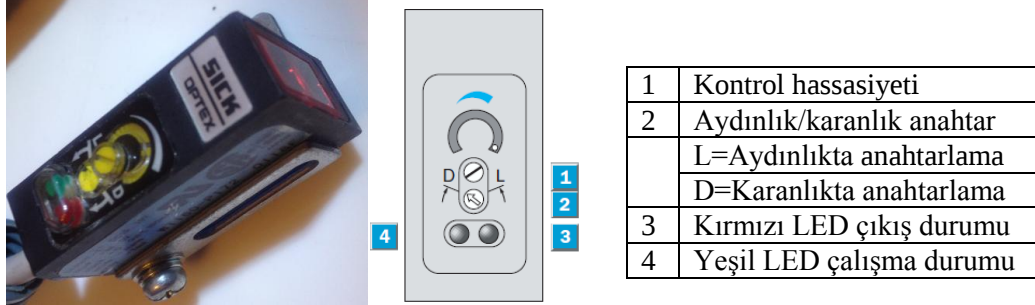
Kapasite	kg	2000
Minimum ölçüm aralığı (V _{min})		E _{max} / 5000
Toplam hata	%	$\leq \pm 0.03 \leq \pm 0.02$
Maksimum uyarma gerilimi (U _{max})	V	15
Yük Hücresi malzemesi		Çelik
Koruma sınıfı (EN60529 standartlarına göre)		IP68
Ağırlık	kg	1.9

Yük hücresinin teknik özelliklerine bakıldığında kapasitesinin 2000kg ve toplam hata aralığının $\% \leq \pm 0.03 \leq \pm 0.02$ olduğu görülmektedir.

3.1.4.3. Fotoelektrik yaklaşım anahtarı

Sistemde takım kolunun hareketini algılayarak kaçınıcı takımda işleme yapıldığını belirlemek için cisimden yansımali bir yaklaşım anahtarı kullanılmıştır. Sistemde üç farklı takım kullanılmış olup her takım için, ilerleme hızı kontrolünde kullanılmak üzere titreşim ve kuvvet sinyallerinin alt ve üst limit değerleri belirlenmiştir. Operatör arayüz yazılımı, takım kolunun her hareketinde yaklaşım anahtarından gelen sayısal sinyale göre ilgili takıma ait titreşim ve kuvvet sinyallerinin limit değerlerini kullanmaktadır. Şekil 3.8’de çalışmada kullanılan Sick WT160-F182

model yaklaşım anahtarının görüntüsü verilmiştir. Çizelge 3.7’de ise yaklaşım anahtarının teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.8. Sick WT160-F182 yaklaşım anahtarı ve ayarlama seçenekleri

Çizelge 3.7. Çalışmada kullanılan yaklaşım anahtarının teknik özellikleri

Sensör çıkışı	PNP
DC besleme gerilimi	10V to 30V
Konnektör tipi	M8
Derinlik	23mm
Genişlik	11mm
Yükseklik	38mm
Frekans cevabı, maksimum	1kHz
Yük akımı, maksimum	100mA
Çalışma Frekansı	1000Hz
Maksimum çalışma sıcaklığı	55°C
Minimum çalışma sıcaklığı	-25°C
Maksimum çıkış akımı	0.1A
Maksimum algılama mesafesi	900mm
Minimum algılama mesafesi	0m
Algılama alanı	0mm to 1000mm
Sensör girişi	Optik

3.1.5. Step (adım) motor

Çalışmada CNC dikey işleme merkezinin ilerleme hızı, bir step motor kullanılarak değiştirilmektedir. Şekil 3.9’da çalışmada kullanılan step motor görünümü ve Çizelge 3.8’de de teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.8. Araştırmada kullanılan step motorun teknik özellikleri

Motor Çapı: 56mm	Kulak Boyutları: 57x57mm
Yükseklik: 59mm	Mil Uzunluğu: 19mm
Mil Çapı: 6mm	Dönüş Açısı: 1.8° / Adım
V / Faz: 3,4V	A / Faz: 2,1A



Şekil 3.9. Step motor

3.1.6. Veri toplama ve kontrol kartı

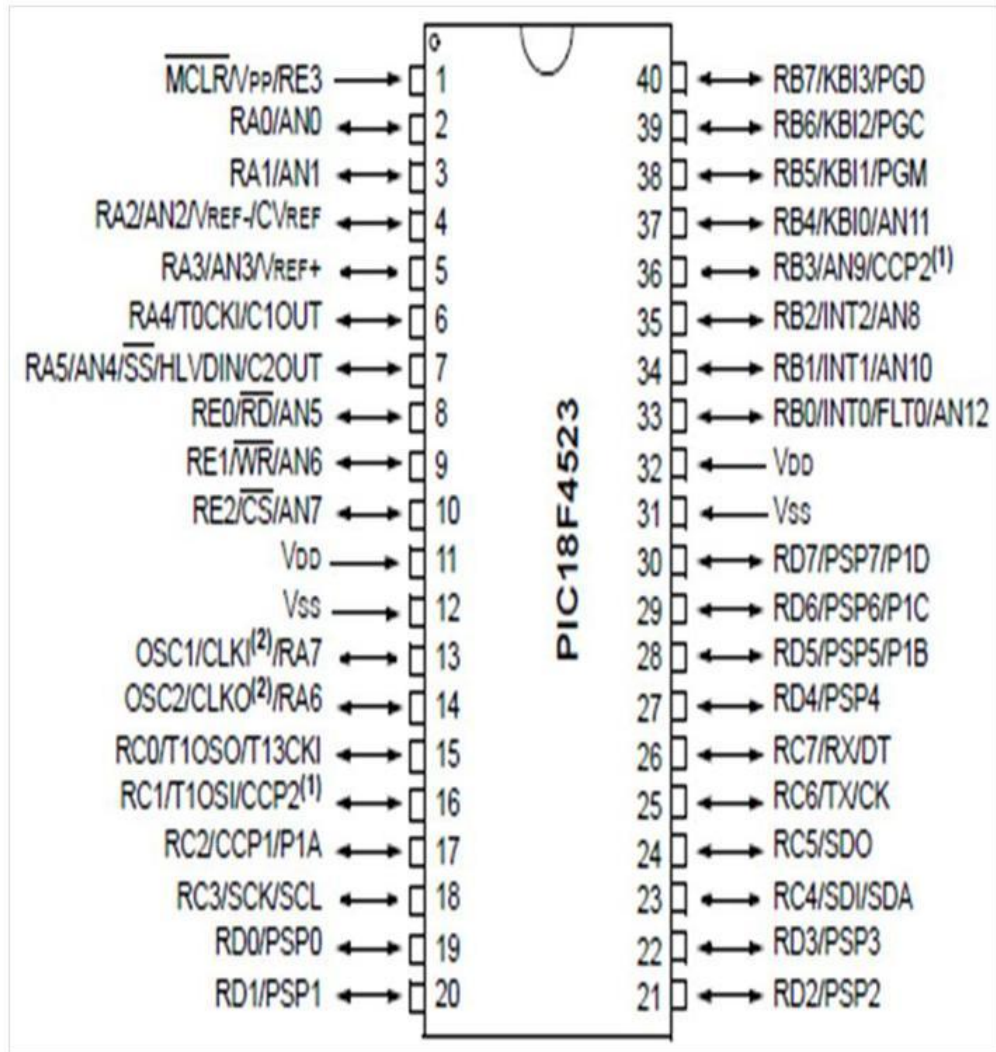
Veri toplama ve kontrol kartının elektronik devresi, bilgisayar destekli elektronik devre çizim programı Proteus İsis ile tasarlanmış ve Proteus Ares' te de baskı devresi çıkarılmıştır. Veri toplama ve kontrol kartı hakkında detaylı bilgi sistemin elektronik tasarımı kısmında anlatılmıştır.

3.1.6.1. Mikrodenetleyici PIC18F4523

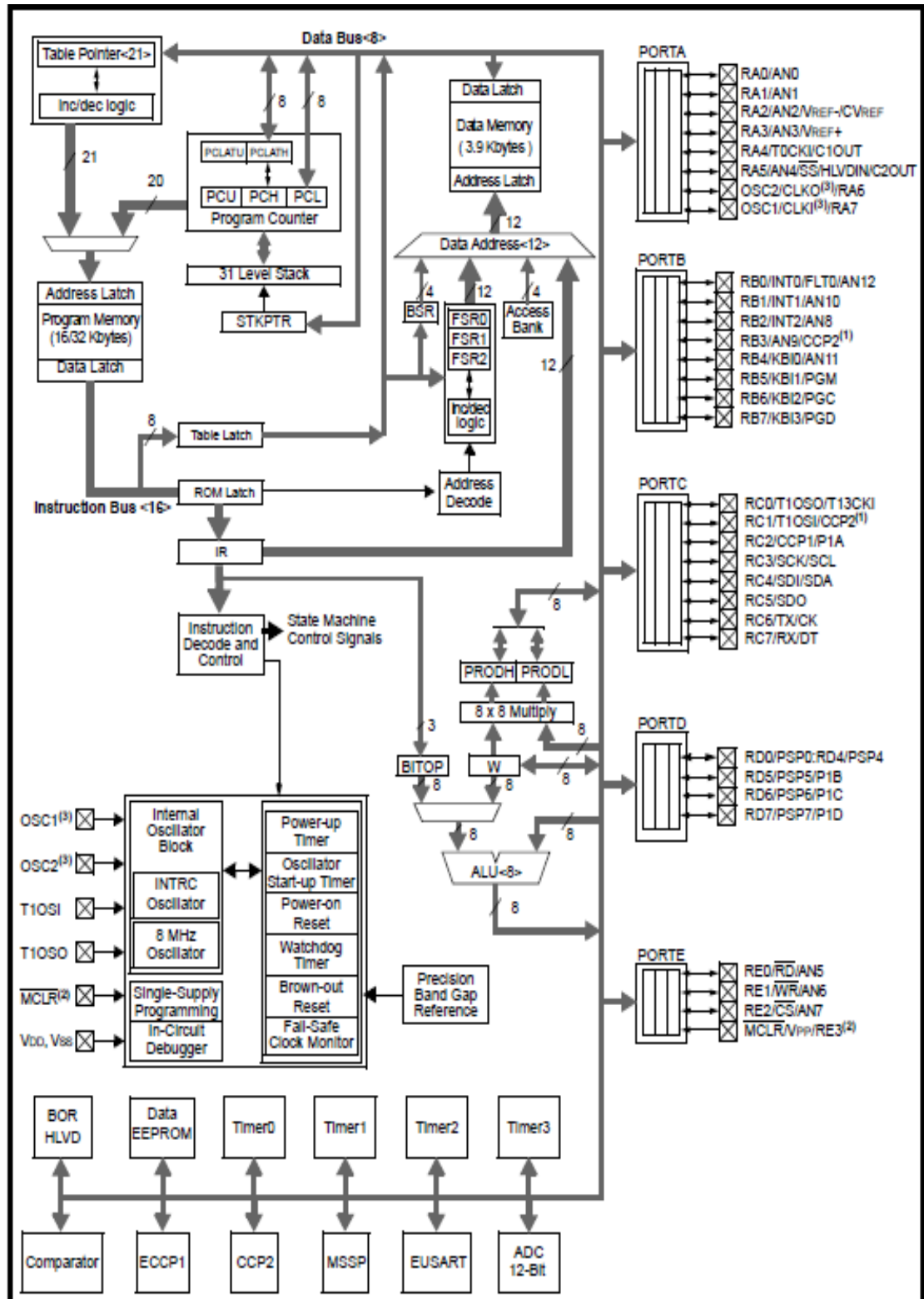
Mikrodenetleyiciler tek bir silikon yonga üstünde birleştirilmiş bir mikroişlemci, veri ve program belleği, sayısal giriş ve çıkışlar, analog girişler ve çevre birimlerini (zamanlayıcılar, sayaçlar, kesiciler, analogtan sayısala çeviriciler, vb.) barındıran mikrobilgisayarlardır. Mikrodenetleyicileri diğer denetleyicilerden üstün kılan özelliklerinin bazıları şunlardır: teknik özelliklerinin güçlü olması yanında ekonomik olmaları ve C, Basic gibi yüksek seviyeli dillerle de hızlı ve defalarca denenerek programlanabilmeleridir. Mikrodenetleyicilerin de mikroişlemciler gibi RISC ve CISC mimarisine göre türleri vardır. Üretici firma bakımından bilinen çok sayıda mikrodenetleyici vardır. Bunlardan bazıları şunlardır [30]:

- Microchip firmasının PIC mikrodenetleyicileri (RISC),
- Intel firmasının MCS51 (8051) mikrodenetleyicileri (CISC)
- Atmel firmasını AVR mikrodenetleyicileri (RISC)

Bu çalışmada kullanılan PIC18F4523 denetleyicisi Microchip firmasının ürettiği bir mikrodeneleyicidir. Mikrodeneleyici seçiminde, denetleyicinin seri haberleşme modülüne (USART) ve sayısal analog dönüştürücü modülüne (DAC) sahip olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Teknik özellikler başlığı altında PIC18F4523 mikrodeneleyicisinin özelliklerinden ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Şekil 3.10'da PIC18F4523 mikrodeneleyicisinin ayak isimleri ve Şekil 3.11'de blok diyagramı verilmiştir [65].



Şekil 3.10. PIC18F4523 mikrodeneleyicisinin pin fonksiyonları



Şekil 3.11. PIC18F4523 (40/44-PIN) blok diyagram

Microchip firmasının PIC 18F4523 mikrodeneleyicisi 12-Bit A/D dönüştürücüye sahiptir. Geliştirilmiş flash hücreleri sayesinde program belleğine 100.000 ve EEPROM' a ise 1.000.000 defaya kadar silinip yazılabilmektedir. Veriler tazelenmeksizin 40 yıldan daha fazla hafızada saklanabilmektedir. Bu model mikrodeneleyici dahili yazılım kontrolü altında kendi program belleği alanlarına yazım yapabilmektedir. Program belleğinin üzerinde bulunan korumalı Boot bloğuna yerleştirilen bootloader rutininin kullanılmasıyla kendi kendini güncelleyen uygulamalar yapılabilir. Genişletilmiş komut setine sahiptir. Pic18 komut setine sekiz yeni komut ve bir de indisli adresleme modu ilave edilmiştir. Bu sayede C gibi yüksek seviyeli dillerde geliştirilen yeniden-girilebilir uygulama kodu optimize edilebilmektedir. PIC18f4523 denetleyicisi geliştirilmiş CCP modülüne sahiptir. Bu modül PWM modunda, yarım-köprü ve tam-köprü sürücülerin kontrolü için 1, 2 veya 4 adet modüle edilmiş çıkış sağlar. Bu modül aynı zamanda kesmelerde veya diğer seçilmiş durumlarda devre dışı olan PWM çıkışları için otomatik kapanma sağlar ve durum silindiğinde çıkışları tekrar aktif etmek için otomatik başlatma yapar.

Bu mikrodeneleyici seri haberleşmeyi sağlayan genişletilmiş adreslenebilir USART modülüne sahiptir. Bu modül standart RS-232 haberleşmeyi sağlar ve LIN bus protokolü destekler. Otomatik veri iletişim hızı algılaması yapar ve gelişmiş çözünürlük için bir adet 16-bit baud hızı üreticisine sahiptir. Çizelge 3.9'da PIC18F4523 mikrodeneleyicisinin özellikleri verilmiştir.

Nanowatt teknoloji sayesinde mikrodeneleyicideki güç tüketimi önemli derecede azaltılmıştır. Denetleyiciyi Timer1 veya dahili osilatör bloğuyla saat yardımıyla çalıştırarak, çalışma esnasındaki güç tüketimi %90 oranında azaltılmıştır.

PIC 18F4523 mikrodeneleyicisinde on farklı osilatör seçeneği bulunmaktadır. Bunlar:

Dört kristal modu, iki harici saat modu, iki harici RC osilatör modu, bir dahili osilatör bloğu, bir faz kilitlemeli döngü (PLL) frekans çoğullayıcıdır.

Çizelge 3.9. PIC18F4523 özellikleri

Özellikler	PIC18F4523
Çalışma Frekansı	DC-40MHz
Program Belleği (Byte)	32768
Program Belleği (Komutlar)	16384
Veri Belleği (Byte)	1536
Veri EEPROM Belleği (Byte)	256
Kesme Kaynakları	20
Giriş/Çıkış Portları	A, B, C, D, E portları
Zamanlayıcılar	4
Yakalama/Karşılaştırma/PWM modülleri	1
Geliştirilmiş Yakalama/Karşılaştırma/PWM Modülleri	1
Seri Haberleşme	MSSP, Gelişmiş USART
Paralel Haberleşme (PSP)	Evet
12-Bit ADC Modül	13 Giriş Kanalı
Reset (ve Gecikme)	POR, BOR, RESET Komutu, Yığın Dolu, Yığın altaşımı (PWRT, OST), MCLR (seçimli), WDT
Programlanabilir High/Low Voltaj Algılama	Evet
Programlanabilir Voltaj Azalma Reseti	Evet
Watchdog Timer(WDT)	Evet
Komut Seti	75 Komut; Genişletilmiş Komut Seti ile 83 Komut
Kılıf	40-Pin PDIP, 44-Pin QFN, 44-Pin TQFP

Programcı konfigürasyon bitlerini FOSC3:FOSC0 kullanarak bu on durumdan birini seçebilir [65]:

1. LP Düşük-Güç Kristal
2. XT Kristal/Rezonatör
3. HS Yüksek-Hız Kristal/Rezonatör
4. HSPLL Yüksek-Hız Kristal/Rezonatör (PLL aktif)
5. RC Harici Direnç/Kondansatör (RA6'da FOSC/4 çıkışlı)
6. RCIO Harici Direnç/Kondansatör (RA6'da I/O ile)
7. INTIO1 Dahili Osilatör (RA6'da FOSC/4 çıkışlı ve RA7'de I/O)
8. INTIO2 Dahili Osilatör (RA6'da ve RA7'de I/O)

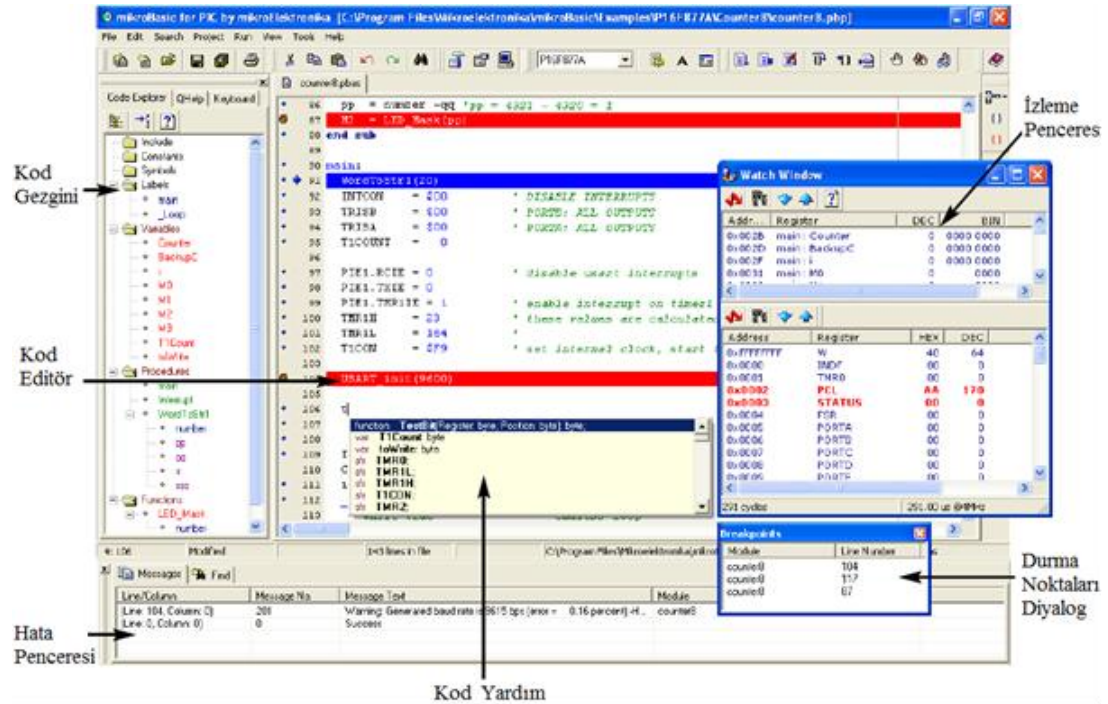
9. EC Harici Saat (FOSC/4 çıkışlı)
10. ECIO Harici Saat (RA6'da I/O)

3.1.6.2. MikroBasic Pro for PIC

PIC18F4523 mikrodeneleyici programı MikroBasic Pro for PIC derleyicisinde hazırlanmıştır. MikroBasic Windows tabanlı bir tümleşik yazılım geliştirme ortamıdır ve mikrodeneleyiciler için Basic derleyicisinden daha fazlasıdır. MikroBasic ile şunlar yapılabilir:

1. Built-in kod editör kullanılarak Basic kaynak kodu oluşturulabilir.
2. Kaynak kod derlenir.
3. Program akışını denetler ve hataları ayıklar.
4. İzleme penceresi ile değişkenler görülebilir.
5. Hata raporu çıkarılır.
6. Detaylı istatistikler elde edilebilir.

Şekil 3.12'de MikroBasic Pro for PIC derleyicisinin ekran görüntüsü gösterilmektedir [66].



Şekil 3.12. MikroBasic Pro for PIC derleyicisi ekran görüntüsü

MikroBasic programı PROGRAM kelimesi ile başlar. Bu kelimedden sonra programa vereceğiniz herhangi bir isim kullanılabilir. “END” Komutu ile program

bitirilmelidir. Bu komut derleyiciye programın bittiğini belirtir ve aynı zamanda programın sonunda sonsuz bir döngü yaratır (programın o noktada durması için).

Daha karmaşık Mikrobasic programlarında semboller, sabit sayılar ve değişkenler kullanılabilir. Eğer; sembol, değişken ve sabit sayılar kullanılmışsa, şu sıraya göre yazılmalıdırlar:

Programın başında **PROGRAM** kelimesi

Sembol kullanılmışsa **SYMBOL** listesi

Sabit kullanılmışsa **CONST** listesi

Değişken kullanılmışsa **DIM** listesi

Sub Procedure

Sub Function

Main: Program yazılımı

Programın sonunda **END** kelimesi ve ‘.’ işareti

Temel program yapısı

Aşağıda, bir programın içermesi muhtemel tüm bileşenler gösterilmiştir.

Program (program ismi)

Include (dahil edilen diğer birimler)

‘ tanımlar (globaler)

‘ sembol tanımları

const sabit_ismi [as tipi] = değer

‘ değişken tanımlar

dim değişken_adları as değişken tipi

‘ yordam tanımları

sub procedure altyordam_ismi (...)

{yerel tanımlar}

end sub

‘ fonksiyon tanımları

sub function fonksiyon_ismi(...)

...

end sub

main :

‘ kodun yazıldığı alan

end.

Değişken tipleri

Çizelge 3.10. Değişken tipleri ve özelliği

DEĞİŞKEN	BİT SAYISI	SAYI BÜYÜKLÜĞÜ
Byte	8	0 ... 255
Char	8	0 ... 255
Word	16	0 ... 65535
Short	8	-128....127
Integer	16	-32768... 32767
Longint	32	-2147483648... 2147483647
Float	32	$\pm 1.17549535082 \cdot 10^{-38}$ $\pm 6.90564774407 \cdot 10^{38}$

Çizelge 3.10’da Mikrobasic programında kullanılan değişken tipleri ve sayı büyüklükleri verilmiştir. Byte, char ve word değişkenler işaretli değişkenlerdir ve birçok mikrodenetleyici tabanlı projelerde işaretli değişkenler kullanılmaktadır. Short, integer, longint değişkenleri ise işareti olan değişkenlerdir. MikroBasic, değişkenler için aşağıda gösterilen sözdizimini kullanır:

DIM değişken_adları **as** değişken tipi

Aşağıda değişken tanımlaması ile ilgili birkaç örnek verilmiştir.

DIM i, j **as** byte

DIM sayac, deger **as** word

Sabitler (Constants)

Sabitler, değerleri program süresince değişmeyen verilerdir. Bir programda sabit kullanma RAM belleğinden tasarrufu sağlar. Sabitler her ifadede kullanılabilir ama onlara yeni bir değer atanamaz.

Sabitler program veya yordamın tanım bölümünde tanımlanmalıdırlar. Conts anahtar kelimesinden sonra istenildiği kadar sabit tanımlanabilir:

Const sabit_ismi [as tipi] = deger

Her sabit tek sabit_ismi'ne sahiptir ve bu isim geçerli bir tanımlayıcı olmalıdır. Sabit isimlerinin büyük harfle yazılması gelenek haline gelmiştir. Sabit, değeri için atama bekleyecektir ki bu değer belirlenen tip için geçerli olmalıdır. Tip tanımlı ihtiyaridir ve tip belirtilmemişse derleyici değeri barındırabilecek en küçük tipi atar.

Bazı sabit tanımlama örnekleri:

```
conts MAKSIMUM as longint = 10000
conts MINIMUM = 1000           ' derleyici word tipi atayacaktır
conts ANAHTAR = "n"           ' derleyici char tipi atayacaktır
conts MSG = "Merhaba"         ' derleyici string tipi atayacaktır
conts AYLAR as byte [ 12] = (31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31)
```

Etiketler (Labels)

Etiketler, goto ve gosub komutlarının hedefleri olarak kullanılırlar. İstenilen komuta uygun bir etiket (:) karakteri ile aşağıdaki gibi atanır:

Etiket_adi: ifade

MikroBasic'de etiket için özel bir tanımlama gerekli değildir. Etiket ismi geçerli bir tanımlayıcı olmalıdır. Etiketli komut ve etikete gidilmesini sağlayan **goto/gosub** komutu aynı blok içinde bulunmalıdır. Dolayısıyla başka bir prosedür veya fonksiyona dallanma söz konusu olamaz. Bir blok içinde aynı etiket birden fazla komuta atanamaz. Main etiketi bir programın başlangıç noktasını işaretler ve her projenin main birimi bulunmalıdır.

Semboller (Symbols)

BASIC sembolleri parametre kullanmadan basit makrolar oluşturulmasını sağlar. Böylece herhangi bir kod satırı tek bir tanımlayıcı takma ada eşlenebilir. Semboller, uygun kullanılırsa, program kodunun okunaklılığını ve yeniden kullanılabilirliğini arttıırırlar. Semboller birimin hemen başında birim isminden ve include ifadesinden hemen sonra tanımlanmalıdır. Bir sembolün kapsamı her zaman içinde tanımlanmış olduğu dosya ile sınırlıdır.

Sembol belirtilişi:

symbol alias = code

Burada, takma ad (alias) program kodu içinde sürekli kullanılacak geçerli bir tanımlayıcı olmalıdır. Bu tanımlayıcının da kapsamı dosyadır. Code herhangi bir komut satırı olabilir (sözseller, atamalar, fonksiyon çağırımlar v.b). Sembol kullanımı RAM bellekten hiç yer kullanmaz, derleyici basitçe sembolü gördüğü her yere eşlenik kod satırını yazar.

Aşağıda bazı sembol tanımlama örnekleri yer almaktadır:

symbol deger = 155 ‘nümerik değer için takma ad

symbol PORT = PORTC ‘SFR için takma ad

dim cnt as byte 'değişken

...

main :

if cnt > deger **then**

cnt = 0

PORT.1 = 0

end if

Operatörler (Operators)

Operatörler, bir ifadenin, değişken ve diğer nesnelere uygulandığında bazı hesaplamaları tetikleyen sembollerdir.

MikroBasic’de dört tip operatör mevcuttur:

- Aritmetik Operatörler
- Bit-işlem Operatörleri
- Boolean Operatörleri
- İlişkili (Relational) Operatörler

MikroBasic’de dört tane öncelik kategorisi mevcuttur. Aynı kategorideki operatörler eşit önceliğe sahiptirler. Her kategori bir birleşme kuralına sahiptir. Sağdan sola veya soldan sağa parantezlerin yokluğunda, bu kurallar eşit öncelikli operatör içeren ifadeleri gruplarlar. Çizelge 3.11’de MikroBasic’de kullanılan operatörler ve öncelikleri verilmiştir.

Çizelge 3.11. MikroBasic’de kullanılan operatörler ve öncelikleri

Öncelik	İşlenen	Operatör	Birleşme
4	1	@ not + -	sağdan sola
3	2	* / div mod and shl shr	soldan sağa
2	2	+ - or xor	soldan sağa
1	2	= <> < > <= >=	soldan sağa

Aritmetik operatörler

Aritmetik operatörler matematiksel hesaplamaları gerçekleştirmek için kullanılırlar. Sayısal işlenenler üzerinde çalışırlar ve sayısal sonuçlar üretirler. Char operatörleri teknik olarak byte olduklarından aritmetik işlemlerde işaretli olarak kullanılabilirler. Tüm aritmetik operatörler soldan sağa doğru birleştirilirler. Çizelge 3.12’de aritmetik operatörler ve öncelikleri verilmiştir. ‘-’ operatörü, bir işaretli değer in işaretini değiştirmek için tekli bir ön ek operatörü gibi kullanılabilir. ‘+’ tekli ön ek operatörü de bu işlev için kullanılabilir ama veriyi etkilemez.

Çizelge 3.12. MicroBasic’de kullanılan aritmetik operatörler

Operatör	İşlem	Öncelik
+	Toplama	2
-	Çıkarma	2
*	Çarpma	3
/	Bölme	3
div	Bölme, aşağıya en yakın tamsayıya yuvarlanır	3
mod	Tamsayı bölmenin kalanını döndürür	3

İlişkisel operatörler (relational)

İlişkisel operatörler, ifadelerin eşit olup olmadığını test etmek için kullanılırlar. Tüm ilişkisel operatörler DOĞRU (TRUE) veya YANLIŞ (FALSE) sonucunu döndürürler (Çizelge 3.13). Tüm ilişkisel operatörler soldan sağa doğru bir araya gelirler [67].

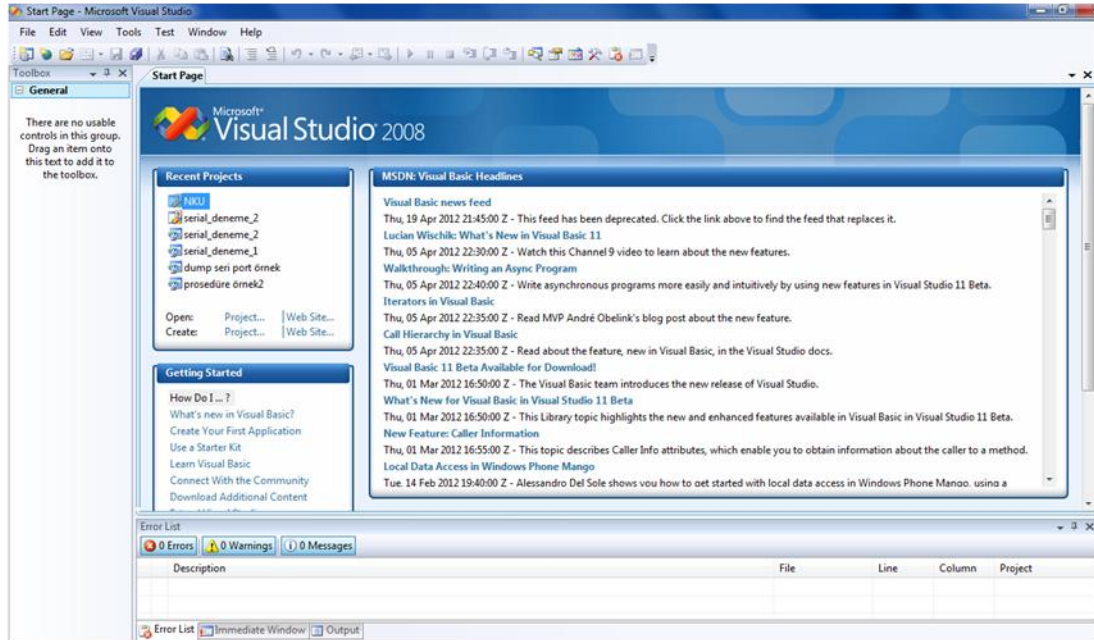
Çizelge 3.13. İlişkisel operatörler

Operatör	İşlem	Öncelik
=	eşit	1
<>	eşit değil	1
>	büyük	1
<	küçük	1
>=	büyük veya eşit	1
<=	küçük veya eşit	1

3.1.7. Microsoft visual studio 2008

Microsoft Visual Studio 2008, Visual Basic.NET, C++, C# ve J++ dilleri ile görsel olarak program geliştirilebilen programlama arabirimidir. En büyük özelliklerinden birisi IDE (Integrated Development Environment) denilen ortak bir uygulama geliştirme platformu sunmasıdır. Böylece yazılım geliştiriciler bir

programlama dilinden diğerine geçtiklerinde geliştirme platformuna alışmakla zaman kaybetmezler. Ek olarak Visual Studio platformu .NET, proje geliştirirken ihtiyaç duyulan her türlü bileşeni barındırır ve tek bir platformda tüm ihtiyaçları karşılar. Uygulamaların (bir masaüstü uygulaması, web servisleri, web uygulamaları vb.) hızlı ve kolay bir şekilde geliştirilmesine, yönetilmesine olanak tanır. Aynı zamanda bir web tabanlı yazılım geliştirme aracı olarak visual studio, kolay, hızlı ve güçlü kurumsal çözümler üretilebilecek uygulamalar geliştirmeye yardımcı araç ve bileşenlere sahip olmasına rağmen, grafik tasarımı web portalları yazmak ya da bağımsız web programlama geliştirmek için ideal değildir. Şekil 3.13’de Microsoft Visual Studio 2008 ekran görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Microsoft Visual Studio 2008

Visual basic.net (VB.Net)

VB.Net, Microsoft şirketi tarafından geliştirilen, Basic, Visual Basic alt yapısından gelen ve 2002 yılından itibaren kendini tamamen yenileyen Nesneye Yönelik (Object Oriented) bir programlama dilidir. Dünya üzerinde en çok kullanılan programlama dillerinden biri olmakla birlikte öğrenilmesi diğer dillere nazaran daha kolaydır.

Visual Basic.Net ise .NET tabanını kullanan bir programlama dilidir. Visual Basic .NET'e kadar gelen süreç şu şekildedir; Basic, Visual Basic ve Visual Basic.NET.

Visual Basic'de, Basic'de bulunmayan ole, ado, activex, dll ve daha sayılamayacak birçok ileri uygulama komutları bulunmaktadır. Visual Basic, .NET kelimesi eklenerek bambaşka ve çok kuvvetli bir dil haline gelmiştir. Visual Basic.NET, tamamen OOP ve .NET ile entegre olarak çalışmaktadır [68].

Visual Basic.Net, Visual Basic'in kapsamlı yeniden tasarım işleminden geçirilmiş halidir. En büyük değişiklik, Visual Basic.Net'in artık yönetilen bir dil olmasıdır. Visual Basic.Net artık kendi yerel derleyicisine sahip değildir. Common language runtime ögesine derlenmektedir. Visual Basic.Net'in, runtime ile çalışabilmesi ve yeni programlama modelini kullanabilmesi için kapsamlı değişiklikler yapılmıştır. Visual Basic .Net, daha yüksek nesne yönelimi düzeyine sahiptir ve önceki sürümlere oranla daha yüksek güvenlik düzeyi sunmaktadır. Bu değişiklikler sayesinde, Visual Basic 6.0 projelerini .Net Framework sistemine taşıırken kodları yeniden yazmak yerine, basit bir bağlantı noktası kullanmak yeterli olacaktır. Yeni özelliklerden bazıları aşağıda sunulmaktadır [69].

Ortak Dil İşletim Zamanı Desteği: Visual Basic.Net Ortak dil işletim zamanı yaklaşımını temel almaktadır; COM-tabanlı bir Visual Basic.Net yoktur. Visual Basic 6.0 uygulamalarının, Visual Basic.Net ortamına taşınması için küçük bir güncelleme çalışması yapılabilir ve işletim zamanı kazançlarından yararlanılabilir.

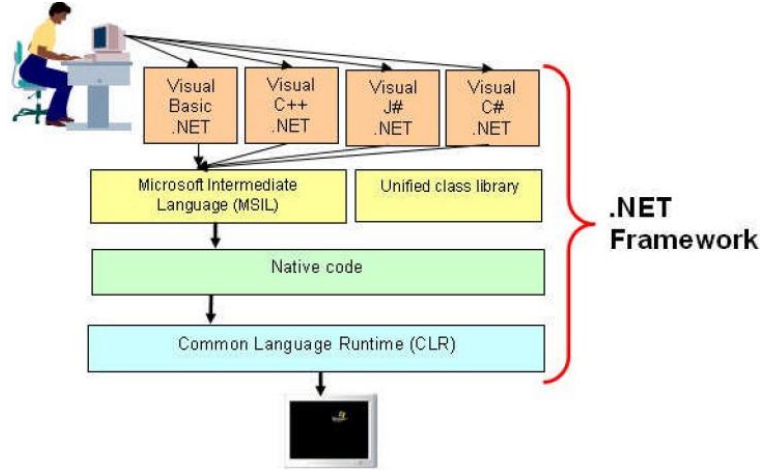
Nesne Yönelimli Tasarım: Dil açısından en çok istenen özellik eski bileşenlerin kullanılabilmesidir. .Net sayesinde, artık Visual Basic programcıları eski uygulamaları kullanabilecek ve yeni Inherits anahtar sözcüğü ile mevcut sınıfları alabilecek ve Overrides ile taban sınıfı işlevini silecektir. Eski öğeleri kullanma özelliği, yönetilen bir dille oluşturulan tüm sınıflarda çalışacaktır.

İşlev aşırı yüklemesi: Uygulama geliştiriciler artık aynı ada sahip olan, ama farklı argüman türleri ve/veya dönüş türleri içeren işlevleri oluşturabilecektir. Visual Basic.Net içindeki oluşturucuları kullanan uygulama geliştiriciler, bir sınıfın yeni örneklerini oluştururken, argümanları sınıfa eşzamanlı olarak iletebilecektir.

Boş Düğüm: Serbest düğümlenme sayesinde, uygulama geliştiriciler zaman uyumsuz yürütme özelliğini kullanarak, daha ölçeklenebilir ve daha güvenli uygulamalar geliştirecektir. Yürütülmesi uzun süren veya harici kaynaklara gerek duyan işlev çağrıları, artık işlem için ikincil düğüm oluşturarak, uygulamanın geri kalan kısmının zaman uyumsuz olarak çalışmaya devam etmesini sağlayacaktır.

Diğer Yeni Özellikler: Visual Basic.Net içindeki kesin tür denetimi, Visual basic 6.0 içindeki gizli tür zorlamayı sıkılaştırmaktadır. Visual Basic 6.0'da, hemen hemen her tür başka bir türe gizli olarak çevrilebilmekte, ama tür sınırları aşıldığında çalışma zamanı hatası oluşturmaktadır. Visual Basic.Net, çalışma zamanında hataya neden olabilen tüm çevrimler için derleme zamanı hataları oluşturmamaktadır. Yapılandırılmış istisna işleme özelliği, Visual Basic 6.0'daki On Error GoTo veya Resume Next hata işleme özelliğinin yerini almıştır. Yapılandırılmış istisna işleme sayesinde uygulama geliştiriciler, Try...Catch deyimlerini kullanarak normal koşullarda ve istisna koşullarında çalışan kodlar yazabilmektedir. Windows Forms, Visual Basic.Net'te uygulama geliştirme için yeni teknolojidir ve diller arasında uyumludur [70].

Net Framework, Microsoft tarafından geliştirilen, açık internet protokolleri ve standartları üzerine kurulmuş komple bir uygulama geliştirme platformudur. Buradaki uygulama kavramının kapsamı çok geniştir. Bir masaüstü uygulamasından, bir web tarayıcı uygulamasına kadar her şey bu platform içinde düşünülmüştür ve desteklenmiştir. Bu uygulamaların birbirleriyle ve geliştirildiği ortam fark etmeksizin dünyadaki tüm uygulamalarla iletişimi için kolayca web servisleri oluşturulmasına imkân verilmiştir. Şekil 3.14'de Net platformunun bileşenleri verilmiştir.



Şekil 3.14. .Net platformunun bileşenleri

Net platformu, işletim sisteminden ve donanımdan daha üst seviyede taşınabilir olarak tasarlanmıştır. Net platformu:

- İnterneti hedef alan bileşen setiyle,

- Programcılarını özgürleştiren, diller arası etkileşime olanak tanıyan bağımsız dil mimarisiyle,
 - Donanımdan bağımsız ara seviye derleme ve güvenli talimat icraatını güvence altına alan çalışma zamanı ortamıyla,
 - Web uygulamalarına getirdiği özgün ve radikal yaklaşımıyla,
 - Zengin ve mükemmel organize edilmiş sınıf kütüphanesi ve dokümantasyonuyla,
 - Sınırları ortadan kaldıran web servisi desteğiyle,
- ve daha birçok özelliğiyle, teknolojik özgün bir platformdur.

.Net platformunun yapısı

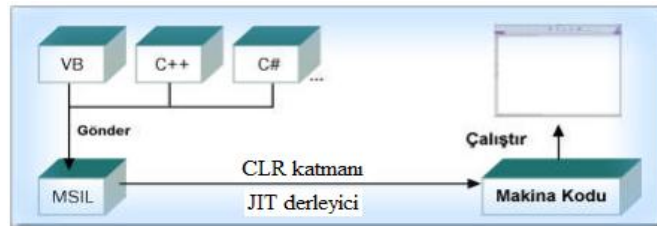
.NET kodu ilk önce IL (Intermediate Language-Ara dil) veya MSIL (Microsoft Intermediate Language- Microsoft Ara dili) koduna çevrilir, bu IL kodu çalıştırılmak istendiğinde CLR (Common Language Runtime - Ortak Dil Çalıştırma) katmanı, JIT (Just in Time – anlık) derleyicilerini kullanarak kodu makine diline çevirir. JIT derleyiciler programın çalıştırıldığı sistemin ve işlemcinin anlayabileceği makine kodunu oluşturur. Bu derleyiciler CLR katmanı içerisinde yer alır ve CLR katmanının varsayılan derleme seçeneğidir. Windows ortamı için 3 çeşit JIT mevcuttur. Bunlar:

Normal JIT: IL kodu makine koduna çevrilirken default (varsayılan) olarak kullanılan derleyicidir. IL kodunu orijinal makine koduna çevirir ve önbellekte tutar. Örneğin, program içindeki derlenmiş bir metot program akışı içinde tekrar çağrılırsa önbellekten çekilir.

Pre-JIT: Bu çeşit derleyicide tüm program kodu makine koduna çevrilip sonra çalıştırılır. Fazla hafıza gerektirir. Programın daha hızlı çalışmasını sağlar.

Eco JIT: Kısıtlı hafıza ve önbellekli sistemlerde. NET programlarının daha iyi çalışmalarını sağlamak için kullanılan derleyicidir.

Şekil 3.15’de Net tabanlı bir programın çalıştırılma evreleri verilmiştir.



Şekil 3.15. Net tabanlı bir programın çalıştırılma evreleri

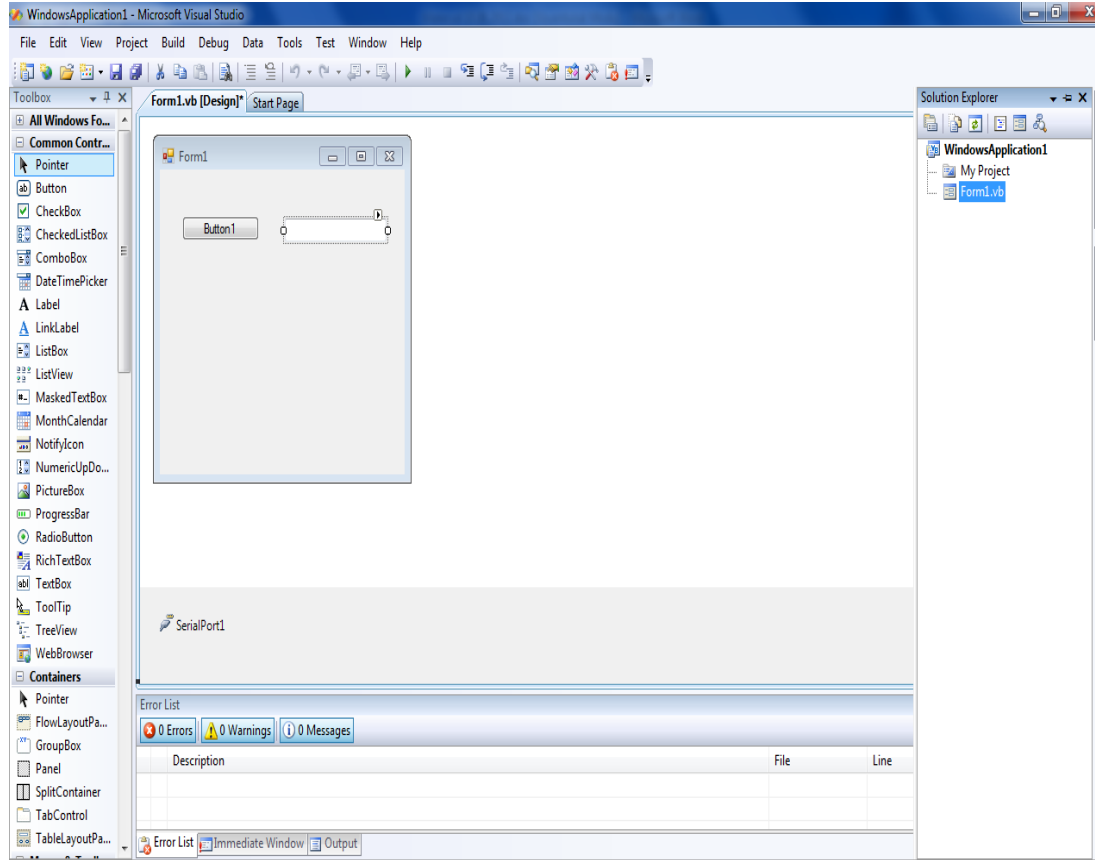
Normalde bir program derlendiğinde doğrudan makine koduna çevrilirken, .NET uyumlu bir dil ile derleme yapıldığında program kodu makine koduna değil de MSIL (Microsoft Intermediate Language) koduna çevrilir. Programın derlenmesi sonucu oluşan dosyalardan dll uzantılı olanlar MSIL kodu içerir.

MSIL, işlemciden bağımsız komut setinden oluşmaktadır. Bu komut seti içerisinde nesnelerin yüklenmesi, depolanması ve initialize (başlatılması) edilmesini sağlayan komutların yanı sıra aynı zamanda nesneler üzerinde metot çağrımını sağlayan komutlar da yer almaktadır. MSIL, NET dilleri arasında bir bütünleşme sağlamaktadır. MSIL kodun çalıştırılmasından önce var olan MSIL kodu, doğal makine koduna (native code) dönüştürülmektedir.

CLR, .NET altyapısında programların çalışmasını kontrol eden ve işletim sistemi ile geliştirilen program arasında yer alan arabirimdir. CLR, makine diline çevrilmiş kodu önbellekte tutar, bu performans artışına sebep olurken diğer taraftan sistem hafızasında küçümsemeyecek yer işgal eder.

Visual Basic.Net gibi nesne tabanlı programlama dillerinde, veri ve veriyi işleyip mantıklı sonuçlar üreten metotlar oluşturulur.. Nesne tabanlı programlama tekniğinde önce sınıflar (Class), daha sonra bu sınıflara ait veriler ve bu verileri işleyerek sonuçlar üreten, genel (public) veya özel (private) olarak metotlar (altyordamlar ve fonksiyonlar) tanımlanır. Genel olarak oluşturulan metotlar, program içerisinde her yerden çağrılabilirken özel olarak oluşturulan metotlar program içinde sadece yer aldığı sınıf içerisinde çağrılabilir [71].

Geliştirilmek istenen projenin kullanıcı arabirimi, Windows formlarıdır. Projelere bilgi giriş ve çıkışı bu formlar üzerine yerleştirilen nesneler yardımıyla yapılır. Şekil 3.16'da VB.Net program geliştirme arabirimi görülmektedir.



Şekil 3.16. VB.Net Program Geliştirme Arabirimi

3.2. YÖNTEM

Bu çalışmada, CNC makineler ile yapılacak işlemlerin sürekli kontrol altında tutularak optimum ilerleme koşullarını korumaya çalışan bilgisayar destekli veri toplama ve kontrol sistemi tasarımı hedeflenmiştir.

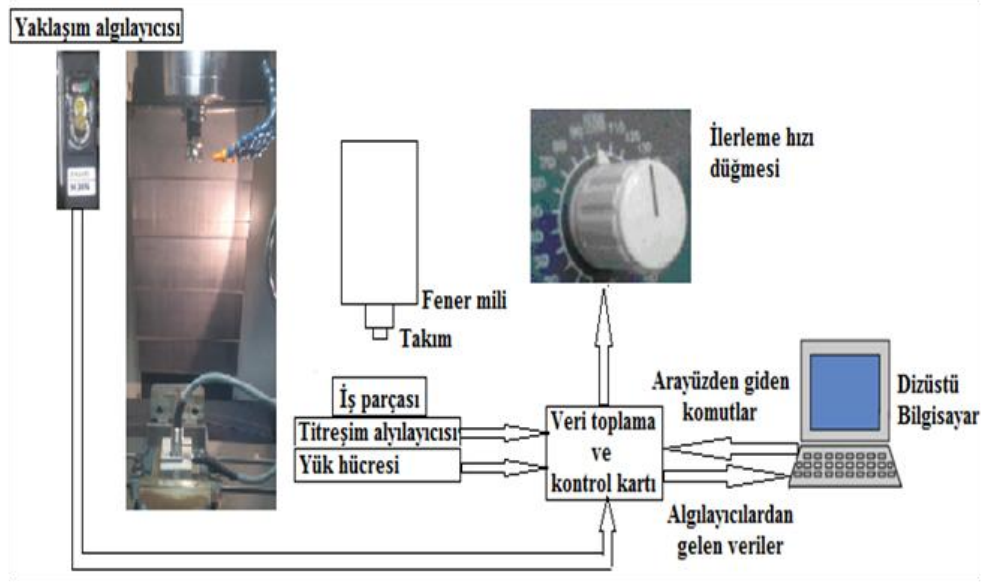
Tasarım aşamasında mekatronik tasarım yöntemleri ile algılayıcılardan gelen veriler doğrultusunda, hazırlanan bilgisayar programı ve mikrodenetleyici programıyla bir step motor kontrol edilmiştir. Bu step motor, CNC makinenin ilerleme hızı düğmesine mekanik olarak bağlanarak bu düğmeyi kontrol etmektedir.

Tasarlanan sistemde kullanılan elemanların seçiminde önceki çalışmalarda kullanılan genel kabul görmüş algılayıcılardan yararlanılmıştır. Fakat algılayıcılardan gelen titreşim ve kesme kuvveti verileri, takım ömrünü tahmin etmek için değil, geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile CNC tezgahın ilerleme hızını kontrol etmek için kullanılmıştır.

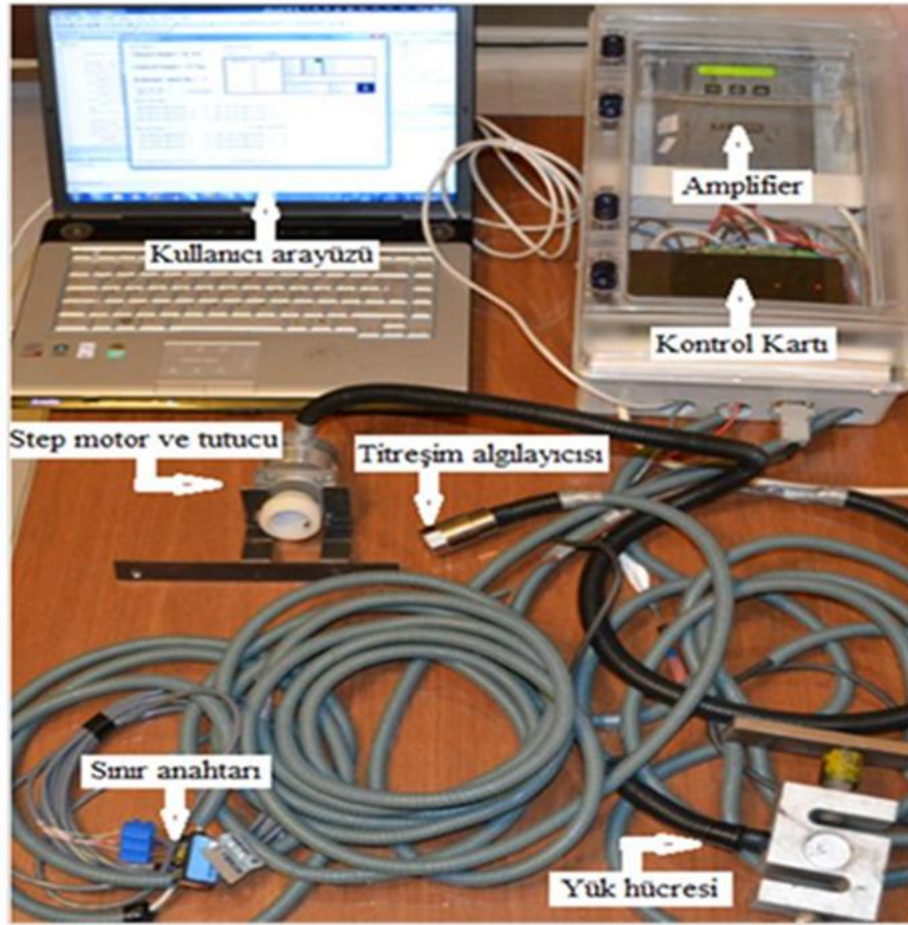
Araştırma ve deneysel çalışmalar üç aşamalı olarak yürütülmüştür. Bu aşamalar şunlardır:

1. Sistemin elektronik tasarımı
2. Sistem yazılımının tasarımı
3. Sistemin gerçek koşullarda uygulamalı testi

Gerçekleştirilen sistemin blok şeması Şekil 3.17’de sunulmuştur. Şekil 3.18’de ise sistemin bileşenleri görülmektedir.



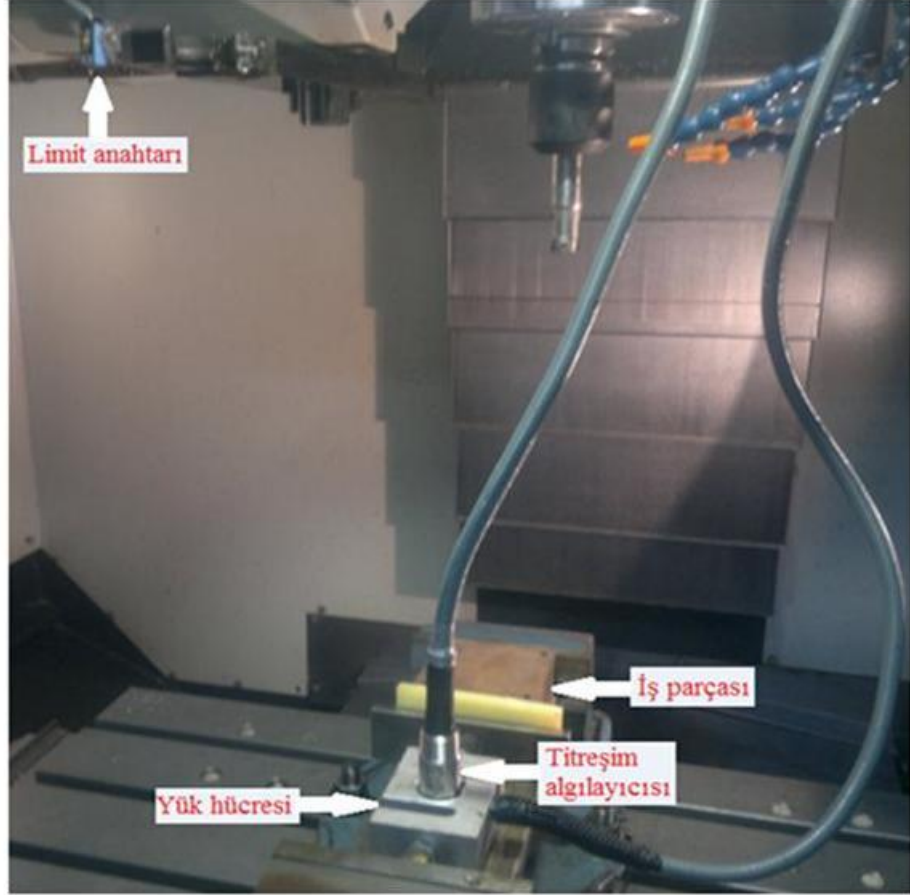
Şekil 3.17. Sistemin blok diyagramı



Şekil 3.18. Geliştirilen sistemin bileşenleri

3.2.1. Sistemin elektronik tasarımı

Bu çalışmada titreşim, kuvvet ve yaklaşım anahtarı (limit switch) algılayıcılarından gelen sinyallere göre step motoru kumanda ederek ilerleme hızını ayarlayacak bilgisayar destekli veri toplama ve kontrol sistemi tasarlanmıştır. Şekil 3.19’da veri toplama ve kontrol kartına sinyalleri gönderen algılayıcılar görülmektedir.



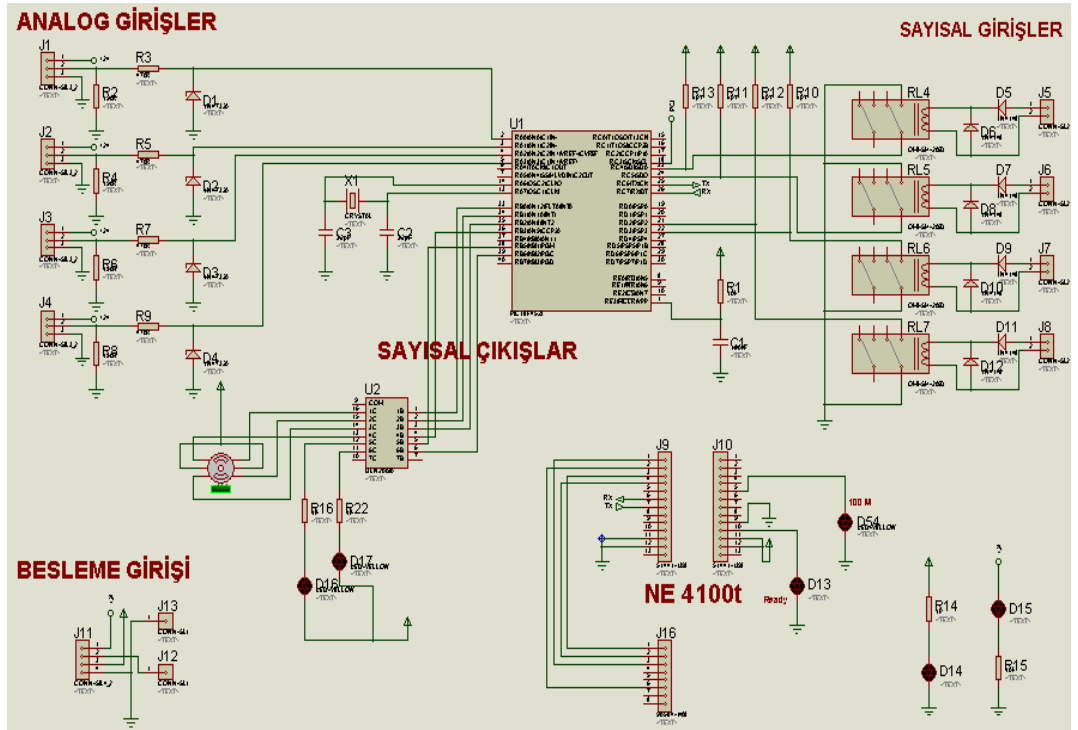
Şekil 3.19. CNC makine üzerine monte edilmiş algılayıcılar

Şekil 3.20’de PIC 18F4523 mikrodenetleyicisi ile tasarlanmış veri toplama ve kontrol kartının görüntüsü verilmiştir.

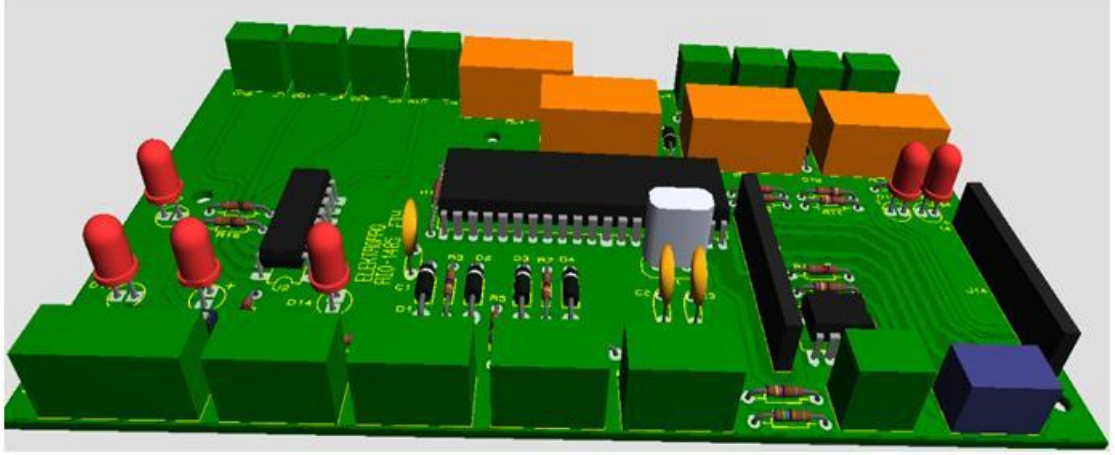


Şekil 3.20. Veri toplama ve kontrol kartı

Tasarım ve simülasyonlar Proteus Isis elektronik devre çizim programında gerçekleştirilmiş olup ve Ares baskı devre programında da geliştirilen kartın baskı devresi hazırlanmıştır. Geliştirilen veri toplama ve kontrol kartının şeması ve baskı devresinin üç boyutlu görünümü Şekil 3.21 ve Şekil 3.22’de görülmektedir.

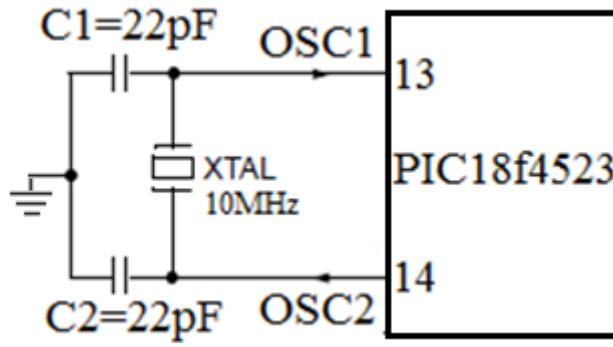


Şekil 3.21. Elektronik kartın Proteus Isis programındaki devre şeması



Şekil 3.22. Elektronik kartın Proteus Ares programındaki üç boyutlu görünümü

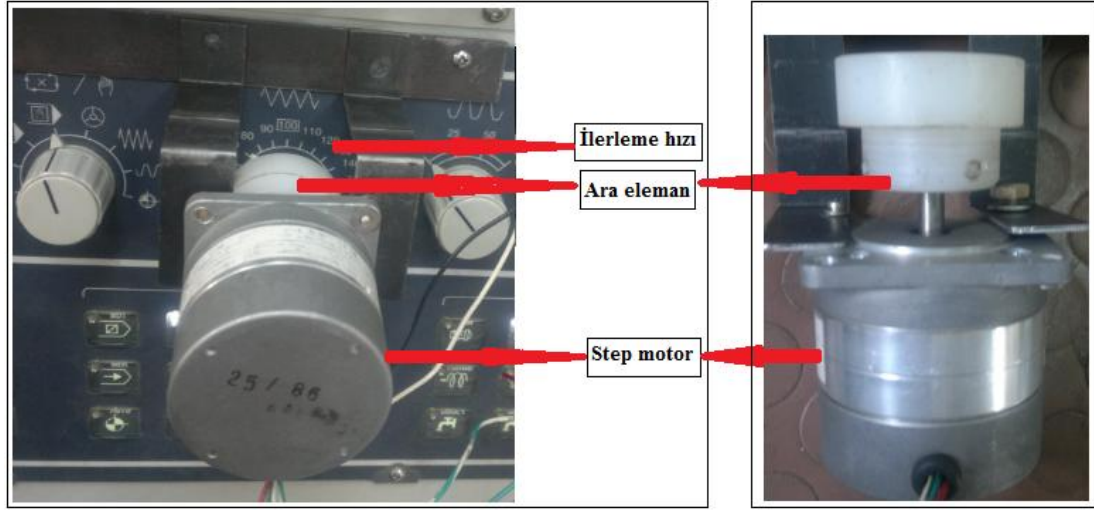
Bu mikrodenetleyicide OSC1 ve OSC2 ayaklarına bağlanan bir 10MHz'lik XT kristal osilatör kullanılmıştır. Kristal osilatörler zamanlamanın hassas bir şekilde gereken uygulamalarda kullanılır. Bu osilatör tipi bir kristal ve iki kondansatörden meydana gelir [72]. Şekil 3.23'de osilatör bağlantıları verilmiştir.



Şekil 3.23. Osilatör bağlantı şeması

Elektronik kart dört adet analog girişe ve dört adet de sayısal girişe sahiptir. RA0 ve RA1 analog girişlerine sırasıyla titreşim algılayıcısı ve yük hücresi bağlanmıştır. RC4 sayısal girişe ise CNC tezgahın takım kolunu algılayarak kaçınıcı takımda işleme yapıldığını sisteme bildiren yaklaşım anahtarı bağlanmıştır. Çıkış olarak B portu kullanılmış olup, ULN 2003 entegresi aracılığı ile kontrol edilecek unipolar step motora bağlanmıştır. Step motor ile makinanın ilerleme hızı düğmesi birbirine özel olarak

hazırlanan bir ara elemanı ile bağlanmıştır. Şekil 3.24’de gösterilen ara eleman yardımıyla step motorun hareketi birebir olarak ilerleme hızı komütatör düğmesine aktarılmaktadır.



Şekil 3.24. Step motor ve ara eleman

Step motorlara sürüş bilgisi mikrodenetleyiciler veya PLC gibi cihazlarla gönderilmektedir. Bu çalışmada mikrodenetleyicili bir sistem tercih edilmesinin nedeni maliyetinin düşük olması, kolay programlanabilir olması ve de performansı yüksek olmasından dolayıdır. İlerleme hızı komütatörünü döndürecek olan step motor, yüksek tork ile dönmesi için 2 fazlı-tam adım yöntemi ile sürülmüştür. Motora uygulanan sinyaller Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.14. Step motorun tam adım sürülmesi

Adım	RB3	RB2	RB1	RB0
1	1	0	1	0
2	0	1	1	0
3	0	1	0	1
4	1	0	0	1

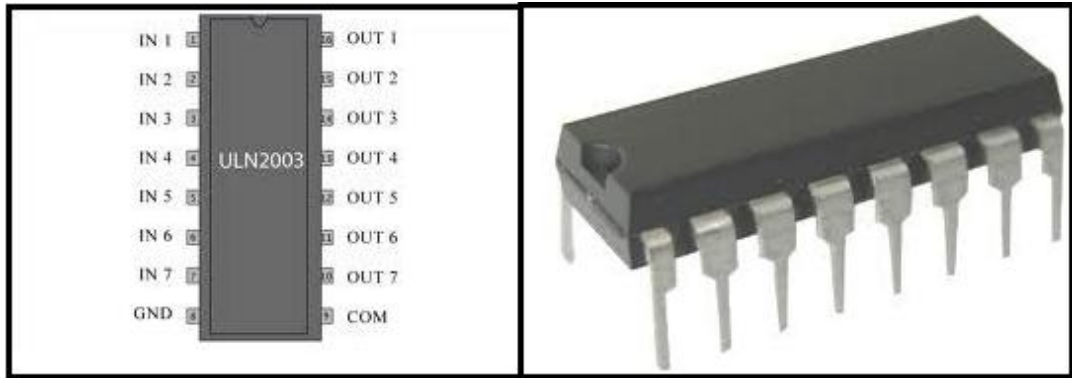
Elektronik kart daha sonra yapılacak çalışmalar için sistemin geliştirilmesine imkan verecek şekilde genişleyebilir özellikte tasarlanmıştır. Sisteme iki adet yeni

analog algılayıcı ve 3 adet de sayısal algılayıcı ilave edilebilir.

3.2.1.1. ULN 2003 entegresi

PIC18F4523'nin pin çıkışlarındaki gerilim ile step motor sürülemeyeceği için, sürücü olarak ULN2003 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre birbirinden bağımsız yedi adet darlington NPN transistör ve katotları ortak bağlı koruma diyotlarından oluşur. Entegredeki darlington transistörler, 500mA kolektör akımına ve 50V çıkış geriliminde çalışacak özelliğe sahiptir. ULN2003 entegresi, elektronik devrelerde röle, step motor ve ekran gibi elektronik malzemeleri sürmek amacıyla kullanılır. Entegrenin 1 numaralı pininden uygulanan data sinyali 16 numaralı pininden step motoru sürecektir. Böylece step motorun bobinlerini ayrı ayrı transistörler aracılığı ile sürmek yerine transistörlerin tek yapı içinde bulunduğu bu entegre step motor uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır [73].

Bu entegrenin ayak isimleri ve görünümü Şekil 3.25'de verilmiştir.



Şekil 3.25. ULN2003 entegresinin pin çıkışları

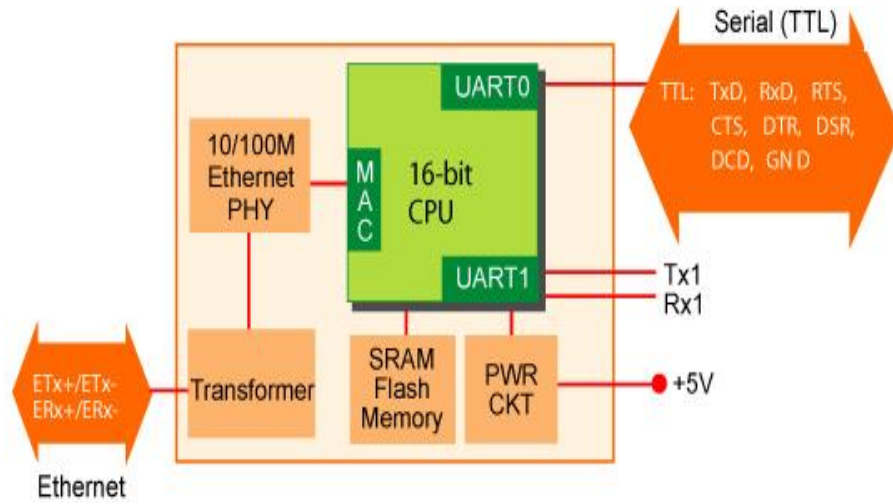
3.2.1.2. NE 4100T ethernet modülü

Bu modül herhangi bir standart seri (TTL) ara yüzü olan bir cihaza yüksek hızda ethernet ve TCP/IP haberleşme fonksiyonu kazandırmak için tasarlanmıştır. Şekil 3.26'da modülün görünüşü ve ayak isimleri verilmiştir. Şekil 3.27'de ise modülün blok diyagramı görülmektedir. Modül, TXD ve RXD ayaklarından seri olarak PIC18F4523 denetleyicisi ile haberleşmekte ve ETx+, ETx-, ERx+, ERx- ayaklarından da Ethernet üzerinden bilgisayar ile haberleşmektedir.



Pin no	Sinyal	Pin no	Sinyal
1	ETx+	14	PIO0
2	ETx-	15	PIO1
3	ERx+	16	PIO2
4	ERx-	17	PIO3
5	LED 10M	18	LED 10M
6	TXD	19	DCD
7	RXD	20	DSR
8	RTS	21	DTR
9	CTS	22	GND
10	Reset	23	Ready LED
11	GND	24	+5V
12	GND	25	+5V
13	TXD1*	26	RXD1*

Şekil 3.26. NE 4100T ethernet modülü ve ayak bağlantıları



Şekil 3.27. NE 4100t modülünün blok diyagramı [74]

NE 4100t modülünün özellikleri ve faydaları şunlardır:

- 10/100 Mbps Ethernet ara yüzü
- 230.4 Kbps baud hızı desteği
- Real COM, TCP Server, TCP İstemci ve UDP desteği
- DHCP, BootP, Statik IP ve ARP desteği
- Olay kaydı ve uyarısı için SNMP ve e-mail alarm sistemi
- Bir kredi kartının yarısı kadardır—>sadece 57 × 40 mm
- Tek bir +5 V güç girdisi ile son derece düşük güç sarfıyatı 1.5W

- 26-pin dual-in-line konektör [75]

3.2.2. Sistem yazılımının tasarımı

3.2.2.1. PIC18F4523 mikrodnetleyici yazılımı

Deneyisel olarak test edilen veri toplama ve kontrol kartındaki PIC 18F4523 mikrodnetleyici programının algoritması MikroBasic Pro for PIC platformunda orta seviye programlama dili olan MikroBasic kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu proje için özel olarak geliştirilen kontrol sisteminin akış diyagramı Şekil 3.29’da görölmektedir.

Akış diyagramında bir adet analog titreşim girdisi, bir adet analog kuvvet girdisi ve bir adet de sayısal girdi bulunmaktadır.

MikroBasic dilinde, Program adından sonra, önce sabitler sonra değişkenler ve alt prosedürler ve son olarak da main ile başlayan ana program tanımlanmıştır. Mikrodnetleyici konfigürasyonunda ADC kontrol yazmacı 1 olan ADON1=%00001011 seçilerek AN0, AN1, AN2 ve AN3 kanalları analog giriş, diğer kanallar ise sayısal giriş olarak ayarlanmıştır. Mikrodnetleyici programında A portunun RA0 ve RA1 ayakları analog giriş olarak, C portunun RC4 ayağı sayısal giriş olarak, B portu ise sayısal çıkış olarak tanımlanmıştır. Şekil 3.28’de PIC18F4523 mikrodnetleyicisi için Mikrobasic dilinde yazılan programın bir kısmı görölmektedir.

```
dec(Step_Faz)
if Step_Faz>3 then Step_Faz=3 end if
dec(Step_Poz)
end if

select case Step_Faz
case 0
LATB.0=0
LATB.1=1
LATB.2=0
LATB.3=1
case 1
LATB.0=0
LATB.1=1
LATB.2=1
LATB.3=0
case 2
LATB.0=1
LATB.1=0
LATB.2=1
LATB.3=0
case 3
LATB.0=1
LATB.1=0
LATB.2=0
LATB.3=1
end select
```

Şekil 3.28. Mikrobasic dilinde yazılan projenin bir kısmı

3.2.2.2. Kullanıcı ara yüzü yazılımı

Kullanıcı ara yüzü programı Microsoft Visual Studio 2008 platformunda Visual Basic.NET dili ile görsel olarak programlanmıştır. .NET teknolojisinde yer alan her nesne, mutlaka sınıflardan türetilmiştir. Sınıf bildirimi class anahtar kelimesi ile gerçekleştirilir. Geliştirilen projede, Şekil 3.30'da bir kısmı görülen kullanıcı tanımlı Form1 adında bir sınıf oluşturulmuştur. Sınıf isminden sonra sınıf içindeki üye elemanlar ve metotlar sırayla tanımlanarak sistemin algoritması kodlanmıştır. Şekil 3.31'de Form1 sınıfında tanımlanan metotların bir kısmının görülmektedir.

```
Public Class Form1
    Dim Titresim As String
    Dim Kuvvet As String
    Dim Kuvvet_Ham As Integer
    Dim Titresim_Ham As Integer
    Dim TakimNo As Integer
    Dim KenarAlgılama As Integer
    Dim KLimit_Alt As Integer
    Dim KLimit_Ust As Integer
    Dim TLimit_Alt As Integer
    Dim TLimit_Ust As Integer
    Dim Gecen_Sure As Integer
    Dim baglan As OleDbConnection
    Dim komut As New OleDbCommand

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
        Komutator: MsgBox("İlerleme hızı düğmesini sıfır pozisyonuna alınız", MsgBoxStyle.OkOnly)
        Dim motor = MsgBox("İlerleme hızı düğmesi sıfır pozisyonunda mı?", MsgBoxStyle.YesNo)
        If motor = MsgBoxResult.No Then GoTo Komutator
    End Sub
```

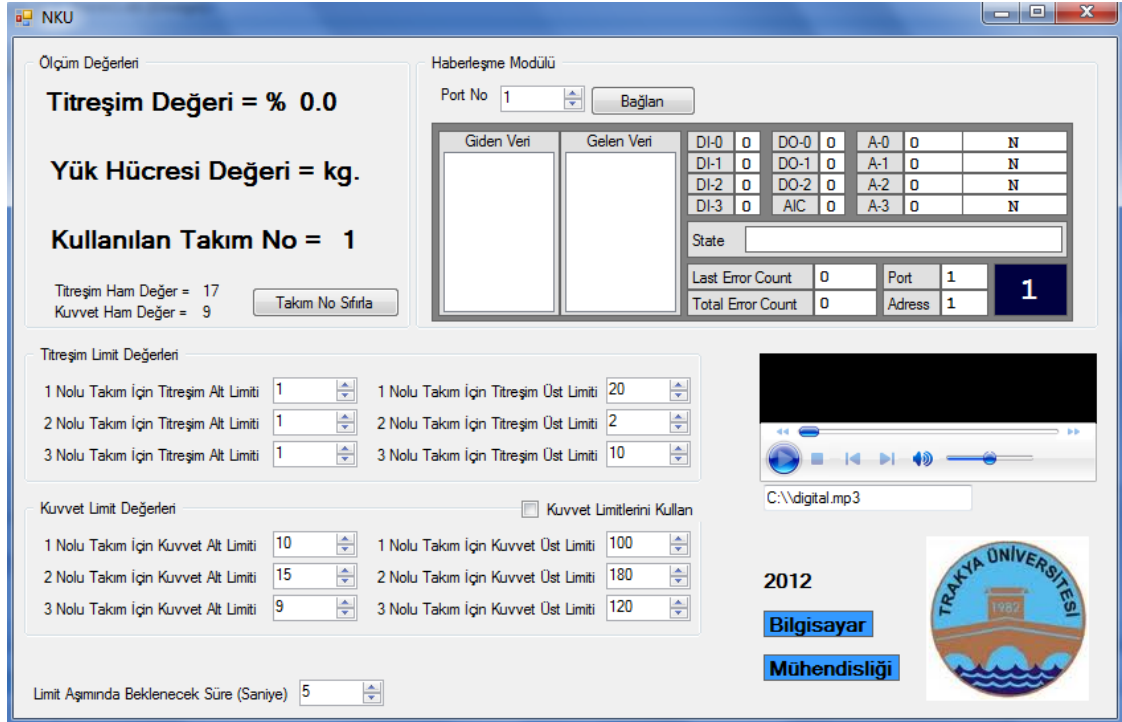
Şekil 3.30. Form1 sınıfı üyelerinin bir kısmının görünümü

```
Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
    Komutator: MsgBox("İlerleme hızı düğmesini sıfır pozisyonuna alınız", MsgBoxStyle.OkOnly)
    Dim motor = MsgBox("İlerleme hızı düğmesi sıfır pozisyonunda mı?", MsgBoxStyle.YesNo)
    If motor = MsgBoxResult.No Then GoTo Komutator
    mesaj: Dim sonuc = MsgBox("Limit değerlerini girdiniz mi? ", MsgBoxStyle.YesNo)
    If sonuc = MsgBoxResult.No Then Exit Sub
    Rio1000H1.PortNo = NumericUpDown1.Value
    Rio1000H1.Sure = 200
    Timer1.Enabled = "1"
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
    Dim GecDeg1 As Integer
    Dim yol As String = Application.StartupPath.ToString & "veritabani için kod"
    Dim baglan As New OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0; Data Source=C:\örnek7.mdb")
    Rio1000H1.GirisOku()
    GecDeg1 = Rio1000H1.AnalogInput(0)
    Titresim_Ham = GecDeg1
    Titresim = Trim(Str(GecDeg1))
End Sub
```

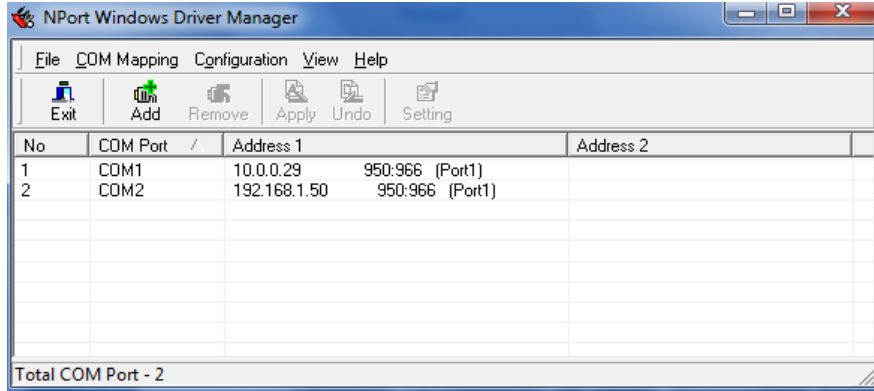
Şekil 3.31. Form1 sınıfında tanımlanan metotların bir kısmının görünümü

Ara yüz programının çalışma anı ekranı Şekil 3.32'de verilmiştir.



Şekil 3.32. Geliştirilen sistemin kullanıcı ara yüzü ekranı

Ara yüz yazılımı veri toplama ve kontrol kartı ile dizüstü bilgisayarın hangi portundan haberleştiğini bulmak için Şekil 3.33’da görülen NPort Windows Driver Manager programı kullanılmıştır.



Şekil 3.33. NPort Windows Driver Manager ekranı

Kullanılan port bilgisi bulunduktan sonra ara yüzdeki Port No kısmına bu bilgi girilmiş ve dizüstü bilgisayardaki yerel alan ağı bağlantı ayarları yapılarak sistem çalıştırılmıştır. Titreşim Ham Değer ve Kuvvet Ham Değer kısımlarında bilgi alımına başlanmıştır. Kuvvet Limitlerini Kullan seçeneği işaretli olmadığında, kontrol sadece titreşim bilgisine göre yapılmaktadır. Kuvvet Limitlerini Kullan seçeneği işaretlenirse

kontrol hem titreşim hem de kuvvet bilgisine göre yapılmaktadır.

İşlemeye başlamadan önce arayüz programı, operatöre ilerleme hızı düğmesini başlangıç pozisyonuna alıp almadığını sormakta ve bu düğmenin başlangıç pozisyonuna alınmasını sağlamaktadır. Operatör bu adımı tamamlayınca program, titreşim ve kuvvet sinyallerinin kontrolde kullanılacağı limit değerlerinin girilip girilmediğini sormakta ve limit değerlerinin girildiği onaylanınca sistem çalışmaya başlamaktadır. İşleme anında, sisteme girilen limit değerleri aşılsa sistem operatörü sesli ve yazılı mesaj ile uyarmaktadır.

Şekil 3.34’de kullanıcı arayüzünün, Visual Basic.Net programlama dilinde tasarım anında alınan Windows Form1’in ekran görüntüsü verilmiştir.

Form1.vb [Design]*

NKU

Ölçüm Değerleri

Titreşim Değeri = % 0.0

Yük Hücresi Değeri = kg.

Kullanılan Takım No = 1

Titreşim Ham Değer = 17
Kuvvet Ham Değer = 9

Takım No Sıfırla

Haberleşme Modülü

Port No 1 Bağlan

Giden Veri	Gelen Veri

DI-0	DO-0	A-0	N
0	0	0	N
DI-1	DO-1	A-1	0
0	0	0	N
DI-2	DO-2	A-2	0
0	0	0	N
DI-3	AIC	A-3	0
0	0	0	N

State

Last Error Count 0 Port 1

Total Error Count 0 Adress 1

1

Titreşim Limit Değerleri

1 Nolu Takım İçin Titreşim Alt Limiti 1 1 Nolu Takım İçin Titreşim Üst Limiti 100

2 Nolu Takım İçin Titreşim Alt Limiti 1 2 Nolu Takım İçin Titreşim Üst Limiti 2

3 Nolu Takım İçin Titreşim Alt Limiti 1 3 Nolu Takım İçin Titreşim Üst Limiti 10

Kuvvet Limit Değerleri

Kuvvet Limitlerini Kullan

1 Nolu Takım İçin Kuvvet Alt Limiti 10 1 Nolu Takım İçin Kuvvet Üst Limiti 100

2 Nolu Takım İçin Kuvvet Alt Limiti 15 2 Nolu Takım İçin Kuvvet Üst Limiti 180

3 Nolu Takım İçin Kuvvet Alt Limiti 9 3 Nolu Takım İçin Kuvvet Üst Limiti 120

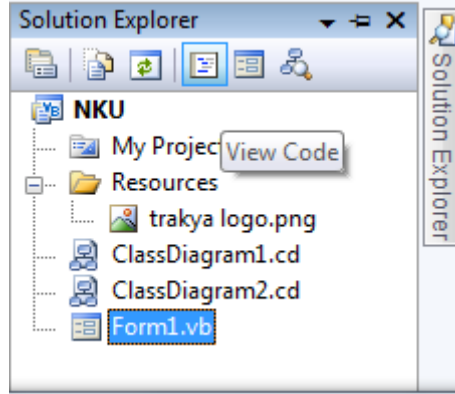
2012

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

Timer1 Timer2 Timer3 Timer4

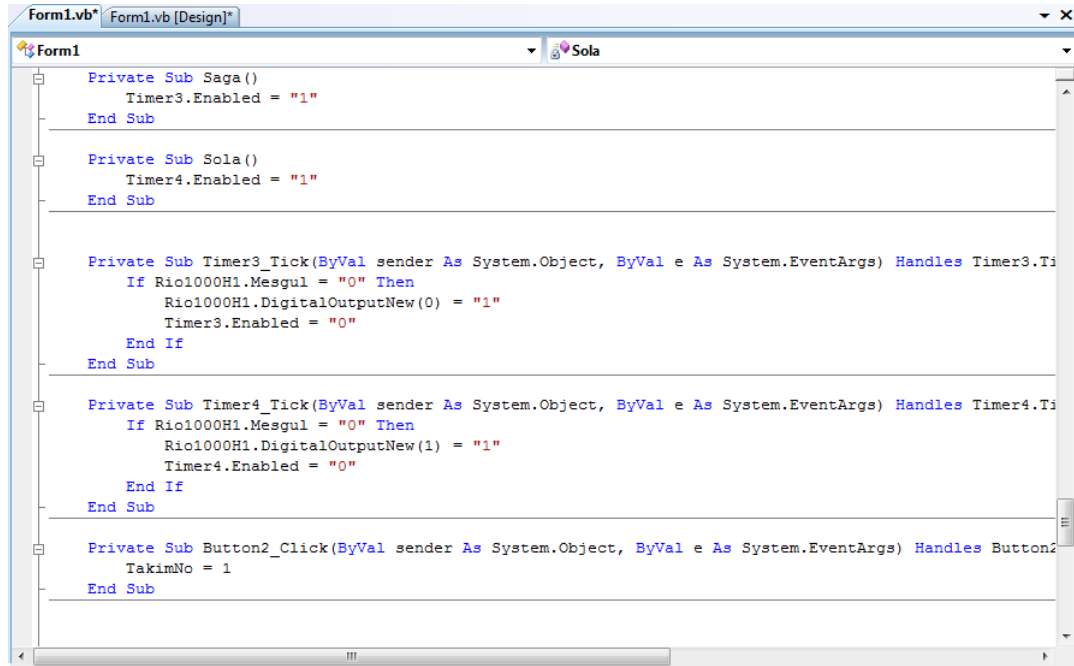
Şekil 3.34. Windows Form1’in tasarım ekran görüntüsü

Visual Basic.Net ortamında, çözüm gezgini (solution explorer) penceresi, geliştirilen projede kullanılan tüm dosyaları gösterir ve bu dosyalar arasında geçiş yapılmasına izin verir. Şekil 3.35’de verilen çözüm gezgini penceresindeki, kodu göster (view code) sekmesi seçildiğinde form tasarımından program kodlarının bulunduğu pencereye geçiş yapılır.



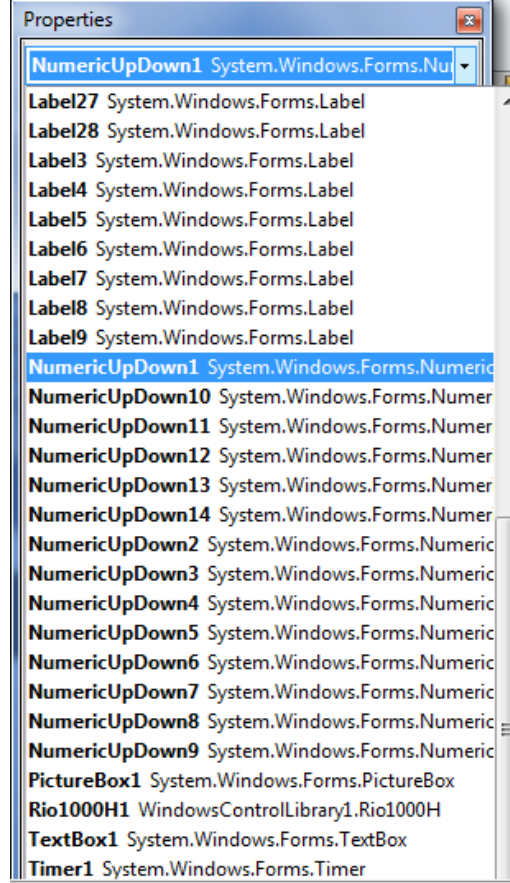
Şekil 3.35. Çözüm gezgini penceresi

Şekil 3.36’da kullanıcı arayüz programının tasarım anında alınan, Windows Form1’e yerleştirilmiş denetim elemanlarına ait olay alt yordamlarının bulunduğu yani metotlara ait program kodlarının yazıldığı kod penceresi görülmektedir.



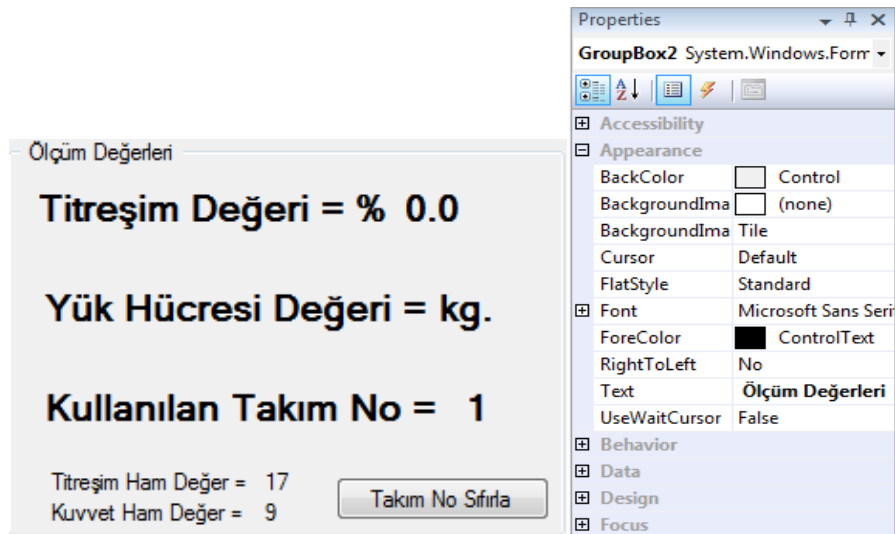
Şekil 3.36. Metotlara ait program kodlarının bulunduğu kod penceresi

Şekil 3.37’de kontrol sisteminin arayüz geliştirme programında kullanılan nesnelerden bazıları görülmektedir.



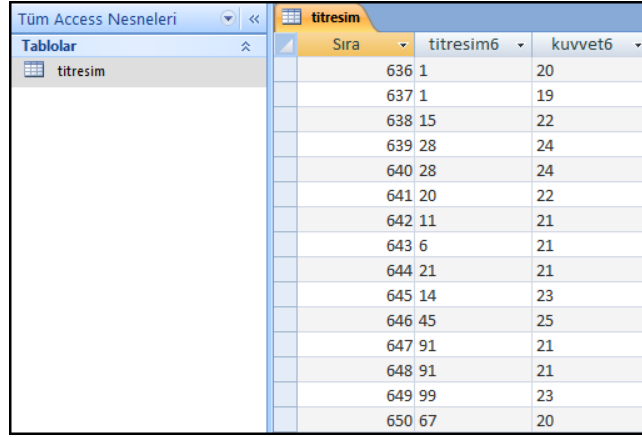
Şekil 3.37. Geliştirilen projede kullanılan nesnelerden bir kısmı

Şekil 3.38’de geliştirilen proje formuna yerleştirilen denetim elemanlarından biri olan Groupbox2 nesnesinin kendisi ve bu nesneye ait özelliklerin görüldüğü pencere verilmiştir.



Şekil 3.38. Denetim elemanlarından biri olan Groupbox2 nesnesi ve özellikleri

Çalışma anında, veri toplama ve kontrol kartı ile titreşim ve yük hücresinden alınan veriler, arayüz programı ile Microsoft Access veritabanında oluşturulan bir tabloda saklanmaktadır (Şekil 3.39).



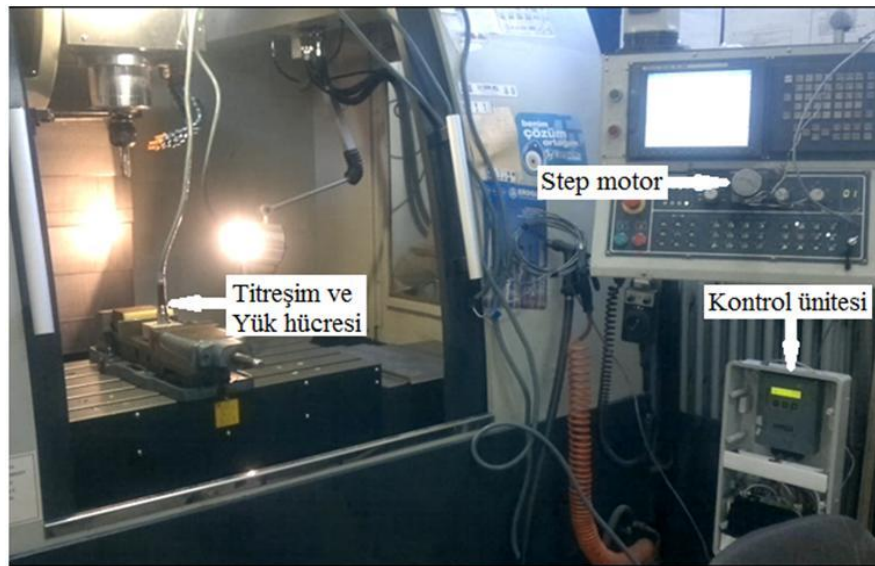
Sıra	titresim6	kuvvet6
636	1	20
637	1	19
638	15	22
639	28	24
640	28	24
641	20	22
642	11	21
643	6	21
644	21	21
645	14	23
646	45	25
647	91	21
648	91	21
649	99	23
650	67	20

Şekil 3.39. Titreşim ve kuvvet sinyallerinin kaydedildiği veritabanı

3.2.3. Sistemin gerçek koşullarda uygulamalı testi

Kesme koşullarının belirlenmesi

Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen sistemin, çalışma başarısı uygulamalı olarak Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu bünyesinde bulunan Argo A85 CNC dik işleme merkezi üzerinde denenmiştir. Şekil 3.40’da deneysel çalışma esnasında alınan sistemin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.40. Deneysel çalışmalar esnasında sistemin görüntüsü

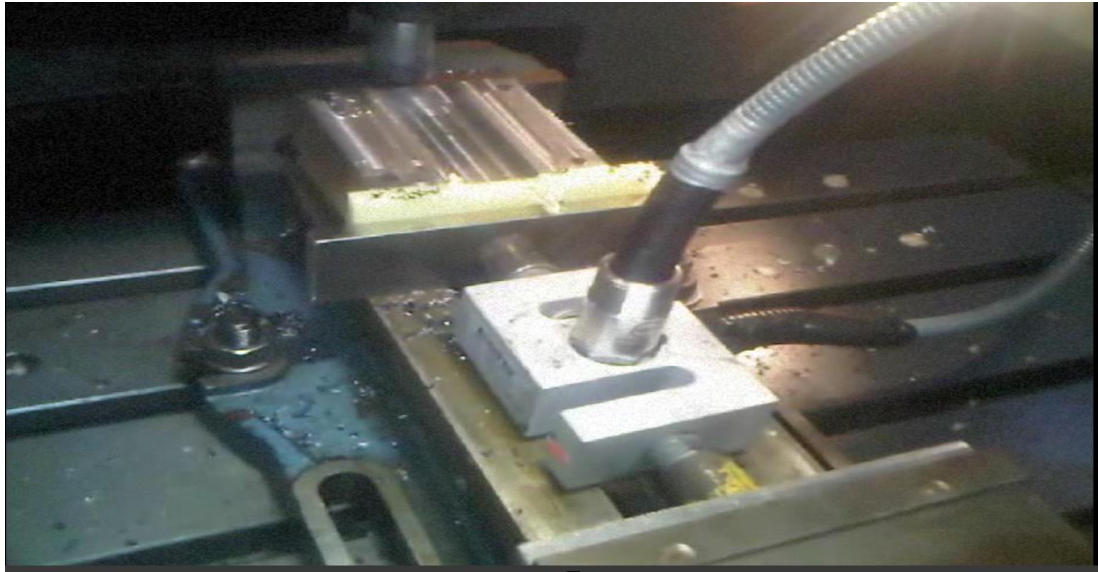
Deneysel çalışmalarda, imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan üç farklı kesici takım tipi belirlenerek kullanılmıştır. Bu kesici takımların kullandıkları kesici uçlar aynı marka ve model olup tutucu tipleri de düşük vibrasyon değerleri için penssiz veldon tipi tutucu olarak seçilmiştir.

1. Kısım Limit Değerlerinin Belirlenmesi

Yapılan denemelerde, alt limitlerin belirlenmesinde yeni kesici uçlar kullanılırken, üst limitlerin belirlenmesinde ise ömrünü tamamlamış aşınmış kesici uçlar kullanılmıştır. Titreşim ve kuvvet verilerinin alt ve üst limit değerlerinin saptanması esnasında motorun dönmesini engellemek için kullanıcı ara yüzündeki üst değerler oldukça büyük seçilmiştir.

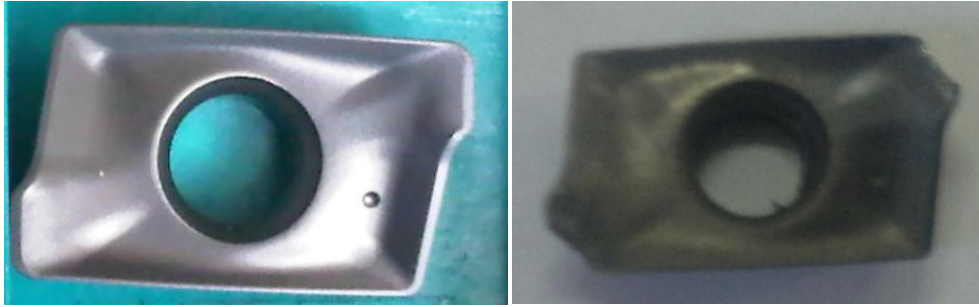
Belirlenen bu limit değerleri kullanıcı arayüzüne girildikten sonra, birinci takımın kullanılmamış hali ve fazla aşınmış hali tezgaha takılarak işleme yapılmış ve belirlenen limit değerlerinin doğruluğu test edilmiştir. Birinci takım için yapılan bu deneyler, ikinci ve üçüncü takım için de yapılarak limit değerlerinin doğruluğu test edilmiştir. Bu limit değerleri, sistemin ilerleme hızı komütatörünün kontrolü aşamasında makine ilerleme hızının arttırılma ve azaltılma sınırları için kullanılmıştır.

Şekil 3.41’de, ilerleme hızlarının saptanması için yapılan deneysel çalışmalar esnasında alınan görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 3.41. Deneysel çalışmalarda işlenen iş parçası

Deneyisel çalışmalarda kesici takımların zaman içerisinde ve işleme koşullarına göre lineer olarak aşındıkları saptanmıştır. Bu aşınmalara bağlı olarak, ölçümlerde elde edilen kuvvet ve titreşim değerleri de lineer olarak artmıştır. Fakat sistemin daha hızlı ve olağan üstü koşullardaki performansının testi için çalışma koşullarını zorlaştırma yoluna gidilmiş ve denemelerde limit değerlerini tespit etmek için ömrünü tamamlamış kesici uçlar kullanılmıştır. Şekil 3.42’de deneyisel çalışmalarda kullanılan sert maden kesici uçlar verilmiştir.



Şekil 3.42. Deneyisel çalışmalarda kullanılan yeni ve ömrünü tamamlamış aşınmış sert maden kesici uç

Denemelerde kullanılan ömrünü tamamlamış kesici uçlar için belirlenen kesme koşulları Çizelge 3.15’de görülmektedir.

Takımlar, işleme esnasında takım çapının tamamından kesme yapacak şekilde parçadan talaş kaldırmıştır.

Denemelerde takım ilerleme hızı limit değerlerinin saptanmasında, her takım için beş tekerrürlü ölçüm yapılmıştır. Bulunan değerlerin ortalamaları limit değeri olarak sisteme girilmiştir.

Çizelge 3.15. Denemelerde kullanılan kesme koşulları

Takım No	Takım çapı (mm) ve Kesici uç sayısı	Devir sayısı (d/dk)	İlerleme hızı (mm/dk)	Talaş derinliği x Boyu (mm)
1	32 - 4	1000	200	1x100
2	25 - 2	1000	150	1x100
3	20 - 2	1200	180	1x100

2. Kısım Kontrolün gerçekleştirilmesi

Saptanan kontrol limitlerinin yeterliliği test edildikten sonra bu limitler kullanıcı

ara yüzü aracılığı ile sisteme girilerek ilerleme hızının kontrol denemelerine geçilmiştir. Saptanan limit değerleri girildikten sonra Bağlan butonuna basılarak kontrol gerçekleştirilmiştir. İlk denemeler, sadece titreşim limitleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. İkinci denemelerde, ara yüzdeki Kuvvet Limitlerini Kullan seçeneği işaretlenerek, titreşim ve kuvvet limitleri kullanılarak ilerleme hızının kontrolü sağlanmıştır.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, bilgisayar bilimleri, elektronik ve makine disiplinleri arasında yürütülen örnek bir çalışma modeli oluşturulmuştur. Çalışmada önce sistemin donanımı tasarlanmış daha sonra donanımı kontrol edecek yazılım safhasına geçilmiştir. Donanım ve yazılım safhaları tamamlandıktan sonra sistem, CNC tezgah üzerine monte edilerek deneyler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan literatür taramalarından da anlaşılabacağı üzere ilk kez bu araştırmada universal olarak farklı markalardaki CNC takım tezgahlarında kullanılmak üzere kesici takımın aşınma durumunu izleyen ve buna bağlı olarak takım ilerleme hızını düzenleyen bilgisayar kontrollü bir sistem tasarlanmıştır. Geliştirilen sistem düşük maliyetli, yüksek performanslı ve taşınabilir uygulamalar için oldukça verimlidir.

Çalışmada gerçekleştirilen sistem Argo A85 CNC freze tezgahın üzerine harici olarak monte edilerek gerçek işleme koşullarında deneyler yapılmıştır. İlk deneyde titreşim algılayıcısının gürültü alması nedeniyle sağlıklı çalışmadığı gözlemlenmiştir. Kullanılan titreşim algılayıcısının kablosu, ekranlı bir kablo ile değiştirilerek gürültüsüz bir sinyal elde edilebilmiştir. Ayrıca iş parçası üzerine monte edilmiş olan titreşim algılayıcısının çok fazla ısındığı ve bu ısınmanın da algılayıcının çıkış sinyalini negatif olarak etkilediği görülmüştür. Bunun üzerine titreşim algılayıcısı, sıcaklıktan etkilenmeyecek şekilde iş parçasına yakın bir yere monte edilmiştir.

Karşılaşılan diğer bir sorun ise takım kolunun hareketinin algılanamaması olmuştur. Yaklaşım algılayıcısının konumu ve ayarları değiştirilerek bu sorun da çözülmüştür.

Sistemin deneysel olarak belirlenen limit değerleriyle uyumlu bir şekilde çalıştığı ve kullanılan takımlara göre tezgah ilerleme hızını başarılı bir şekilde düzenleyebildiği görülmüştür. Tespit edilen titreşim limit değerleri count olarak Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1.Titreşim alt ve üst limit değerleri

Takım no	Titreşim Alt Limiti	Titreşim Üst Limiti
1. Takım	1	12
2. Takım	1	24
3. Takım	1	4

Deneyleerde tespit edilen limit değęerleri, ara yüz programına, titreşim alt ve üst, kuvvet alt ve üst limit değęerleri olarak girilerek işlemler yapılmış ve sistemin performansının başarılı olduğu görölmüşür.

Bilgisayar kontrollü sistem, takım kolu algılayıcısından gelen bilgiye göre ilgili takıma ait limit değęerlerini kullanarak, step motoru sağlıklı bir şekilde sağa ve sola döndürmüş ve anlık ilerleme hızının kontrol altında tutulmasını sağlamışür.

Deneyleerde, tezgahıta işleme esnasında oluşın titreşimlerin, titreşim algılayıcısı ile yük hücreinden daha başarılı bir şekilde algılandığı tespit edilmişür.

Geliştirilen bilgisayar destekli kontrol sisteminin, tecrübeli operatörlerce belirlenen eşik değęerleri sayesinde, özellikle seri üretimlerde makineleri kontrol eden operatörler arasındaki tecrübe farkını ortadan kaldırabilecek performansa sahip olduğu saptanmışür. Geliştirilen bilgisayar kontrollü sistemin, uygulama bilgi ve tecrübesi olmayan CNC operatörlerinin sorunlarına çözüm olacağı düşünölmektedir.

Geliştirilen sistem, yapılacak küçük değışikliklerle CNC torna, freze, matkap gibi talaşlı imalatın temel makinelerine harici olarak adapte edilebilir yapıdadır.

Yapılacak sonraki çalışmalarda, ikinci kontrol sinyali olarak, verim alınamayan yük hücresi çıkışı yerine daha ekonomik olan kontak mikrofön çıkış sinyali kullanılabilir. Ayrıca sisteme bir enkoder dahil edilerek geliştirilen farklı bir motor kontrol algoritması ile ilerleme hızı ayarı yapılabilir. Veri toplama ve kontrol kartı, donanımsal olarak bu değışiklikleri yapmaya uygun yapıdadır. Operatör arayüzü programında da Visual Basic.Net dilinin, nesne tabanlı bir dil olmasından dolayı gerekli değışiklikler kolayca yapılabilir.

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Çanakkale'ye bağlı Çan ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Çan'da tamamladı. 1998 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği(İng) bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Borokav Mühendislik Mümessillik firmasında çalışmaya başladı. 2001 yılında Borokav Mühendislik Mümessillik firmasından ayrılarak Trakya Üniversitesi Çorlu Meslek Yüksek Okulu Endüstriyel Elektronik Programında öğretim görevlisi kadrosunda göreve başladı. 2004 yılında Tekirdağ Meslek Yüksek Okulu Endüstriyel Elektronik Programı öğretim görevlisi kadrosuna ataması yapıldı. 2006 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında doktora yapmaya hak kazandı.

Halen Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Endüstriyel Elektronik Programında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evlidir ve bir çocuğu bulunmaktadır.

Figar DALMIŞ

KAYNAKLAR

- [1] Soo-Yen Lee, *In-process tool condition monitoring systems in CNC turning operations*, Ph.D. Thesis, Iowa State University, 2006.
- [2] Steven Y. Liang, Rogelio L. Hecker, Robert G. Landers, *Machine Process Monitoring and Control*, The State-of-the-Art, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 126, pp.297-310, 2004.
- [3] A.G. Rehorn, Jin Jiang, Peter E. Orban, *State-of-the-art methods and results in tool condition monitoring a review*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 26, no. 7-8, pp. 693-710, 2005.
- [4] Fatih Taylan, *Sert Malzemelerin Frezelenmesinde Takım Aşınma Davranışlarının Belirlenmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi Isparta, 2009.
- [5] Bennett Desfosses, *An improved power threshold method for estimating tool wear during milling*, Master of Science in Mechanical Engineering, University of New Hampshire, 2007.
- [6] C. Bradley, Y.S. Wong, *Surface texture indicators of tool wear- a machine vision approach*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 17,435-443, 2001.
- [7] P. Wilkins, S. McLachlan, P. Shelton, M. Walker, *Tool Wear Monitoring Using the Performance Index Method*, 32nd ISATA Conference 14-18 June, Austria, 1999.
- [8] J. Chen, *An Effective Fuzzy-nets Training Scheme For Monitoring Tool Breakage*, Journal of Intelligent Manufacturing, 11, 85-101, 2000.

- [9] H.M. Ertune, K.A. Loparo, ***A Decision Fusion algorithm For Tool Wear Condition Monitoring In Drilling***, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 41, 1347-1362, 2001.
- [10] J.L. Stein, K. Huh, ***Monitoring Cutting Forces In Turning: A Model-Based Approach***, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 124, 26-31, 2002.
- [11] X. Li, ***Real-time Tool Wear Condition Monitoring In Turning***, International Journal of Production Research, 39(5), 981-992, 2001.
- [12] X. Li, ***A Brief Review: Acoustic Emission Method for Tool Wear Monitoring During Turning***, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 42, 157-165, 2002.
- [13] D.K. Choi, C.N. Chu, J.M. Lee, ***Real Time Breakage Monitoring for Monitoring and Drilling***, Ann, Cirp, 43, 81-84, 1994.
- [14] D.E. Sr. Dimla, ***Sensor signals for tool-wear monitoring in metal cutting operations- a review of methods***, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 40, 1073-1098, 2000.
- [15] R.J. Kuo, ***Multi-sensor integration for on-line tool wear estimation through artificial neural Networks and fuzzy neural network***, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 13, 249-261, 2000.
- [16] G. O'Donnell, P. Young, K. Kelly, G. Byrne, ***Toward the improvement of tool condition monitoring systems in the manufacturing environment***, Journal of Materials Processing Technology, 119, 133-139, 2001.
- [17] C. Scheffer, P.S. Heyns, ***Wear monitoring in turning operations using vibration and strain measurements***, Mechanical Systems and Signal Processing, 15(6), 1185-1202, 2001.

- [18] C. Dong-Woo, J.L. Sang, N.C. Chong, ***The State of Machining Process Monitoring Research in Korea***, Int., Journal of Machine Tools & Manufacture, 39, 1697-1715, 1998.
- [19] Yahya Işık, ***Talaşlı imalatta on-line takım durumu izleme yöntemleri***, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, p.81-91, 2004.
- [20] www.armadayazilim.com, 2011.
- [21] <http://forum.cadokulu.com>, 2011.
- [22] Sandvick Coromat, Ürün kataloğu, 1996.
- [23] P.W. Prickett, C. Johns, ***An overview of approaches to end milling tool monitoring***, International Journal of Machine Tools and Manufacture Volume 39, Issue 1, January 1999, Pages 105–122, 1999.
- [24] C.K. Schuyler, ***Feedrate Optimization and Tool Condition Monitoring of Flat-End Milling Operations Utilizing Spindle Motor Power***, M.S. Thesis, UNH ME Department, 2005.
- [25] Joseph C. Chen and Wei-Liang Chen, ***A tool breakage detection system using an accelerometer sensor***, Journal of Intelligent Manufacturing, Volume 10, Number 2, 187-197, DOI: 10.1023/A:1008980821787, 1999.
- [26] G. Luo, D. Osypiw, M. Irle, ***Tool wear monitoring by on-line vibration analysis with wavelet algorithm***, 3rd International Conference on Metal Cutting and High Speed Machining, pp 145–149, France, 2001.
- [27] http://www.dta.com.tr/pcb_genel_amacli_ivmeolcer.html, 2010.

- [28] Y. Yılmaz, *Step motor ile iki eksenli robot kol tasarımı*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [29] G. Bal, *Özel Elektrik Makineleri*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2004.
- [30] [http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/523EO0191 .pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/523EO0191.pdf), 2007.
- [31] M.J. Morse, *Adım Motorlar*, 8. Mikroişlemci Tabanlı Sistemler, (Editör Prof.Dr. Alsan, S.) Everen Ofset, Ankara, 1997.
- [32] <http://www.anaheimautomation.com/intro.htm>, 2010.
- [33] N. Süzme, *Bilgisayar ile step motor kontrolü*, 2001.
<http://www.antrak.org.tr/gazete>
- [34] P.C. Sen, *Special Machines*, 8. Principles of Electric Machines And Power Electronics (Editors:Robey,C., Kuehn,T.). USA. 615, 1997.
- [35] Krzysztof Jemielniak, Tomasz Urbański, Joanna Kossakowska, Sebastian Bombiński, *Tool condition monitoring based on numerous signal features*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology (1433-3015), Vol.59, p.73-81, 2012.
- [36] J.A. Ghani, M. Rizal, M.Z. Nuawi, M.J. Ghazali, C.H.C. Haron, *Monitoring online cutting tool wear using low-cost technique and user-friendly GUI*, Wear, Volume 271, Issues 9–10, 29 July, p. 2619-2624, 2011.
- [37] S. Zhang, J. F. Li, J. Sun, F. Jiang, *Tool wear and cutting forces variation in high-speed end-milling Ti-6Al-4V alloy*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology (0268-3768), 4/. Vol.46, Iss.1-4; p.69-78, 2010.
- [38] Zhu Kunpeng, Hong Geok Soon, and Wong Yoke San, *Multiscale Singularity Analysis of Cutting Forces for Micromilling Tool-Wear Monitoring*, IEEE

Transactions On Industrial Electronics(0278-0046), Vol. 58, Iss. 6, p. 2512-2521, JUNE, 2011.

[39] Jing Kang, Ni Kang, Chang-jian Feng, Hong-ying Hu, ***Pattern Recognition of Tool Wear and Failure Prediction***, Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation, China, p.6000-6005, 2008.

[40] Ahmet Cakan, Vedat Ozkaner, Mustafa M. Yildirim, ***Quantifying Cutting and Wearing Behaviors of TiN- and CrN Coated AISI 1070 Steel***, Sensors, vol.8, p.6984-6998, 2008.

[41] Hongli Gao, Hongfeng Gao, Chunjun Chen, Yanchen Su, Mingheng Xu, ***The Investigation of A Self-adjusting Tool Wear Monitoring System***, Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, China. p.1690-1694, 2006.

[42] S.N. Huang, K.K. Tan, Y.S. Wong, C.W. de Silva, H.L. Goh, W.W. Tan, ***Tool wear detection and fault diagnosis based on cutting force monitoring***, International Journal of Machine Tools & Manufacture 47, 444–451, 2007.

[43] G.C. Smith, S.S. Lee, ***A method for detecting tool wear on a CNC lathe using a doppler radar detector***, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 25, p.270-280, 2005.

[44] Y. Altintas, ***Prediction of cutting forces and tool breakage in milling from feed drive current measurements***, ASME Journal of Engineering Industry 114, 386–392, 1992.

[45] X. Li, A. Djordjevich, P.K. Venuvinod, ***Current-sensor-based feed cutting force intelligent estimation and tool wear condition monitoring***, IEEE Transactions on Industrial Electronics 47 (2000) 697–702, 2000.

- [46] X. Li, H.X. Li, X.P. Guan, R. Du, *Fuzzy estimation of feed-cutting force from current measurement—a case study on intelligent tool wear condition monitoring*, IEEE Transactions on SMC (Part C) 34, 506–512, 2004.
- [47] A. Prateepasen, Y.H.J. Au, B.E. Jones, *Acoustic emission and vibration for tool wear monitoring in single-point machining using belief network*, in: IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Budapest, Hungary, pp. 1541–1546, 2001.
- [48] S.K. Choudhury, V.K. Jain, Ch.V.V. Rama Rao, *On-line monitoring of tool wear in turning using a neural network*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 39: 489-504, 1999.
- [49] D.E. Dimla, *Application of perceptron neural networks to tool state classification in a metal-turning operation*, Eng Appl Artif Intel 12:471–477, 1999.
- [50] P.T. Huang, J.C. Chen, *Fuzzy logic-base tool breakage detecting system in end milling operations*, Comput Ind Eng 35(1–2):37–40, 1998.
- [51] Y. Quan, M. Zhou, Z. Luo, *On-line robust identification of toolwear via multi-sensor neural-network fusion*, Eng Appl Artif Intel 11:717–722, 1998.
- [52] Q. Liu, Y. Altintas, *On-line monitoring of flank wear in turning with multilayered feed-forward neural network*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 39, 1945-1959, 1999.
- [53] J.M. Lee, D. K. Choi, J. Kim, and C. N. Chu, *Real-time tool breakage monitoring for NC milling process*, CIRP Ann., vol. 44, no. 1, pp. 59–62, 1995.
- [54] S.A. Coker, Y.C. Shin, *In-process control of surface roughness with tool wear via ultrasonic sensing*, in: Proceedings of American Control Conference, Seattle, 1995.

- [55] M. Weck, *Machine diagnostics in automated production*, J. Manufacturing System 2, p.101–106, 1983.
- [56] G. Byrne, D. Dornfeld, I. Inasaki, G. Ketteler, W. König, R. Teti, *Tool condition monitoring (TCM)*, The statue of research and industrial application, Annals of the CIRP 44, 541–567, 1995.
- [57] Y. Altintas and C. L. Dong, *Design and analysis of a modular CNC system for machining control and monitoring*, in Modeling of Machine Tools: Accuracy, Dynamics, and Control. New York: ASME, vol. 45, pp. 199–208, 1990.
- [58] R.C. Luo, M.G. Kay, *Multi-sensor integration and fusion in intelligent systems*, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 19, p.901–931, 1989.
- [59] A. Noori-khajavi, R. Komanduri, *On multisensor approach to drill wear monitoring*, Annals of the CIRP 42, 71–74, 1993.
- [60] <http://www.topcularcelik.com.tr/imalat-celikleri.htm>, 2012.
- [61] TaeguTec Ürün kataloğu, 2008.
- [62] <http://www.tezmaksan.com.tr/urunler/urun/150>, 2012.
- [63] CMCP420VT Manual, 2011.
- [64] www.esit.com.tr, 2012.
- [65] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/197314/MICROCHIP/PIC18F4523-I/P.html>, 2012.
- [66] www.mikroe.com/pdf/mikrobasic/mikrobasic_manual.pdf, 2011.

- [67] Y. Türkay, A. Göksu, **MikroBasic ile programlama uygulamaları**, Mikrodnetleyiciler/MikroBasic Ders Notları.
(smyo.cumhuriyet.edu.tr/uploadlar/8327541_206530.doc)
- [68] <http://yasirpro.com>, 2011.
- [69] <http://www.gorselprogramlama.com>, 2011.
- [70] S. TURAN, **Kobi'lerin kurumsal kaynak planlama yazılımlarından beklentileri ve sektörel bazda yazılım geliştirilmesi**, İstanbul Ticaret Üniversitesi, FBE Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2011.
- [71] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/482BK0074.pdf, 2012.
- [72] N. Ak, **Herkes İçin Pic Programlama**, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2009.
- [73] H. Ertaşkın, **Bilgisayar kontrollü vinç sistemi**, Marmara Üniversitesi, FBE Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek lisans Tezi, İstanbul, 2006.
- [74] http://www.moxa.com.ua/product/nport_new/ne_4100t_more.htm, 2012.
- [74] <http://www.gsl.com.tr/tr/urun/277/NE-4110S>, 2012.

TEZ SIRASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Patent ve Faydalı Model

Yapılan bu doktora çalışması için patent başvurusunda bulunulmuştur. Patent başvuru numarası: 2012/11219.

Uluslararası Hakemli Dergide Yayımlanan Makaleler

1. Dalmis F., Ucar E., Dalmis I.S., 2011,\"Fanuc Kontrollü CNC İşleme Merkezi Arızalarının Teşhisinde Kullanılmak Üzere Bilgi Tabanlı Uzman Sistem Geliştirilmesi\" SDÜ Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, Cilt 3, Sayı 2,S 1-8,Şubat.

Uluslararası Kongre ve Sempozyum Bildirileri

1. Dalmış, F., Dalmış, I.S., Uçar, E., “Development of a Knowledge-Based Supervisory System Used For Error Diagnosis of Fanuc Oi-nc Controlled Cnc Lathe Machine”, Unitech’ 09 International Scientific Conference, Technical Universty of Gabrovo, Bulgaria, 2009.
2. Dalmış, F., Dalmış, I.S., Uçar, E., “Development of a Knowledge-Based Supervisory System Used For Error Diagnosis of Fanuc Controlled CNC Milling Machine”, Uluslararası Meslek Yüksekokulları Sempozyumu, Konya, 2009.
3. Dalmış, F. ve Uçar, E. “CH Robofil 290 CNC Tel Erozyon Tezgahlarındaki Arızaların Tesbiti Amacıyla Bir Uzman Sistem Geliştirilmesi”, 4. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu, Ege Üniversitesi, Bergama- İzmir, 2007.

Bölüm Yazarlığı

Edt. Güneş, M. “Mikroişlemciler ve mikrodenetleyiciler I”, Bölüm 5/ Programlamaya giriş ve assembly programlama, s.117-165, Lisans Yayıncılık, ISBN: 978-9944-274-63-0, İstanbul, 2008.