



Kısa Makale

Eğitim Amaçlı Esnek ve Modüler Üretim Sistemlerinin Teknik Eğitimde Kullanılması

Hasan ÇİMEN¹, Sezai TAŞKIN², İsmail YABANOVA³,

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, AFYON^{1,3}
Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, İSTANBUL²

Özet

Önceleri yaşantımıza sanayileşme fırtınası içinde giren mekanizasyon sistemleri ve ürünleri, bilgi teknolojisinin gelişimi ile boyutunu mekanik-elektrik-elektronik-bilgisayar bütünlüğü içindeki sistem ve ürünlere bırakmıştır. Teknolojide yaşanan büyük gelişmeler ile birlikte birçok teknolojinin bir arada kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bu kapsamda ortaya çıkan ve Mekatronik Sistemler olarak adlandırılan yeni bir mühendislik alanı oluşmuştur. Gelişen bu teknolojiler sayesinde insan gücüne dayalı üretim yerini bilgisayar veya mikro kontrolör kontrollü makinelere bırakmıştır.

Günümüzün rekabete dayanan üretim sanayisinde pazar payı bulabilmek için sürekli değişen tüketici taleplerine cevap verebilmek gerekmektedir. Bu sebepten dolayı üretimin esnek olması bir zorunluluk haline gelmiş ve yaptıkları iş birbirinden farklı fakat birbirleri ile haberleşerek çalışan üretim istasyonlarından oluşan modüler üretim sistemleri fabrikalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

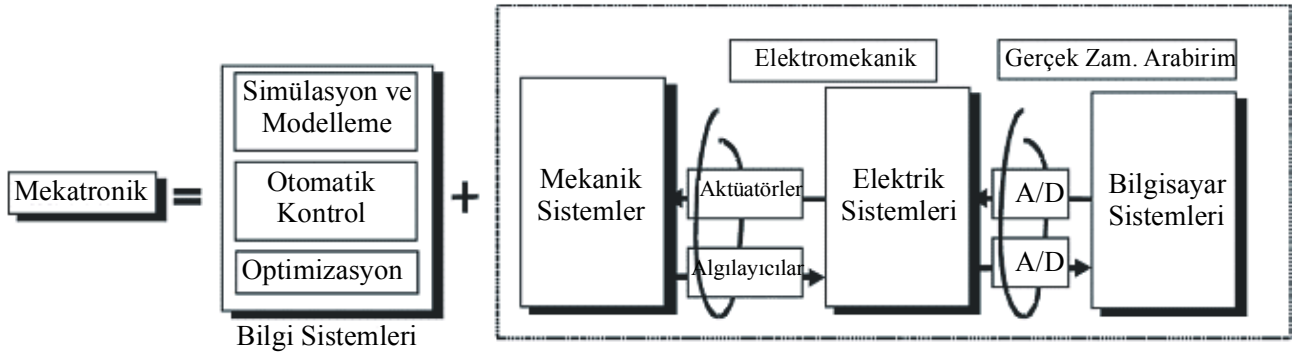
Bu çalışmada, teknik eğitimdeki ilgili disiplinlerde kullanılan esnek ve modüler üretim sistemleri hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Uygulama örnekleri olarak, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümünde bulunan Esnek Üretim Sistemi (FMS-Flexible Manufacturing System) ile Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mekatronik Eğitimi Bölümü'ndeki Modüler Üretim Sistemi (MPS-Modular Production System) verilmiştir. Bu sistemler ile eğitim alan öğrencilerin endüstriye yapabilecekleri katkılar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mekatronik, Esnek Üretim Sistemleri, Teknik Eğitim, Modüler Üretim

1.Giriş

Mekatronik kavramı, makine ve sistemlerin tasarım ve üretim aşamalarında disiplinler arası bir teknoloji uygulaması olarak tanımlanabilir [1]. Üretim sistemleri ve ürün tasarımı için mekanik, elektrik ve elektronik donanımlarının zeki bir kontrol sistemi ile kullanım perspektifinin sinerjik bir birleşimi olarak da tanımlanabilecek Mekatronik teriminin ifadesi en basit gösterimi ile Şekil 1'de verilmiştir [2].

Mekatronik, elektromekanik bir ürünün optimal tasarımını başarmak için kullanılan bir yöntem bilimidir. Disiplinler arası çalışma birlikteliği, geleneksel olarak karmaşık görünen problemlere basit çözümler oluşturmak amacıyla ideal koşullarda sinerjiyi arttırarak, geliştirilen yeni teknikler ve fikirlerin oluşmasını sağlar. Proses ve ürünlerin üretimi için bilgi sistemleri ile bilgisayar sistemlerinin elektrik, elektronik ve mekaniksel birleşimi sinerjiyi oluşturur. Sinerji, parametrelerin doğru kombinasyonu ile üretilebilir ki bu da son ürünün en iyi tasarımını ortaya çıkarır [2].



Şekil 1 Mekatronik Elemanların Anahtarı [2].

Günümüzde endüstriyel otomasyonda modüler üretim sistemlerine doğru bir yöneliş vardır. Bu yaklaşımda üretim sistemi, üretim modülleri olarak adlandırılan iş hücrelerine ayrılır. Böylece büyük işletmelere göre daha az modül kullanan küçük ve orta ölçekli işletmeler üretim maliyetini fazla yükseltmeden yeni teknolojiyi kullanan üretim sistemleri kurabilir ve zaman içinde üretim sisteminin modülerliğinden yararlanarak bütün üretim sistemini yeniden kurmak yerine sadece gerekli modülleri ekleyerek yeni üretim tekniklerine kolaylıkla geçebilirler. Ayrıca modüler üretim sistemleri esnek imalat sistemlerinin de temelini teşkil etmektedirler [3].

Modüler sistemler, ünitelerin verilen bir sıralamada kullanılması olasılığını veren, her biri tanımlı alt fonksiyonlar içeren ve farklı tüm fonksiyonları ile çeşitli sistemlerin değişik yollarla oluşturulmasına imkân veren modüler çözümlerdir [4].

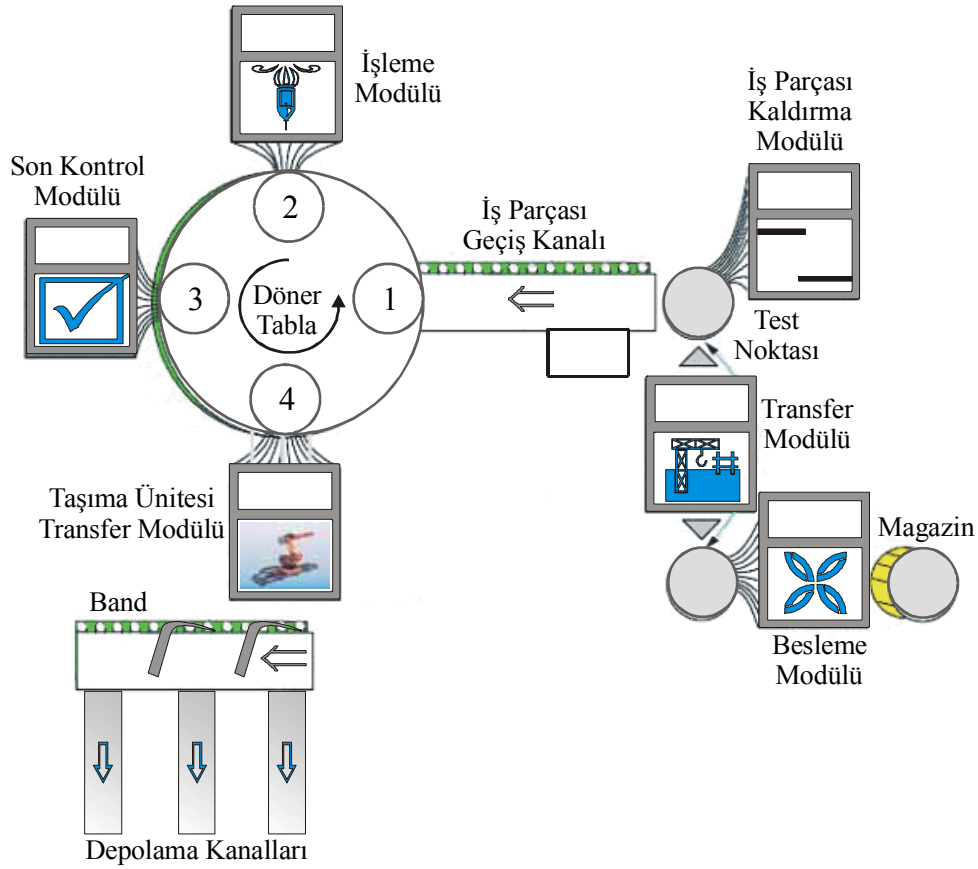
2. Modüler Üretim Sistemi (MPS)

MPS, “Modular Production System” kelimelerinin kısaltması olup, endüstriyel otomasyon eğitimine yönelik olarak tasarlanmış “Modüler Üretim Sistemi” olarak isimlendirilmektedir [3]. MPS, Festo Didactic Company tarafından araştırma ve öğretim amaçlı olarak geliştirilen ve tiplerine göre değişik işlevleri yerine getiren ünitelere sahip bir üretim planı modelidir. Model üzerinde farklı boyları, malzeme yapıları (plastik, alüminyum) ve renkleri (kırmızı, siyah, gümüş) olan silindirik iş parçaları kullanılmaktadır. Aktüatör olarak, elektrik sürücülerinde olduğu gibi dönen ve lineer hareket eden silindirler bulunmaktadır. Renk algılama, malzeme tipi tanıma ve boyutsal analiz mekanik, optik, indüktif ve kapasitif ölçüm prensiplerine dayanmaktadır [5].

Modülerlik; montaj ya da üretim işlemlerinin ayrı ayrı fonksiyonlarının küçük bölümlerde yeniden oluşturulması anlamına gelmektedir. MPS sistemleri bu özellikleri sayesinde Mekatronik eğitim ünitelerine dönüştürülebilmektedirler. Her ayrı modül kendi özel içeriğine sahiptir ve farklı işlem yapabilmektedir [3].

MPS’in eğitim amaçlı seçilen üretim özelliği birçok otomasyon sisteminde mevcuttur. Üretim özelliği sayesinde öğrenciler, endüstriyel ürünler ile çalışmayı ve birebir uygulama yaparak üretimdeki son kontrol işlemlerini öğrenmektedirler [3].

Şekil 2’de 5 üniteli bir MPS’in malzeme akış sıralaması gösterilmiştir.



Şekil 2 Modüler Üretim Sistemi Malzeme Akış Sıralaması ve Ünite Fonksiyonlarının Gösterimi [6].

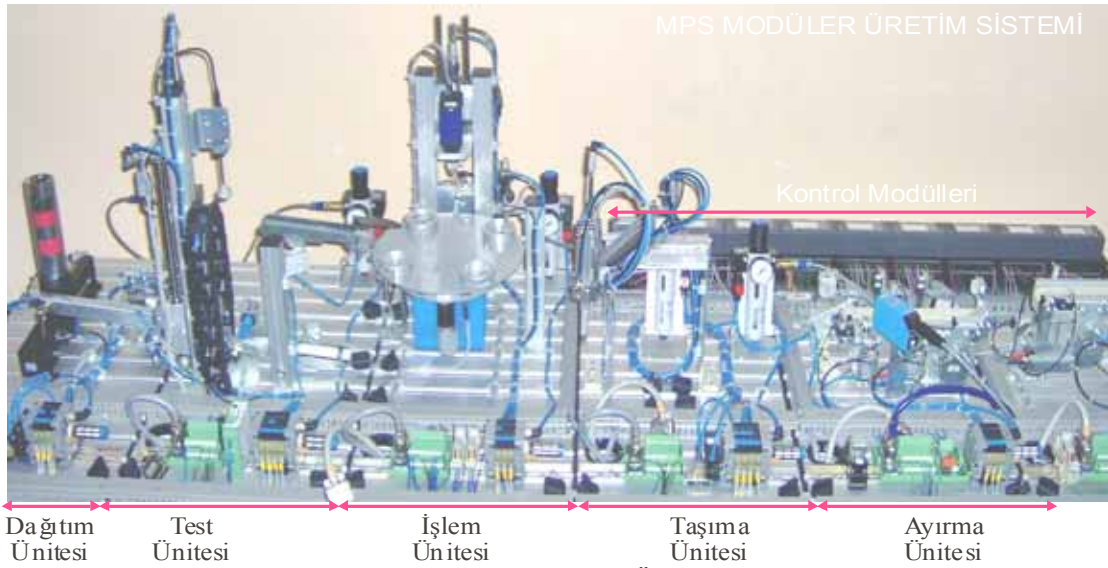
MPS Ünitelerinin kapsadığı teknolojiler aşağıda sıralanmıştır [3]:

- **Tahrik Elemanları:** Pnömatik silindirler, vakum elamanları, elektromekanik sistemler – DC Motorlar.
- **Algılayıcılar:** Sınır anahtarları, yaklaşım anahtarları (indüktif, kapasitif, optik, manyetik), basınç algılayıcısı, doğrusal potansiyometre.
- **Elektronik:** Arabirimler, güç kaynakları, analog-dijital dönüştürücüler, motor sürücü devreleri.
- **Kontrol:** Programlanabilir Lojik Kontrolörler (PLC), Dağıtık Giriş / Çıkış Modülleri
- **Yazılım:** Kontrol ve veri toplama amacıyla kullanılan yazılımlar.

Eğitim amaçlı olarak kullanılan Modüler Üretim Sistemi ünitelerinin fonksiyonlarını da aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [3]:

- Gelen parçaların tasnif edilerek diğer hücelere dağıtılması,
- Takım tezgâhında işleme vb. gibi çeşitli işlemlerden geçirilmesi,
- İşlenen parçaların çeşitli uygunluk testlerinden geçirilmesi,
- Testten geçen malzemelerin bir sonraki işleme aktarılması,
- Tüm işlemler bittiğinde malzemelerin çeşitlerine göre ayrılarak depolanması.

Şekil 3'te eğitim amaçlı olarak kullanılan MPS'in yapısı görülmektedir.



Şekil 3 Eğitim Amaçlı Modüler Üretim Sistemi [7].

3. Esnek Üretim Sistemi (FMS)

Esnek üretim sistemleri bir fabrika içerisinde belirli bir şekle göre kümelenmiş, yaptıkları iş birbirinden farklı ancak birbirleri ile haberleşerek çalışan, her birinin kendine özgü değişken donanımı olan üretim istasyonlarından oluşan üretim sistemleridir. Bir başka ifade ile daha kaliteli ve daha verimli ürün elde etmek için bir grup makine veya makinelerden oluşan işlem hücrelerinin birbirleri ile etkileşimli olarak çalışan bilgisayar kontrollü tam otomatik üretim sistemleridir [8].

Esnek üretim sistemleri organizasyonlara sekiz farklı yönde esneklik sağlamaktadır [9]. Bunlar:

- *Makine esnekliği*: Parça kümelerinin üretilebilmeleri için gerekli değişikliklerin kolayca yapılabilmesi.
- *İşlem esnekliği*: Çeşitli işlerin bir arada yapılabilmesi.
- *Ürün esnekliği*: Yeni ürünlerin üretilebilmesi için gerekli değişikliklerin ekonomik olarak ve kısa zamanda yapılabilmesi.
- *İşlem sırası esnekliği*: Makine arızalarından üretimin en az seviyede etkilenmesi.
- *Hacim esnekliği*: Esnek üretim sistemlerinin, değişik üretim hacimlerinde ekonomik bir şekilde işleyebilme yeteneği.
- *Genişleme esnekliği*: Esnek üretim sisteminin ihtiyaç halinde ve modüler bir şekilde genişleyebilme yeteneği.
- *Operasyon esnekliği*: Her ürün çeşidi için ürün çeşidinin işlem sırasındaki yer değişimi yapabilme yeteneği.
- *Üretim esnekliği*: Esnek üretim sistemlerinin üretebileceği parça çeşitleri kümesi.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan birçok Mekatronik sistemi içeren eğitim amaçlı esnek üretim sistemleri ile bir işletmedeki üretim sistemi yapısı bütünüyle incelenebilmektedir. Bu eğitimi vermek için hazırlanmış örnek esnek üretim sistemi (Şekil 4) 5 adet istasyon ve 1 adet taşıma bandından oluşmaktadır.

Bu istasyonlar:

- Hammadde Giriş - Dağıtım Hücresi
- Tutma ve Kaldırma Hücresi - İşleme Hücresi
- Robot Birleştirme - Montaj Hücresi
- Otomatik Depolama – Geri verme
- Gruplayarak Dağıtım Hücresi



Şekil 4 Eğitim Amaçlı Kullanılan Esnek Üretim Sistemi Görünümü.

3.1. Hammadde Giriş - Dağıtım Hücresi

Esnek üretim sistemlerinde üretilecek olan malzemenin ham maddesi bir yerde stoklanır ve sistem ihtiyaç duyduğu ham maddeyi buradan alır. Hammadde giriş ve dağıtım hücresi (Şekil 5) bu işlemin yapıldığı istasyondur. Bu istasyonda malzeme stoklandığı yerden alınır ve yüksekliği test edilir, eğer belirlenen standartlardaysa sistem talep ettiğinde taşıma bandına parça verilir.



Şekil 5 FMS Hammadde Giriş ve Dağıtım Hücresi.

3.2. Tutma ve Kaldırma Hücresi - İşleme Hücresi

Hammadde giriş ve dağıtım hücresi tarafından sisteme verilen malzeme tutma ve kaldırma hücresi ile banttan işleme hücresine alınır. Burada işleme hücresi ile çeşitli delme, parlatma vb. işlemler yapıldıktan sonra parça tekrar banda verilir. Şekil 6'da tutma ve kaldırma hücresi - işleme hücresi verilmiştir.



Şekil 6 FMS Tutma ve Kaldırma Hücresi - İşleme Hücresi.

3.3. Robot Birleştirme - Montaj Hücresi

Robot birleştirme ve montaj hücresinde işlenerek gelen parçalar robot tarafından banttan alınarak çeşidine göre montaj işlemi yapılır. Robot birleştirme hücresinde 5 eksenli endüstriyel robot bulunmaktadır. Gelen parçaların montajı yapıldıktan sonra banda tekrar robot tarafından verilir.



Şekil 7 FMS Robot Birleştirme - Montaj Hücresi.

3.4. Otomatik Depolama ve Geri Verme Hücresi

Esnek üretim sistemlerinde tüketicinin isteklerine tam zamanında cevap verebilmek için üretilen ürün otomatik depolama ve geri verme hücresinde depolanır veya sisteme geri verilir. Üretilen ürün için talep azaldığında ürün bu hücrede depolanır, arttığında ise tüketicilere tam zamanında cevap verebilmek için depolanan ürünler sisteme geri verilir. Bu hücre X, Y ve Z eksenlerinde hareket eden kartezyen robottan oluşmaktadır. Depolanan parçaların konumları kontrolör tarafından kaydedilir ve talep olduğunda bu konumdan alınarak sisteme tekrar geri verilir. Şekil 8’de otomatik depolama ve geri verme hücresi verilmiştir.



Şekil 8 FMS Otomatik Depolama ve Geri Verme Hücresi.

3.5. Gruplayarak Dağıtım Hücresi

Üretilen ürünün tüketiciye ulaşması için fabrikadan çıkış yapması gerekmektedir. Fabrikalarda genellikle çok çeşitli ürünler üretilmektedir. Üretilen bu ürünler dağıtım hücresi sayesinde çeşidine göre ayrılır ve tüketiciye ulaştırılmak üzere fabrikadan çıkışı gerçekleşir. Şekil 9’da gruplayarak dağıtım hücresi verilmiştir.



Şekil 9 FMS Gruplayarak Dağıtım Hücresi.

4. Esnek Üretim Sistemi İle Verilen Eğitim

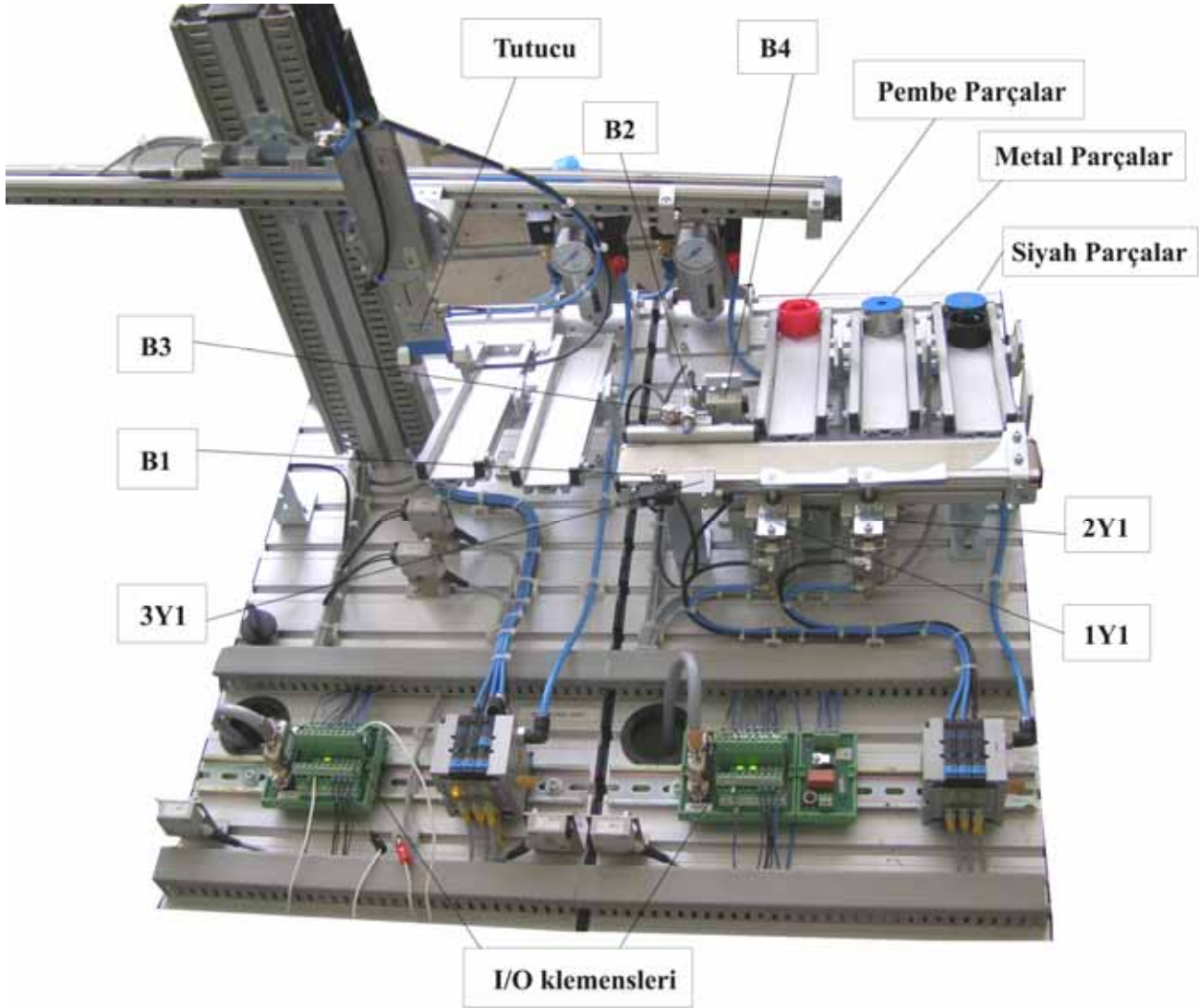
Temel olarak PLC ve Pnömatik derslerini alan öğrencilere esnek üretim sisteminde ileri seviyede uygulamalar yaptırılmaktadır. Esnek üretim sistemlerinin en büyük yararı öğrencilere gerçek bir sistemde uygulama yapma imkânı sunmasıdır. Endüstride çalışan her hangi bir makine üzerinde uygulama yaparak pratik kazanmak her zaman mümkün olmamaktadır. Özellikle meslek eğitimi veren mühendislik ve teknik eğitim fakültelerinde yapılacak olan laboratuvar uygulamalarının büyük önem taşıdığı bir gerçektir. Bu sebepten dolayı esnek üretim sistemleri ile verilen eğitimin büyük bir boşluğu doldurduğu görülebilir. Esnek üretim sistemleri üzerinde eğitim

alan öğrenciler birçok pratik yaparak deneyim kazanabilmektedirler. Esnek üretim sistemleri çeşitli tip ve çalışma mantığındaki algılayıcı, pnömatrik-elektropnömatrik, PLC, endüstriyel robot, endüstriyel iletişim teknolojileri gibi birçok teknolojiyi bir arada kullanma ve uygulama yapma imkânı sunmaktadır. Bu sistemleri kullanarak çok farklı kombinasyonlarda farklı uygulamalar yapılabilmektedir.

Bu makalede esnek üretim sisteminin gruplayarak dağıtım hücresi ve PLC eğitim seti ile yapılmış örnek bir uygulama verilmiş ve bu uygulama sayesinde öğrencilerin kazanabileceği bilgi ve becerilerden bahsedilmiştir.

4.1. Örnek Uygulama

Şekil 10'da yapılan uygulamada kullanılan gruplayarak dağıtım hücresinin bileşenleri verilmiştir. Tablo 1'de ise bu bileşenlerin PLC'de kullanılan sembolik isimleri, mutlak adresleri ve kısa açıklamaları verilmiştir.



Şekil 10 FMS Gruplayarak Dağıtım Hücresi Bileşenleri.

Tablo 1. PLC’de Kullanılan Giriş-Çıkışların Sembolik ve Mutlak Adresleri

Sembolik İsim	Adres	Açıklama
Parça al	I0.0	Taşıma bandından gelen parça al komutu
H_1B1	I0.1	Tutucu sol pozisyonu algılama sensörü
H_1B2	I0.2	Tutucu sağ pozisyonu algılama sensörü
H_1B3	I0.3	Tutucu orta pozisyonu algılama sensörü
H_2B1	I0.4	Tutucu aşağı konumda
H_2B2	I0.5	Tutucu yukarı konumda
H_3B1	I0.6	Tutucudaki parçayı algılama sensörü
B2	I1.1	Metal parçaların algılama sensörü
B3	I1.2	Pembe ve metal parçaları algılama sensörü
B4	I1.3	Parçaların rafa düştüğünü algılayan sensör
B1	I1.0	Bantta parça olduğunu algılayan sensör
H_1Y1	Q0.0	Tutucuyu sola hareket ettir
H_1Y2	Q0.1	Tutucuyu sağa hareket ettir
H_2Y1	Q0.2	Tutucuyu aşağı hareket ettir
H_3Y1	Q0.3	Tutucuyu aç
İst hazır	Q0.6	Taşıma bandına gönderilen istasyon hazır bilgisi
K1	Q1.0	Bant motoru
1Y1	Q1.1	Pembe parçaların pistonu
2Y1	Q1.2	Metal parçaların pistonu
3Y1	Q1.3	Parça tutucu

Gruplayarak dağıtım hücresinin kontrolünü sağlamak için kullanılan PLC eğitim seti şekil 11’de verilmiştir. PLC eğitim setinde 24 dijital giriş, 16 dijital çıkış ve 5.7” dokunmatik operatör paneli bulunmaktadır. Operatör paneli ile hücrenin kontrolü görselleştirilmiş ve renklerine göre ayrılan parçaların sayımı yapılmıştır.

**Şekil 11** PLC Eğitim Seti.

4.2. MPS ve FMS Deney Setleri ile Öğrencilere Kazandırılabilir Bilgi ve Beceriler

Eğitim amaçlı projeler ve çalışmalarda, gerçek bir projenin řu aşamaları MPS ve FMS üzerinde uygulamalı olarak rahatlıkla yapılabilir [10]:

- ◆ Planlama
- ◆ Montaj
- ◆ Programlama
- ◆ İşletmeye alma
- ◆ Çalıştırma
- ◆ Bakım
- ◆ Hata bulma.

Bu Tip Sistemler İle Öğrencilere Kazandırılabilir Beceriler:

- ◆ Bir üretim bandının veya istasyonunun mekanik olarak kurulumu,
- ◆ Vakum teknolojisi uygulaması,
- ◆ Doğrusal ve dönen eksenli pnömatik silindirlerin kullanımı,
- ◆ Elektropnömatik valf uygulamaları,
- ◆ Endüstriyel tip yaklaşım anahtarlarının kullanımı ve çalışma prensipleri,

Bu Tip Sistemler İle Yapılabilir Proje Çalışmaları:

- ◆ Bir üretim bandında malzeme akışının optimizasyonu ve kurulması,
- ◆ İstasyonların değişimi ile üretim değişikliği uygulaması,
- ◆ Üniteler arası bilgi haberleşme,
- ◆ Malzeme akış kontrolü,
- ◆ Kalite kontrolü,

5. Deđerlendirme

Bu çalışmada örnekleri ve resimleri verilen donanımlar Festo Didaktik tarafından eğitim amaçlı uygulamalar için tasarlanmış deney setleridir.

Günümüzde, ürün ve üretim sistemlerinin küresel rekabetin gerektirdiği niteliklere sahip olma zorunluluğu gibi, bu ürün ve üretim sistemlerinin tasarımında, imalatında, montajında, devreye alınmasında, işletilmesinde ve bakımında görev alacak personelin de aynı şekilde küresel rekabetin zorunlu kıldığı niteliklere sahip olması gerekmektedir. Rekabetin, bölgesel ve ülkesel olmaktan çıkıp küresel olması, bu rekabet ortamında çalışacak personel profilinin de değişiminde belirleyici olmaktadır. Üreticiler, rekabet gücü yüksek en iyi çözümü sunmak amacıyla ürün ve üretim sistemlerinde farklı teknolojileri birlikte kullanmaktadır. Dolayısıyla, bu tür karmaşık teknoloji içeren ürün ve üretim sistemleri ile ilgili değişik konularda çalışacak personelden endüstrinin beklentileri de artmaktadır [11].

Eğitim gereksinimleri bundan böyle sürekli artmaya devam edecektir. Bu süreçte, eğitim yöntemlerinin kalitesini teknolojik ilerleme ve küreselleşmenin oluşturduğu taleplere uygun seviyede tutmak ve devamlı olarak arttırmak temel hedef olacaktır. Endüstriyel üretimin geleceği; esnek, sistem içi haberleşme olanağı sunan ađ yapılı fabrika otomasyonudur. Mikrosistem teknolojisi ve mekatronik, bu gelişim sürecinin motorunu teşkil etmektedir ve sonuçta daha küçük ebatlı olmalarına rağmen daha yüksek performanslı, akıllı ürünler ortaya çıkmaktadır[12].

Yukarıda sayılan tüm gerekçeler dikkate alındığında FMS ve MPS gibi deney setleri üzerinde verilecek teknik eğitimin endüstri açısından ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Bu tip sistemler üzerinde eğitim alan ve uygulama yaparak pratik deneyim kazanan öğrenciler, endüstrideki benzer yapıları kurma, geliştirme, devreye alma, arızalarını en kısa sürede anlayıp giderebilme gibi temel yetenekleri kazanarak birçok yönden sanayimize önemli getirilerde bulunabileceklerdir.

Kaynaklar

1. ÖZTUNA, S., “Günümüzde Mekatronik Düşünce”, Otomasyon Dergisi, Ocak 2005, Sayfa: 86-90.
2. SHETTY, D.; KONDO J.; CAMPANA, C.; A. KOLK, R., 2002, “Real Time Mechatronic Design Process for Research and Education”, Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition Copyright
3. ERDEM, G.; DÜZYOL, B.; ŞEREFİCAN, F., 2004, “MPS Sistemlerinin İncelenmesi ve Parça İşleme, Nakil, Ayırma ve Depolama Otomasyon Sistemi”, MÜTEF Elektrik Eğitimi Bölümü Bitirme Projesi.
4. HESSE, S., 1999, “Rationalization with Handling Technology”, Festo
5. Modular Production System (MPS), www.ias.uni-stuttgart.de (Ocak 2005)
6. TANVIR, H.; GEORG, F., April 2005, “Migration of a PLC Controller to an IEC 61499 Compliant Distributed Control System : Hands-on Experiences”, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation ICRA’05, Barcelona, Spain, 3995-4000.
7. S. TAŞKIN, “MPS Modüler Üretim Sisteminin Bilgisayar Destekli Gerçek Zamanlı Kontrolü ve Teknik Eğitime Uygulanması”, 2007, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.
8. TAŞGETİREN, S., GÖKÇE, B., 2004, Uygulamalı Endüstriyel Otomasyon (Taslak Baskı), Afyon
9. BROWNE, J.B., HARHEN, J., SHIVNAN, J., 1988, “Production Management Systems: A CIM Perspective”, Addison – Wesley Publishing Co.
10. Festo Didactic: “Learning System for Automation and Communications”, “Modular Production System”, Training Documentation, 2001.
11. KARCI, H., Eylül 2005, “Mekatronik Eğitiminden Endüstrinin Beklentileri”, I. Uluslararası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri Kongresi, İstanbul
12. KARCI, H.: Ocak 2006, “Mesleki ve Teknik Eğitimde İyileştirme Potansiyeli”, Otomasyon Dergisi, Sayı 164.