

TAKIM TEZGÂHLARININ NÜMERİK VE BİLGİSAYARLI NÜMERİK KONTROLÜ

Aykut DALGIÇ
Elektronik Yük. Mühendisi
Elektrik ve Elektronik Müh. Böl.
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

ÖZET

Takım tezgâhlarının günümüze kadar olan otomatikleştirilme aşamaları ele alınmakta ve Nümerik Kontrollü (NC) tezgâhların yapısı hakkında genel bilgi verilmektedir.

Bilgisayarlı Nümerik Kontrollü (CNC) ve Doğrudan Nümerik Kontrollü (DNC) tezgâhlar incelenmekte ve Bilgisayarlı Nümerik Kontrolün çeşitleri ve genel yapısı gözden geçirilmektedir.

SUMMARY

In this paper, the development in automation of machine tools, up to now, is considered and general information about Numerically Controlled (NC) machine tools is given.

Computerized Numerically Controlled (CNC) and Direct Numerically Controlled (DNC) machine tools are described. The types and general structures of Computerized Numerical Control are examined.

1 - TAKIM TEZGÂHLARININ OTOMATİKLEŞTİRİLMİŞ AŞAMALARI

1800'lerde, takım tezgâhlarının güç ile sürülmesine başlamasından bu yana, daha fazla dönme hızı, daha fazla besleme hızı ve daha iyi duyarlılık elde edilmesi amacıyla sürekli olarak birçok çalışma ve araştırma yapılmıştır.

İlk zamanlar mekanik olarak başlayan ve gelişen takım tezgâhlarını kontrol etme çalışmaları, elektronik teknolojisinin gelişmesi sonucu, zamanla, tamamen biçim değiştirmiş ve yerini elektronik kontrole bırakmıştır.

İlk nümerik kontrollü tezgâhların 1950'lerde yapılmasına başlamasından bu yana, nümerik kontrolün yapısında büyük değişiklikler gözlenmiştir. İlk nümerik kontrol birimleri, mantıksal eleman olarak röleleri kullanmakta iken daha sonraları bunların yerini transistörler almıştır. Yarı iletken (semiconductor) tekno-

lojisindeki gelişmeler sonucu ortaya çıkan tümleşik devreler (Integrated Circuits, I.C.) bir süre sonra transistörlerin yerine kullanılmaya başlanmıştır. 1972'lerden itibaren de minibilgisayarlar genişleyen dizge işlevlerine cevap vermek üzere tümleşik devrelerin yerini almaya başlamışlardır. Son yıllarda, mikrobilgisayarların ortaya çıkması ve kontrol dizgilerinde çok etkin ve yaygın uygulama alanı bulması sonucu, mikrobilgisayarlar da takım tezgâhlarının kontrolünde geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarların nümerik kontrolde kullanılmasıyla bu alanda büyük bir atılım gerçekleştirilmiş ve Bilgisayarlı Nümerik Kontrollü (Computerized Numerically Controlled, CNC) tezgâhlar ortaya çıkmıştır.

Özellikle gelişen elektronik-yarı iletken ve bilgisayar teknolojisi, kontrol dizgilerinin hem hacimsel hem maliyet hem de yetenek açısından büyük aşamalar yapmasına olanak sağlamıştır.

Takım tezgâhlarının otomatikleştirilmesi, operatörlerin becerilerinin önemini azaltmış ve hatta, son gelişmelerle, tamamen ortadan kaldırmıştır.

2.1. TAKIM TEZGÂHLARININ NÜMERİK KONTROLÜ

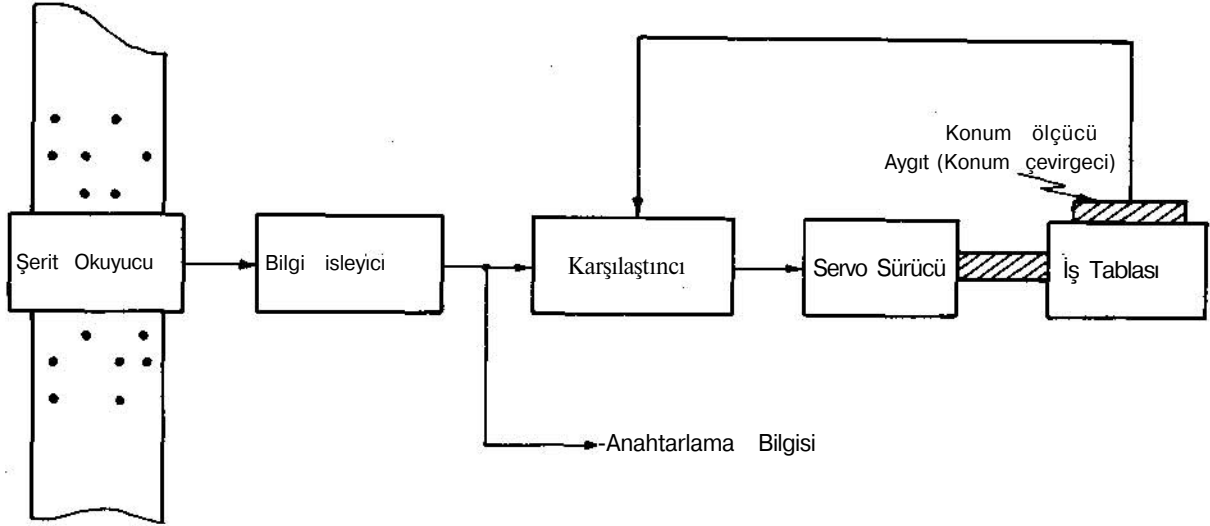
"Bir takım tezgâhında eğer iş parçası (workpiece) ile kesici takımın (cutting tool) birbirlerine göre konumları nümerik değerlerden türetilen bilgi ile belirleniyorsa, bu takım tezgâhi nümerik kontrol altındadır denir." (7)

Gelişen elektronik teknolojisi, nümerik kontrolde bulunan işlevleri arttırmanın yanı sıra hacimsel olarak küçülmeyi ve maliyette bir düşüşü beraberinde getirmektedir. Örneğin, 1966 ile 1976 yılları arasında nümerik kontrolde işlevlerin iki kat arttığı, kontrol birimlerinin hacminin 20 kat küçüldüğü ve bunun yanı sıra maliyetin de 4 kat azaldığı gözlenmektedir.

Duyarlılığın arttırılması, üretim zamanının kısaltılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi, üretimdeki kalitenin yükseltilmesi gibi birçok üstünlükleri beraberinde getiren nümerik kontrollü takım tezgâhları, kısa sürede süratle yayılmış ve geniş bir kullanım alanı bulmuşlardır.

2.2. NÜMERİK KONTROLÜN GENEL YAPISI

Nümerik kontrol (Numerical Control, NC) dizgesine verilen bilgiler, genellikle, Boyut Bilgisi ve Anahtarlar Bilgisi olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. İşlenecek parçanın boyutlarını belirleyen boyut bilgisi, kızıyağın (slide) veya iş tablasının (work table) hareketinde kullanılmaktadır. Anahtarlar bilgisi, matkabın ucunun aşağı veya yukarı çekilmesi, soğutma düzeneğinin çalıştırılması gibi işlerde, ilgili devrelerin açılıp kapanmasını sağlamak için kullanılmaktadır.



Şekil 1 Bir nümerik kontrol dizgesinin bir eksen için genel

Kart veya manyetik şeride (magnetic tape) kodlanmış program şeklinde dizgeye verilen bu bilgiler, dizge tarafından okunmakta, bu bilgilere göre gerekli elektriksel işaretler üretilmekte, besleme ve dönme hızları ayarlanmakta ve gerekli anahtarlama işaretleri verilmektedir.

İş parçasının konumu, konum çevirgeçleriyle (position transducers) sürekli olarak ölçülüp istenen konum değerleriyle karşılaştırılmakta ve ona göre servo sürücülere gerekli elektriksel işaretler gönderilmektedir.

Şekil 1 'de bir nümerik kontrol dizgesinin genel yapısı gösterilmektedir.

Genel olarak kontrol dizgeleri iki gruba ayrılmaktadır:

- Açık Döngü Kontrol Dizgeleri (Open Loop Control Systems):

Geri beslemenin (feedback) olmadığı kontrol dizgeleridir. Bu tür nümerik kontrollü tezgâhlarda, iş tablasını hareket ettiren sürücü motorlara iş tablasını belirli miktarda hareket ettirici elektriksel işaret verildiği zaman, iş tablasının o kadar gittiği varsayılır. İş tablasının yeri, konum çevirgeçleriyle belirlenip dizgeye geri besleme olarak verilmez. Bundan dolayı iş tablasının istenilen yere gidip gitmediğini kontrol etmek mümkün olmaz. Dizgenin mekanik kısımlarından ötürü doğabilecek aksaklıklarda bu yüzden kontrol edilemez. Nümerik kontrollü takım tezgâhlarında açık döngü kontrol kullanılıyorsa, güvenilirliği en üst noktada tutmak amacıyla motor olarak genellikle adım (stepping) motorları kullanılmaktadır.

- Kapalı Döngü Kontrol Dizgeleri (Closed Loop Control Systems):

Geri beslemenin olduğu kontrol dizgeleridir. Konum

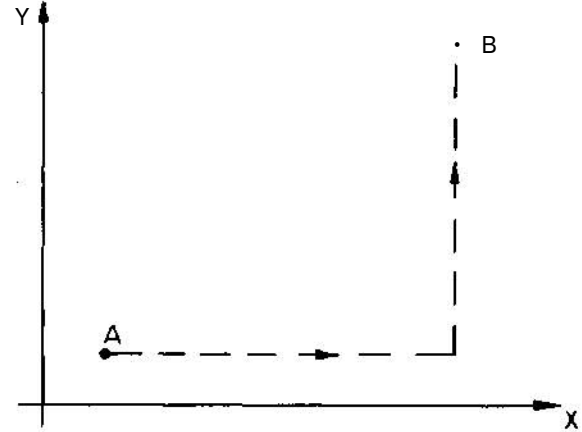
çevirgeçlerinden iş parçasının veya iş tablasının konum bilgisi alınır, bu alınan gerçek konum bilgisiyle o an bulunulması istenen konum değeri karşılaştırılır ve istenilen yerde bulunulmuyorsa, sürücü motorlara istenilen yere gidilmesi amacıyla gerekli elektriksel işaretler verilir.

Nümerik kontrollü dizgelerin çoğunda, güvenilirliği ve duyarlılığı arttırmak amacıyla kapalı döngü kontrol kullanılmaktadır.

Nümerik kontrol, tezgâh kazağının kontroluna göre ikiye ayrılmaktadır:

- Noktadan Noktaya Kontrol (Point to Point Control):

Bu tür kontrolün uygulandığı takım tezgâhlarının özelliği, bir noktadan diğer bir noktaya istenilen herhangi bir yol takip edilerek ulaşılabilir olunmasıdır.



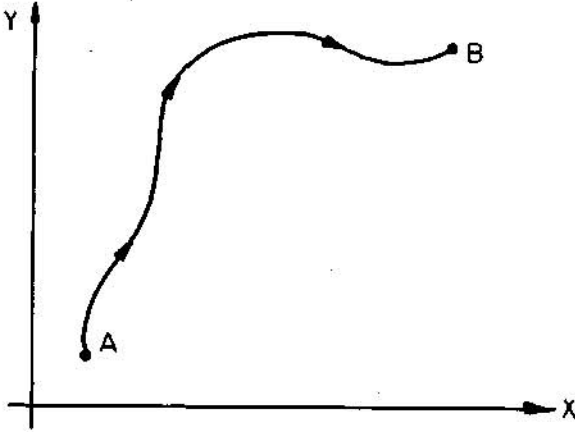
Şekli 2 Noktadan noktaya hareket

önemli olan, bir noktadan diğerine ulaşabilmiş olmaktır. Şekil 2'den de görüldüğü gibi, bir noktadan diğerine erişim, bir anda sadece bir koordinat ekseninde yapılan hareketlerle gerçekleştirilmektedir. Matkap bu tür tezgâhlara bir örnektir.

- Sürekli Yol Kontrolü (Continuous Path Control):

Sürekli yol kontrolünün uygulandığı takım tezgâhlarında, bir noktadan diğerine, verilen yol üstünden gidilerek erişilmesi gerekmektedir. Ancak, Şekil 3'te de görüldüğü gibi, bu yol baştan istenildiği gibi verilebilmektedir. Böyle bir hareketin sağlanması için, koordinat eksenleri (motorların bulunduğu eksenler) üzerindeki hareket miktarları hesaplanmakta ve o yönlerde gerekli miktarda hareket sağlanmaktadır.

Nümerik kontrollü dizgelerde, ölçülen değerlerin belirlenmesi, işlenmesi ve görüntülenmesinde genel olarak iki yöntem kullanılmaktadır:



Şekli 3 Sürekli yol kontrolü

- örneksel (Analog) İşlem Yöntemi:

Bu yöntemi kullanan nümerik kontrollü dizgelerde, çeşitli değişkenler önce örneksel çevirgeçlerle (analog transducers) örneksel gerilim dalga şekline çevrilmekte, sonra da bu şekilde işlenmektedir.

- Sayısal (Digital) İşlem Yöntemi:

Son yıllarda daha yaygın bir uygulama alanı bulmuş olan bu yöntemle çalışan nümerik kontrollü dizgelerde, ölçülecek değişkenler sayısal çevirgeçlerle (digital transducers) sayısal gerilim dalga şekline (0V-5V seviyelerine) çevrilmekte ve bu şekilde işlenmektedir.

Sayısal işlem yöntemi, örneksel işlem yöntemine göre genellikle daha düşük maliyetli olmakta, daha duyarlı ve doğru sonuçlar vermekte ve değişkenlerin doğrudan bilgisayara girilebilmesine olanak tanımaktadır.

Sayısal işlem yöntemini kullanan nümerik kontrollü dizgelerin konum ölçümlerinde iki yöntem kullanılır:

- Artımsal Konum Ölçüm Yöntemi:

Bu tür ölçüm yöntemini kullanan dizgelerde, belirlenmiş en küçük artım miktarında hareket olduğunda bir elektriksel darbe (pulse) üretilir. Darbeler bir elektronik sayıcıda sayılarak gerçek konum bilgisi elde edilir.

- Mutlak Konum Ölçüm Yöntemi:

Bu tür ölçüm yönteminin kullanıldığı dizgelerde, elektronik sayıcıya gerek kalmaksızın, her an, o anki konum değeri doğrudan okunabilir.

Nümerik kontrollü takım tezgâhlarında konum bilgisini ölçen aygıtlar, bağlantı yerlerine göre de ikiye ayrılırlar:

- Doğrudan Ölçüm Yapan Aygıtlar:

Bu aygıtlar doğrudan iş tablasının kazağına bağlanırlar.

- Dolaylı Ölçüm Yapan Aygıtlar:

Bu aygıtlar vida açma miline (lead screw) bağlanmışlardır ve konum bilgisini dolaylı olarak (açısal dönüşten) ölçerler.

3.1 TAKIM TEZGÂHLARININ BİLGİSAYARLA KONTROLÜ

Yarı iletken teknolojisinin çok büyük çaplı tümleşim (Very Large Scale Integration, VLSI) aşamasına gelmesi sonucunda, bir tümleşik devre içine 100.000 civarında transistor yerleştirebilmeye olanağı doğmuştur. Bugünün takım tezgâhlarının kontrol dizgelerindeki gelişmeler, büyük ölçüde çok büyük çaplı tümleşik devre elemanlarının, özellikle mikroislemcilerin ve yarı iletken belleklerin (microprocessors and semiconductor memories) varlığından kaynaklanmaktadır.

Bilgisayar Yardımlı Tasarım (Computer Aided Design, CAD) ve Bilgisayar Yardımlı Üretim (Computer Aided Manufacturing, CAM) ortaya çıkması sonucu, 1972'lerde minibilgisayarlarla ve çekirdek belleklerle (core memory) başlayan ilk bilgisayarlı nümerik kontrollü (CNC) dizgeler, daha sonraları yerlerini mikrobilgisayarlı ve yarı iletken bellekli (semiconductor memory) CNC'lere bırakmışlardır.

Takım tezgâhlarının bilgisayarla kontrolü genel olarak iki gruba ayrılmaktadır:

- Bilgisayarlı Nümerik Kontrol (Computerized Numerical Control, CNC)

- Doğrudan Nümerik Kontrol (Direct Numerical Control, DNC)

3.2. BİLGİSAYARLI NÜMERİK KONTROL

Bilgisayarlı nümerik kontrol dizgesi, bilgisayarın okunabilir-yazılabilir belleğinde (read-write memory) saklanan programlara göre, temel nümerik kontrol işlevlerinden bazılarını veya hepsini (bir veya birkaç takım tezgâhi için) bilgisayarla gerçekleştiren nümerik kontrol dizgesidir.

Genellikle işletim ve kontrol programları dizge bilgisayarına manyetik şeritten şerit okuyucusu vasıtasıyla çekilmekte ve bilgisayar belleğinde saklanmaktadır.

Nümerik kontrol programları takım tezgâhının çeşitli hareketlerini sağlayan programlardır.

İlk bilgisayarlı nümerik kontrol (CNC) dizgeleri mini-bilgisayar ve çekirdek bellekler ile donatılmışken, bugün CNC'leri mikrobilgisayar ve yarı iletken belleklerle donatılmakta ve Mikroişlemcili (Microprocessor) CNC diye isimlendirilmektedir. Mikroişlemcili CNC'ler, üreticilere, takım tezgahının cinsinden (torna, freze, matkap,...) bağımsız bir donanımı düşük maliyetle üretmek olanağını sağlamaktadırlar.

Mikroişlemcili CNC'ler özelliklerine göre genel olarak üçe ayrılırlar:

- Yüksek Güçlü Bir Mikroişlemciyle Kontrollü-Yazılım Ağırlıklı CNC'ler (CNC's Controlled with a High Powered Microprocessor)
- Standart Bir Mikroişlemciyle Kontrollü-Donanım Ağırlıklı CNC'ler (CNC's Controlled with a Standard Microprocessor)
- Çok Mikroişlemciyle Kontrollü CNC'ler (CNC's Controlled with Multi Microprocessors)

3.2.1. Yüksek Güçlü bir Mikroişlemciyle Kontrollü-Yazılım Ağırlıklı CNC'ler

Bu tür dizgelerde konum ölçümü ve sürücü kontrolü dışındaki hemen hemen tüm işlevler, içkestirim (interpolation) ve birkaç eksenin konum kontrolü dahil olmak üzere, mikroişlemci dizgesi (mikrobilgisayar) tarafından yazılımsal olarak gerçekleştirilir. Bu yüzden mikrobilgisayara fazla yük düşmekte ve mikroişlemcinin güçlü bir mikroişlemci olması gerekmektedir.

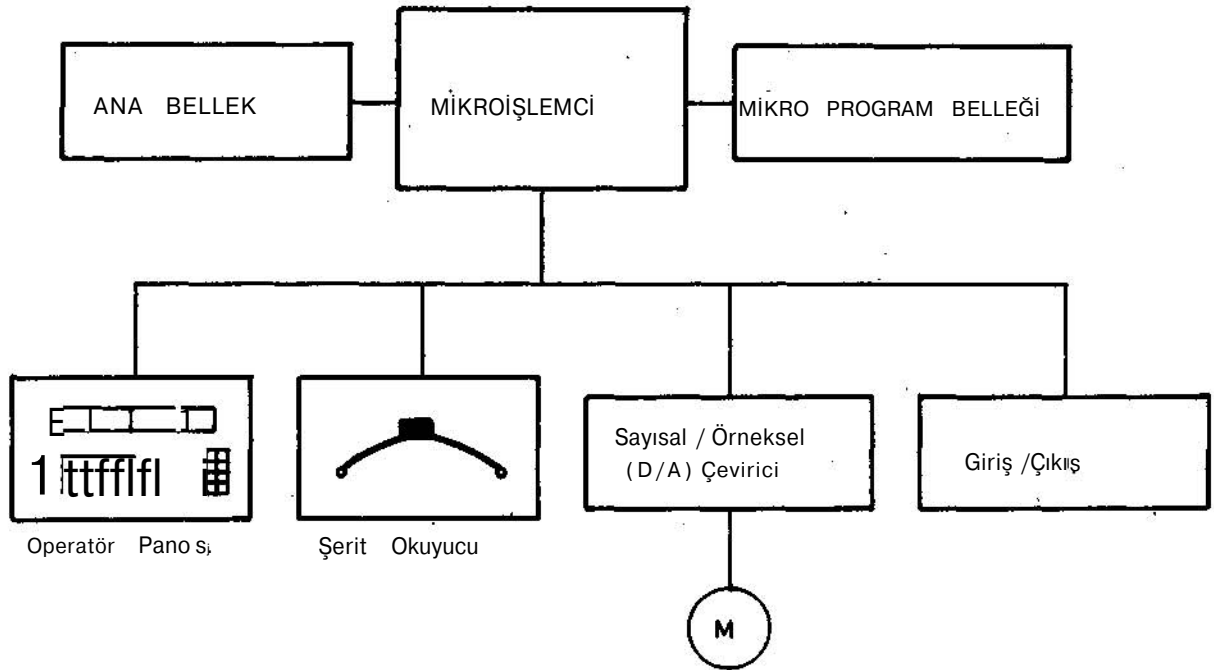
Bu tür dizgelerde, genellikle çift kutuplu (bipolar) 2 veya 4 bitlik bit-dilimlerinden (bit-slices) yapılmış 16 bitlik mikroişlemciler kullanılır. Bunların kapasiteleri minibilgisayarlarla boy ölçüşebilecek durumdadır. Mikroprogramlarının yazılabilir olması uygulama ile ilgili özel komut kümesi (instruction set) oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Şekil 4'te bu tür bir dizgenin genel yapısı görülmektedir.

3.2.2. Standart Bir Mikroişlemciyle Kontrollü-Donanım Ağırlıklı CNC'ler

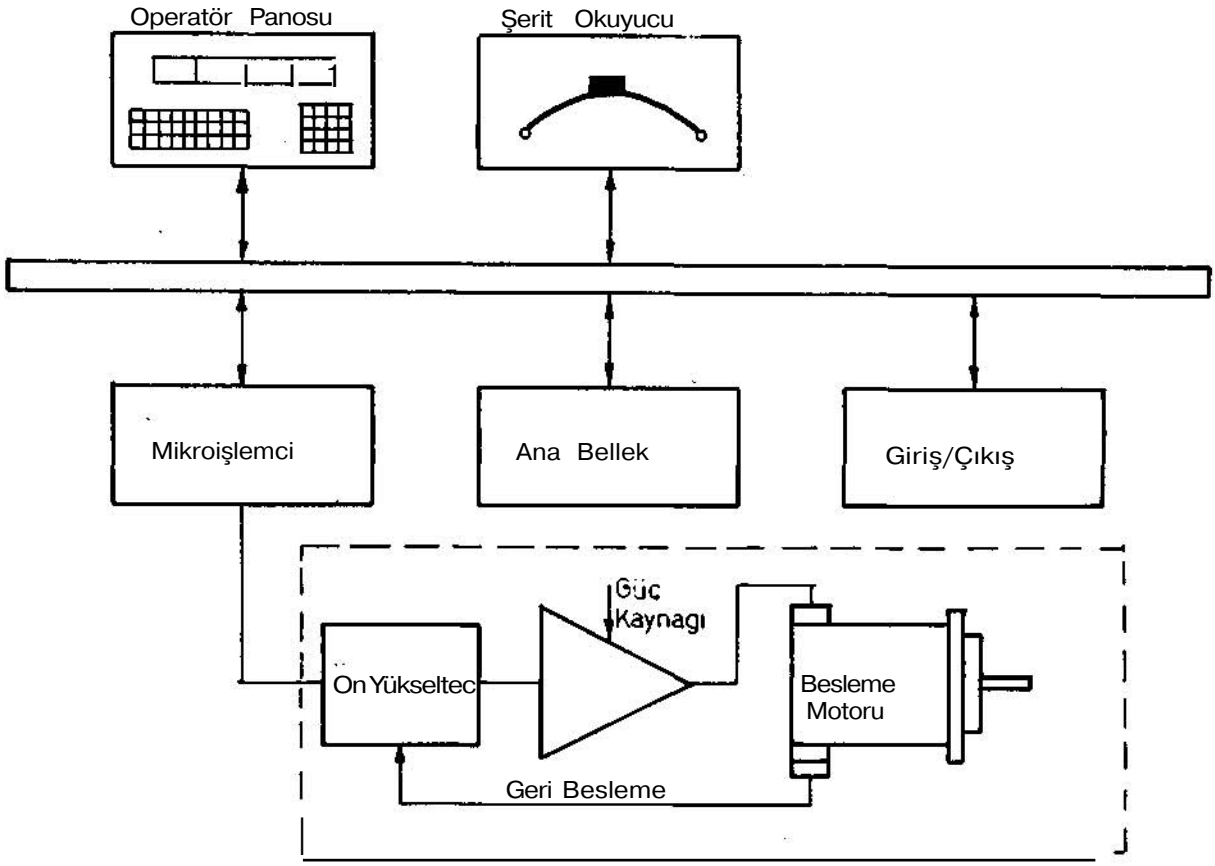
Bu tür dizgelerde, genellikle tek tümleşik devre halinde olan 8 veya 16 bitlik standart mikroişlemciler kullanılır. Standart Mikroişlemcilerin hızları, bit dilimlerinden yapılmış yüksek güçlü mikroişlemcilerin hızlarından daha azdır. Bu yüzden, kullanılan mikroişlemci sadece zamansal olarak kritik olmayan giriş/çıkış işleme, kod çözme, bilgi hazırlama ve süreç kontrol gibi işlevlerin gerçekleştiriminde kullanılır. Zamansal olarak kritik bir yapı gösteren içkestirim ve konum kontrolü gibi işlevler donanımsal olarak gerçekleştirilir.

Seri üretim yapan büyük kuruluşlar, donanımsal olarak gerçekleştirdikleri işlevleri yapan devreler için özel amaçlı tümleşik devreler hazırlatıp, üretimlerinde onları kullanılmaktadırlar.

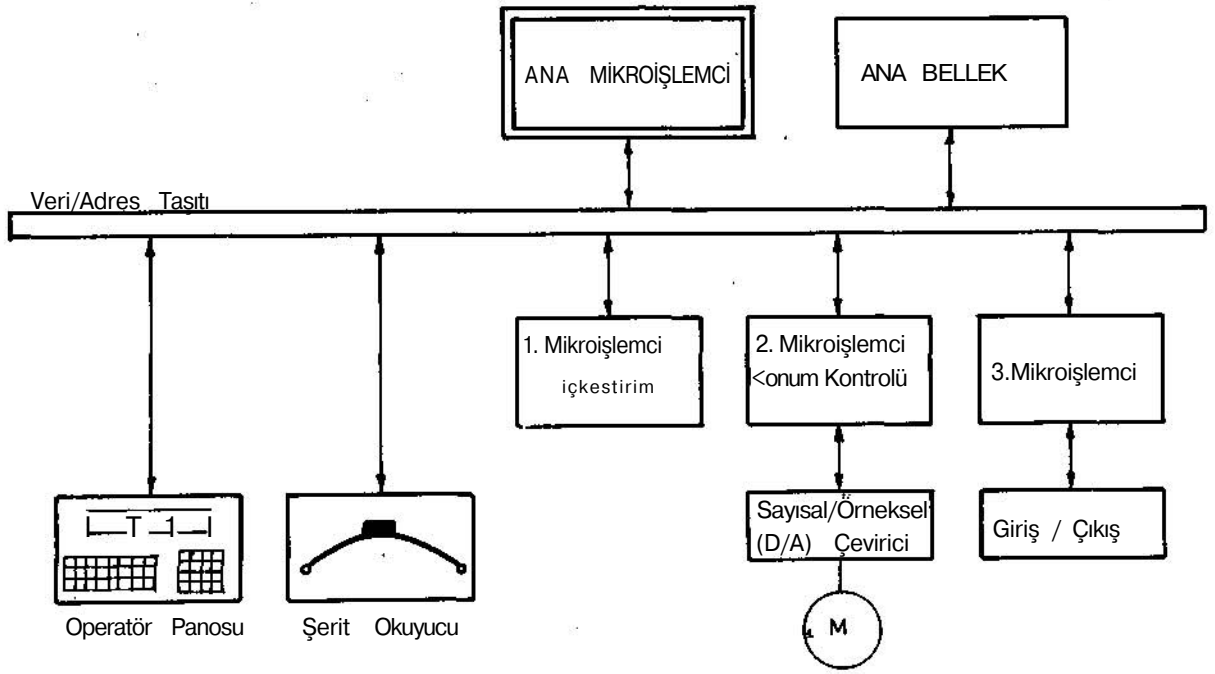
Standart bir mikroişlemciyle kontrollü-donanım ağırlıklı bir CNC sisteminin genel yapısı Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 4 Yüksek güçlü bir mikroişlemciyle kontrollü bir CNC'nin genel yapısı.



Şekil 5 Standart bir mikroişlemciyle kontrollü bir CNC'nin bir eksen için genel yapısı



Şekil 6 Çok mikroişlemciyle kontrollü bir CNC'nin genel yapısı

3.2.3. Çok Mikroişlemciliye Kontrollü CNC'ler

Paralel olarak birçok mikroişlemcinin kullanılmasıyla oluşmuş dizgelerdir. Kontrol işlevleri birçok mikroişlemciye, aynı anda yapılabilecek şekilde, dağıtılmıştır. Standart mikroişlemcilerin kullanıldığı bu dizgelerde, koordinasyonu sağlayan bir ana mikroişlemci bulunmaktadır.

Dört mikroişlemcili böyle bir dizgenin genel yapısı Şekil 6'da görülmektedir.

3.4. DOĞRUDAN NÜMERİK KONTROL

Doğrudan nümerik kontrol (DNC), birçok takım tezgâhının bulunduğu bir dizgede nümerik kontrol birimlerine gerekli verinin ve kontrol işaretlerinin geniş kapasiteli merkezi bir bilgisayar tarafından sağlanmasıdır. Merkezi bilgisayar zaman seçmeli olarak nümerik kontrol birimlerine gerekli veri ve kontrol işaretlerini gönderip onları kontrol eder. Böyle bir dizgede, merkezi bilgisayar tüm dizgeye hükmetme ve birçok takım tezgâhını durdurma ve başlatma yeteneklerine sahiptir.

4- BİLGİSAYARLI NÜMERİK KONTROLLÜ TAKIM TEZGÂHLARINDA BULUNAN İŞLEMLER

Güçlü mikroişlemciler ve iyi bir donanım kullanarak, bilgisayarlı nümerik kontrollü (CNC) takım tezgâhlarının mevcut işlevlerini arttırmak veya geliştirmek mümkündür. Burada, CNC'lerde bulunan işlevlerden bazıları kısaca anlatılacaktır.

4.1. İçkestirim

Doğrusal ve dairesel içkestirim (interpolation) bugünün CNC'lerinin çoğunda bulunmaktadır. Bunun yanı sıra bazılarında, genellikle doğrusal ve dairesel içkestirim kullanılarak gerçekleştirilen, eliptik ve hiperbolik içkestirime de rastlamak mümkündür.

4.2. Program Düzeltme

CNC'lerin çoğunda, düzeltilmek istenen veri veya programlar çeşitli şekilde düzeltilme veya değiştirilme olanaklarına sahiptirler.

4.3. Alt Program Tekniği

CNC takım tezgâhlarında, sık sık yapılan mekanik işlemlerin programları genellikle alt programlar şeklinde düzenlenmiştir. Bu alt programlar gerektiği zaman, (konum bilgisi, besleme hızı, ... gibi) belirli değişken değerleri için çağırılıp işlenebilmektedir.

4.4. Yanılgı Giderme

Takım tezgâhlarının yapılarından kaynaklanıp istenilen duyarlılıkta çalışmayı engelleyebilecek bazı mekanik aksaklıklar, CNC sistemi tarafından büyük ölçüde giderilebilmektedir. örneğin, dişlilerdeki boşluktan dolayı doğabilecek bir yanılgı için kontrol dizgesine boşluk miktarı düzeltme değeri olarak girilmekte, kontrol sistemi gerekli hesaplamaları yapıp, gerekiyorsa konum değerlerini bu düzeltme değerine göre yeniden ayarlamakta ve dişlilerdeki boşluktan dolayı olabilecek hatayı ortadan kaldırmaya çalışmaktadır.

4.5. Kesici Takım Gidermesi

Mevcut programların, kullanılan kesici takımdan bağımsız olarak, istenen duyarlılıkta çalışması için kullanılan kesici takımların boyutlarıyla ilgili bazı değişkenlerin dışarıdan kontrol dizgesine girilebilmesi ve bunlara göre kesici takımın izleyeceği yolun ayarlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Alford C.O., Sledge R.B., "Microprocessor Architecture for Discrete Manufacturing Control, Part III: System Architecture", IEEE Transactions on Manufacturing Technology, No. 4, pp. 84-89, December 1976.
2. Alford C.O., Sledge R.B., "Microprocessor Architecture for Discrete Manufacturing Control, Part IV: Computer System Performance Evaluation", IEEE Transactions on Manufacturing Technology, p.p. 9-15, March 1977.
3. Basich R., "NC-CNC, What Prospects has CNC to Offer", pp. 149-153.
4. Becker H. "Development and Present Level of Numerical Control", pp. 3-12
5. Bobrov A.N., Perchenok Y.G., "Automated Milling Machines for Three Dimensional Machining", Machines and Tooling, 51, pp. 3-7, 1980.
6. Dalgıç A., "Microcomputer Control of Linear Motion of a Lathe Cutting Tool", M.Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering METU, 1983.
7. Işık T., "Design and Construction of a Prototype NC Milling-Drilling Machine", M. Sc. Thesis, Department of Mechanical Engineering METU, 1981.
8. Joosten J., Robben W. "Microprocessor CNC Provides Flexible Production and Service", Science and Industry, 16, pp. 6-9.
9. Kean G. C, Savage R., Cullen E., "Microprocessors in Machine Automation", The Production Engineer, pp. 32-36, April, 1977.
10. Milner DA., "Microcomputer Control of Machine Tools", Minicomputer Forum, pp. 561-573, 1975.
- HOkamoto K., Isomura M., "Application of Microprogramming in Numerical Machine Controllers", Euromicro Journal, 6, pp. 228-295, 1980.
- 12 "DPT 5. Beş Yıllık Kalkınma Planı Metal ve Ağaç İşleyen Makinalar Sanayii özel İhtisas Komisyonu Raporu", Aralık 1982.