

ÇOK YÖNLÜ TEKERLEKLERE SAHİP BİR MOBİL ROBOTUN PLC İLE DENETİMİ

Servet SOYGÜDER¹, Hasan ALLİ¹

¹ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü -23279- ELAZIĞ

ssoyguder@firat.edu.tr; halli@firat.edu.tr

Özet

Makinelerin, robotların ve belirli işlevleri yerine getiren tüm mekanizmaların akıllı bir şekilde istenilen işleri yerine getirebilmeleri elektromekanik sistem bileşenlerinin oluşturulması ile sağlanabilir. Günümüz teknolojisinde robotların kendi kendilerine çevresel şartları algılayabilmesi, kavrayabilmesi, karar verebilmesi ve bu kararlar doğrultusunda hareket edebilmesi robotlara esneklik kazandıran en önemli özelliktir. Bu çalışmada robotun denetimi PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) ile gerçekleştirilmiştir. Robotun her bir tekeri için yarı bir DC motor kullanılmıştır. Robotun öteleme, dönme ve farklı doğrultularda hareketleri için ayrı elektronik devre kullanılmadan, PLC ile programlar Ladder Diyagramında oluşturularak denetimi kolayca sağlanmıştır. PLC ile dijital ortamda mekatronik program yapma yeteneği ile mekanik devre aksamı kullanılmadan maliyet minimize edilmiş ve mekanik devrenin oluşturabileceği arızalar önlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Swedish Mekanizması, PLC Denetim, Ladder Diyagram

Abstract

The elements of electro-mechanical systems can provide self-control features to machines, robots and all mechanisms which fulfill certain specific tasks. The most important feature of robots gaining flexibility is that robots can sense and then understand their environment, after that make decision themselves and finally move according to these decisions. In this study, the mobile robot has been controlled with Programmable Logic Controller (PLC). Different DC motors have been used for each wheel of the mobile robots. The control procedure has easily been obtained by using a computer program in Ladder Diagrams in PLC without using different electronic circuits. This control has minimized the cost because of not using mechanical components and prevented mechanical failure and maintenance.

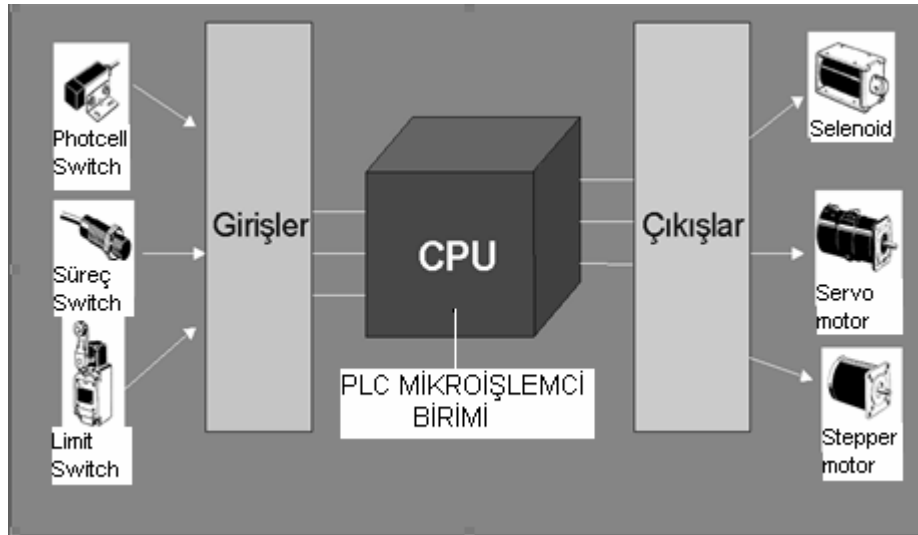
Key Words : Swedish Mechanism, PLC Control, Ladder Diagram

1. GİRİŞ

Son yıllarda endüstride PLC kullanımına olan talebin hızla artmasının nedenleri, PLC' nin özellikle fabrikalarda otomasyon, asansör uygulamaları, otomatik paketleme, enerji dağıtım sistemlerinde ve taşıma bandı sistemlerinde, doldurma sistemlerinde ve daha birçok alanda üretimi destekleyen ve verim artışı yanı sıra ürün maliyetinin de minimize edilmesidir [1]. Klasik röleli kumanda sistemlerinin yerlerini PLC sistemi ile programlanabilir kontrol sistemlerinin

alması teknik yönden büyük bir yeniliktir. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC) ; önceden elektromekanik rölelerin yerine getirdiği lojik fonksiyonları devreler ile yerine getirmektedir. Esas olarak PLC lojik kararların oluşturulmasından ve çıkışların sağlanmasından dijital elemanların atandığı bir sistemdir. Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler, imalat basamakları işlemlerinde ve makinelerde kontrol amacı ile kullanılır.

Programlanabilir denetleyiciler geleneksel röleli kontrol sistemlerine göre birtakım avantaj ve üstünlükler sağlamaktadır. Röleler sıkı tulle sarılmış özel bir fonksiyona sahiptir. Sistem ihtiyaçları değiştiği zaman röle bobin bağlantılarının komple değiştirilmesi gerekmektedir. Böyle bir durumda eski modellerin her birinin değiştirilmesi mümkün olmakla birlikte gerek üretim hızı, verim ve gerekse zaman ve ekonomik açıdan bir takım dezavantajlar oluşturmaktadır. Programlanabilir denetleyiciler geleneksel röleli kontrol devrelerinde yapılan birçok elle bağlantı işlemlerine gereksinim bırakmaz. İşletmeciler tabanlı kontrol sistemi olan PLC sistemi ile röleli geleneksel sistemler karşılaştırıldığında PLC' nin daha küçük bir boyutta daha verimli olması ve ayrıca daha ekonomik olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra programlanabilir denetleyiciler güvenilirlik, düşük güç tüketimi ve kolay yayılma yeteneği sunmaktadır. Şekil 1' de görüldüğü gibi programlanabilir mantıksal denetleyici cihazları; mikroişlemci birimi(merkezi işlemci birimi), giriş-çıkış birimleri ve programlama makinesi adı verilen üç ana bölümden oluşmaktadır. Mikroişlemci biriminin de içinde olduğu PLC programlama makinesi Şekil 2' de gösterilmiştir.



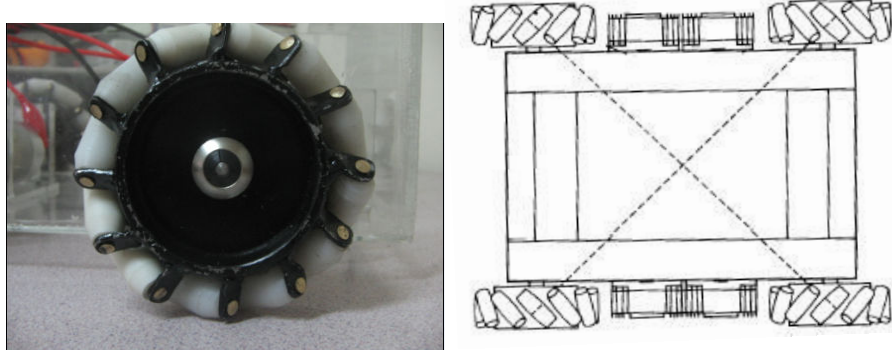
Şekil 1. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici Oluşturan Birimler.



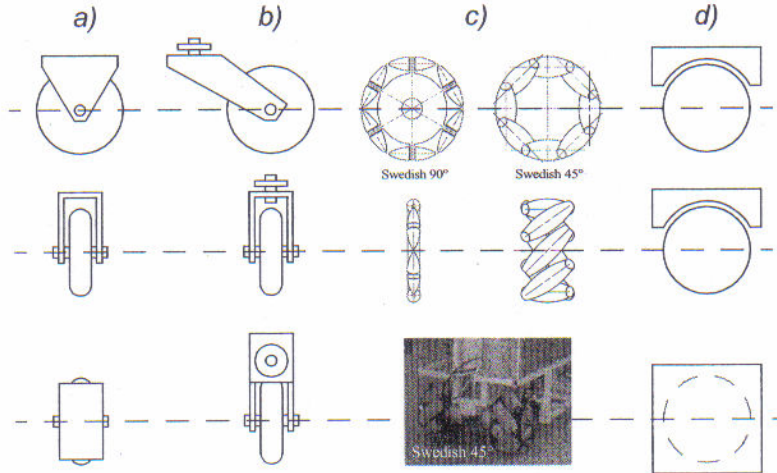
Şekil 2. Programlama makinesi (PLC Cihazı)

2. ÇOK YÖNLÜ TEKERLEKLER

Çok yönlü tekerlekler mobil robotlarda sıkça kullanılan bir mekanizmadır. Çok yönlü tekerlekleri sahip oldukları serbestlik derecelerine göre, birçok farklı guruplar oluşturmaktadırlar. Günümüze kadar birçok tipte çok yönlü mobil robotlar yapılmıştır. Tekerin çok yönlü bir mekanizma olması, üzerine yerleştirilen pasif hareket yapan silindirik küçük tekerlerdir [2-3]. Şekil 3' de silindirik rulolu tekerlek mekanizması görülmektedir. Silindirik rulolu tekerlekler mobil robot tekeri üzerine, tekerin dönme eksenine göre farklı açılarda yerleştirilerek istenilen amaca yönelik tekere farklı tiplerde çok yönlülük kazandırılmaktadır. Genelde bu tip özellikteki tekerlekler swedish mekanizmalı tekerlekler denilmektedir. Silindirik rulolu tekerleklerin, robot tekerinin dönme eksenine göre yerleştirildikleri açılara bağlı olarak isim verilmektedir. Küçük silindirik rulolu tekerlek robot tekerin dönme eksenine göre oluşturduğu açı 90° ise buna swedish 90° lik tekerlek, küçük silindirik rulolu tekerlek robot tekerin dönme eksenine göre oluşturduğu açı 45° ise buna swedish 45° lik tekerlek, 0° ise swedish 0° lik tekerlek adı verilmektedir. Bu farklı tipteki tekerlek mekanizmaları Şekil 4' de de görüldüğü gibi; iki serbestlik dereceli mekanizmaya sahip standart tekerlekler vardır. Standart tekerlekler teker mili etrafında dönme hareketi ve yere temas noktası etrafında dönme hareketi ile 2 serbestlik dereceli bir mekanizmadır. Bir başka tip te castor mobilya tekerlekleridir. Bu tip tekerlek de 2 serbestlik dereceli bir mekanizmadır. Castor tekerlekler teker mili etrafında yaptığı dönme hareketi ve tekerin bir moment koluna bağlı olarak moment kolu etrafında dönme hareketini gerçekleştirmektedir. Bir diğer tip ise swedish mekanizmalı tekerlerdir. Swedish mekanizmalı tekerlekler; tekerin mil etrafındaki dönme hareketi, Silindirik rulolu tekerlerin pasif dönme hareketleri ve tekerin yere temas noktası etrafındaki dümenlenebilir dönme hareketleri ile toplam 3 serbestlik dereceli bir mekanizmadan oluşmaktadır. Ayrıca birde küresel şeklinde olan tekerlek mekanizmaları vardır. Bu küresel tip tekerleklerin teknik olarak incelenmesi zordur.



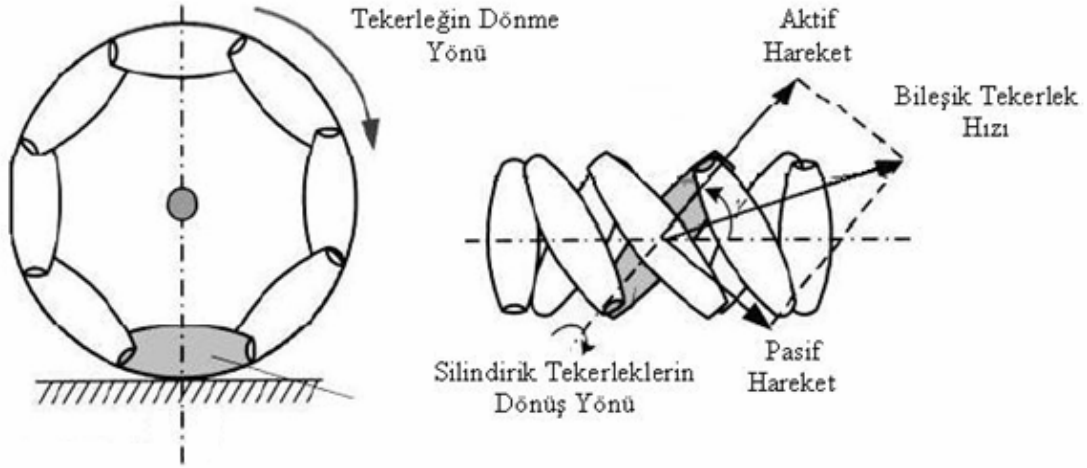
Şekil 3. Silindirik rulolu tekerlek



Şekil 4. Dört temel tekerlek tipleri. (a) Standart tekerlek. (b) Castor mobilya tekerlek. (c) Swedish mekanizmalı tekerlek. (d) Küresel tekerlek

3. DÖRT TEKERLEKLİ ÇOK YÖNLÜ MOBİL ROBOT

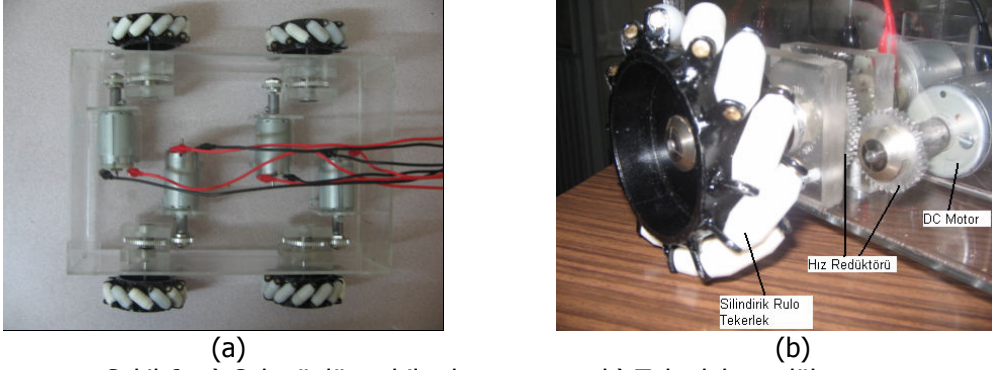
Çok yönlü swedish mekanizmalı mobil robotun tekerlekleri üzerine yerleştirilen silindirik rulolar, tekerleğin serbestlik derecesini arttırmaktadır [4-5]. Bu da robota çok yönlü bir mekanizma niteliğini kazandırmaktadır. Tasarlanan dört tekerlekli mobil robotun her bir tekerleğinin üzerine 12 adet silindirik rulo yerleştirilmiştir. Ruloların sayısı mobil robotun tekerlek çapı ile doğru orantılıdır. Silindirik rulolar tekerin dönme merkezi eksenine 45° lik açı ile pasif dönen eleman olarak yerleştirilmiştir. Ancak mobil robotun her bir tekerlek üzerine yerleştirilen silindirik rulolar aynı doğrultuya sahip değildir. Bu yerleştirme düzeni mobil robotun istenilen her doğrultuda hareket edebilecek kapasitede, hız vektörleri hesaplanarak elde edilmiştir. Silindirik ruloların her teker üzerinde yerleştirme pozisyonları Şekil 3' de gösterilmiştir. Mobil robot laboratuvar ortamında tasarımı yapılmış ve dizaynı gerçekleştirilmiştir. Mobil robot dört adet tekerden oluşmaktadır. Robotun tekerleri dökme demir malzemesi kullanılarak, istenilen şekil ve boyutları CNC tezgahında işlenerek oluşturulmuştur. Teker üzerine yerleştirilen silindirik rulo tekerlerde aynı ölçülerde seri olarak CNC tezgahında imalatı yapılmıştır. Silindirik rulolar esnek plastik bir malzeme kullanılarak imalatı gerçekleştirilmiştir. Esnek plastik malzeme kullanılması ile tekerin yer ile daha yumuşak bir temas oluşturarak titreşim ve gürültü gibi istenilmeyen dezavantajlar giderilmeye çalışılmıştır. Ayrıca ruloların silindirik şeklinde yapılmasının sebebi de, robot tekerinin dönme hareketini gerçekleştirdiği zaman titreşimi önlemek içindir. Yani silindirik rulolar robot tekerinin döndüğü her süreçte yer ile temas halindedirler. Aksi takdirde rulolar silindirik yapılmadığı takdirde, yere belirli zaman aralıklarında temas edeceğinden dolayı hem gürültü hem de titreşim oluşturarak bir robotta istenilmeyen durumlar ortaya çıkaracaktır. Tasarımı gerçekleştirilen çok yönlü mobil robotun her bir tekeri 2 serbestlik dereceli bir mekanizmaya sahiptir. Şekil 5' de de görüldüğü gibi çok yönlü swedish mekanizmalı teker, shaft mili eksenini etrafında dönme hareketi ile silindirik rulolu tekerleklerin pasif dönme hareketinden ibarettir. Mobil robotun tekerlekleri yer ile temas ettiği nokta etrafında dönme hareketini yapmadan, mobil robotun tekerleklerine farklı doğrultularda hareket verilerek istenilen yörüngeyi ileri-geri öteleme ve sağ-sol yan taraflara hareket edebilecek şekilde tekerleklerin dizaynı gerçekleştirilmiştir. Mobil robotun her bir tekerleği ayrı bir DC motor ile tahrik edilmiştir. Çünkü mobil robotun çok yönlü olarak hareket edebilmesi, tekerlerin farklı doğrultularda dönme hareketi ile gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 5. Çok yönlü swedish mekanizmalı tekerde oluşan hareket vektörleri

4. ROBOT DENETİMİ VE MOTOR TESPİTİ

Robot denetimi denilince akla ilk gelen makinelerin, sistemlerin ve birçok cihazların çevresel şartları algılaması, akıl yürütebilmesi ve istenilen amaca göre iş yapabilmesidir. Denetimin esas temeli tüm kontrol cihazları için aynıdır. Kontrol cihazları robotların akıllı bir şekilde davranışlarını sağlar. Bir robotun kapasitesi, robotun çevre ile olan bilgi alışverişlerinin hassasiyetine bağlıdır. Tabii ki robotların denetimi kadar tahrik elemanı olarak kullanılan motorların seçimi de önemlidir. Motorlar tekerlerin dönme hareketi esnasında oluşan sürtünme kuvvetini yenecek kadar güçlü bir kapasitede olmaları, mobil robotun istenilen yörüngeyi takip etmesi için kaçınılmaz bir durumdur. Şekil 6' de görüldüğü gibi mobil robotun her bir tekeri için birer adet 3 amperlik DC motorlar kullanılmıştır. Mobil robotun çok yönlü olarak çalışabilmesi tekerleklerin aynı doğrultularda ama farklı yönlerde dönmeleri ile gerçekleştirilmektedir [6-8]. DC motorlar bu problemleri aşabilecek bir motor tipidir. PLC ile DC motorların denetimi çok hassas ve kolay bir şekilde yapılmaktadır. Ayrıca her bir motor için hız redüktörü kullanılmıştır. Hız redüktör mekanizmasının kullanılması ile mobil robot tekerleklerinin ilk tahrik anında spin hareketi önlenmiştir. Bu da sonuç olarak mobil robotun daha kararlı istenilen bir şekilde hareketi sağlamasına yol açmıştır.



Şekil 6. a) Çok yönlü mobil robotun yapısı b) Tekerlek modül yapısı

5. PLC İLE DENETİM

Genel olarak PLC, endüstri alanında kullanılmak üzere tasarlanmış, dijital prensiplere göre yazılan fonksiyonu gerçekleştiren, bir sistemi yada sistem guruplarını, giriş-çıkış kartları ile denetleyen, içinde barındırdığı zamanlama, sayma, saklama ve aritmetik işlem fonksiyonları ile genel kontrol sağlayan elektronik bir cihazdır. Aritmetik işlem yetenekleri PLC' lere daha sonradan eklenerek bu cihazların geri beslemeli kontrol sistemlerinde de kullanabilmeleri sağlanmıştır.

PLC sistemi kontrol edilen sahada meydana gelen fiziksel olayları, değişimleri ve hareketleri çeşitli duyargalarla belirleyerek, gelen bilgileri yazılan kullanıcı programına göre bir değerlendirmeye tabi tutar. Mantıksal işlemler sonucu ortaya çıkan sonuçları da kumanda ettiği elemanlar aracılığı ile çevreye yansır. Çevreden gelen bilgiler ortamda meydana gelen aksiyonların elektriksel sinyallere dönüşmüş halidir. Bu bilgiler analog ya da dijital olabilir. Bu sinyaller bir transduserden, bir kontaköre yardımcı kontağından gelebilir. Gelen bilgi analog ise, gelen değer belli bir aralığı için, dijital ise sinyalin olması ya da olmamasına göre sorgulama yapılabilir. Bu algılama olayları giriş kartları ile, müdahale olayları da çıkış kartları ile yapılmaktadır.

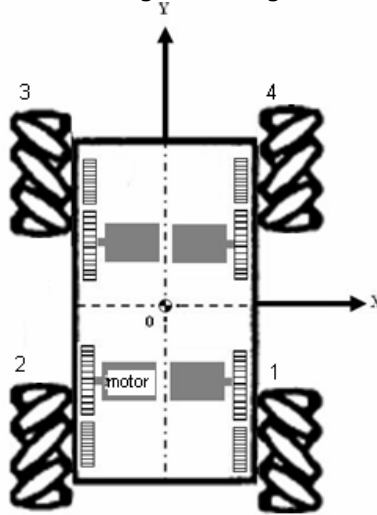
PLC ile kontrolü yapılacak sistem büyüklük açısından farklılıklar gösterebilir. Sadece bir makine kontrolü yapılabileceği gibi, bir fabrikanın komple kumandası da gerçekleştirilebilir. Aradaki fark sadece kullanılan kontrolün kapasitesidir. PLC' ler, bugün akla gelebilecek her sektörde yer almaktadır. Kimya sektöründen gıda sektörüne, üretim hatlarından depolama sistemlerine, marketlerden rafinelere kadar çok geniş bir yelpazede kullanılan PLC' ler bugün kontrol mühendisliğinin temel esaslarından biridir.

5.1. Çok Yönlü Mobil Robotun Denetimi

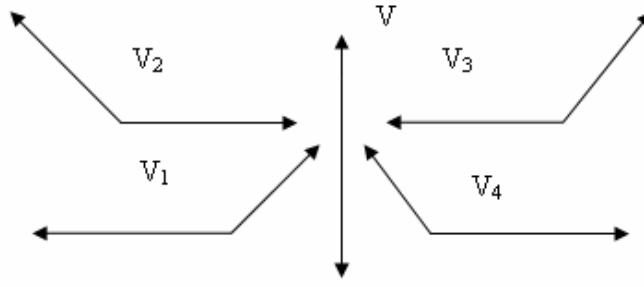
Tasarlanan çok yönlü swedish mekanizmalı mobil robot S7-200 mikroişlemci PLC eğitim seti ile denetimi gerçekleştirilmiştir. PLC' nin robotu istenilen bir şekilde denetleme yeteneğini PC ortamında yazılan Ladder (Merdiven) Diyagramı ile gerçekleştirmektedir. Program yazılımı çok basit olup elektronik kumanda devre mantığı ile oluşturulmaktadır. PC ortamında yazılan program PLC' nin merkezi işlem hafızasına PC' nin seri portundan transferi yapılarak PLC kontrol cihazına yüklenmektedir. Çok yönlü mobil robot un istenilen yörüngeyi takip etmesi, PLC cihazında yazılı olan Ladder Diyagram programı ile sağlanmaktadır. PLC giriş kartına gelen sinyaller programda denetlendikten sonra çıkış kartlarının ürettiği sinyaller ile robot kontrol edilmektedir. Çok yönlü mobil robot dört tekerlekli olup her bir tekerlek için ayrı bir DC motor kullanılmıştır. Şekil.9 ve Şekil 10' da da görüldüğü gibi ladder diyagram programı bilinen basit ve/değil (AND/ NOT) işlemi ve veya/değil (OR/ NOT) işlem komutları ile gerçekleştirilmektedir.

Mekanizmaların veya sistemlerin denetiminde PLC otomasyon cihazlarının sıkça kullanılmalarının birçok sebepleri vardır. Bu çalışmada aşağıda sıralanan avantajlar göz önünde bulundurularak çok yönlü mobil robotun denetimi PLC ile gerçekleştirilmiştir.

- Ekonomik olması,
- Sistem geliştirmelerinin çok kolay yapılabilmesi,
- Endüstride saha otomasyonları yapılması sayesinde insan hatasının azaltılması,
- Kontrol sistemlerinde kullanıldığında hızlı tarama zamanına sahip olması nedeniyle daha hassas ve çabuk bir kontrol sağlaması,
- Elektrik kumanda elemanlarına göre daha güvenilir ve dayanıklı olması.

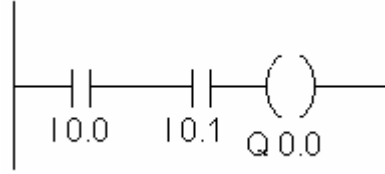


Şekil 7. Silindirik ruloların her teker üzerinde yerleştirme pozisyonları

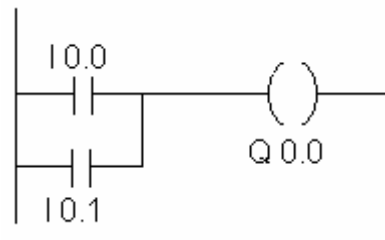


Şekil 8. Swedish mekanizmalı mobil robotun sağa-sola hareketini gösteren hız vektörleri

Çok yönlü mobil robotun Şekil.7' de de görüldüğü gibi X-Y koordinatlarına göre x doğrultusunda hareketini sağlayan ladder diyagram programı Ek.1' de verilmiştir. Robotun Şekil.7' de görüldüğü gibi tekerlerin açılma doğrultuları değiştirilmeden sadece hareket doğrultuları değiştirilerek robotun X doğrultusundaki hareketi gerçekleştirilmektedir. Robotun her bir tekeri ayrı ayrı motorlar ile tahrik edildiğinden robot dört serbestlik dereceli bir sistemdir. Her bir tekerin ayrı bir motor ile tahrik edilmesi, robota çok yönlülük özelliğini vermektedir. Tekerler farklı doğrultularda hareket ettirilerek istenen hedef noktaya gidebilmektedir. Şekil.8' de tekerlerin hız doğrultuları görülmektedir. Robotun 1 ve 4 nolu tekerlekleri ile 2 ve 3 nolu tekerlekleri zıt doğrultuda hareket ettirilerek robotun sağa ve sola hareketleri gerçekleştirilmektedir.



Şekil 9. Ve/değil (AND/NOT) işlemi



Şekil 10. Veya/değil (OR/NOT) işlemi

Çok yönlü swedish mekanizma tekerlekli mobil robotun her bir tekerleği ayrı ayrı bir motorla tahrik edilmektedir. Robotun dört tekerleği de farklı doğrultularda (yani dönme yönleri farklı olan) ve birbirlerine göre hızları farklı olabilir. Örneğin swedish mekanizmalı mobil robot un dört tekerleğin hepsi aynı doğrultuda hareket ettirilirse, mobil robot ileri ya da geri yönde hareket etmektedir. Fakat çapraz halde ardışık bir çift tekerleğe aynı yönde dönme hareketi verilirse ve diğer bir çift tekerlekte zıt yönde dönme hareketi yaptırıldığında mobil robot yan doğrultuda hareket eder. Swedish mekanizmalı robot planlanan yörüngede hareket edebilir ve

dikey eksen etrafında hızla eşzamanlı olarak dönebilir. Ladder diyagram programında da görüldü gibi Q0.0, Q0.1, Q0.2 ve Q0.3 çıkış adresleri her bir tekere ait çıkışı gösteren tahrik elemanlarını belirtmektedir. Bu çıkış elemanları, giriş elemanı olan I0.0 adresli start butonundan gelen sinyal doğrultusunda çıkış elemanlarına akım göndererek motorları tahrik etmektedir. Her bir teker de robotun farklı doğrultudaki hareketleri için röle kullanılarak motorların ladder diyagram programından gelen çıkış sinyallerine göre hareket doğrultuları değiştirilerek robotun istenen doğrultudaki hareketi gerçekleştirilmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, her bir tekeri 2 serbestlik dereceli bir mekanizmadan oluşan çok yönlü swedish mekanizmalı bir mobil robotun tasarımı yapılmış ve PLC ile hassas bir şekilde, robot sisteminin istenilen herhangi bir yörüngeyi takip etme hareketi gerçekleştirilmiştir. Mobil robotun her doğrultuda ki hareketini ayrı ayrı elektromekanik kumanda devreleri kullanılmadan PLC' de dijital ortamda ladder diyagramı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PLC otomasyonu ile PC ortamında yapılan programlar ile denetimi yapılan sisteme esneklik kazandırılmıştır. Bu da bize robotun hem denetimini kolaylaştırmış hem de bir kumanda devresi oluşturmadan maliyetini azaltmıştır. Tasarımı ve denetimi yapılan çok yönlü mobil robotun tekerlekleri üzerine yerleştirilen silindirik rulolu serbest dönen küçük tekerlekler sayesinde mobil robotun hareket kapasitesi arttırılmıştır. Bu küçük silindirik tekerlekler sayesinde robot tekerleklerinin açisal doğrultuları değiştirilmeden sadece tekerleklerin hareket doğrultuları değiştirilerek robotun istenen noktaya gitmesi sağlanmıştır.

7. KAYNAKÇA

- [1] SOYGÜDER, S., ALLİ H., " Programlanabilir Mantık Denetleyici Kullanarak PID Yöntemi İle Robot Hız Ve Konum Denetimi, , 12. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu (UMTS 2005), Erciyes Üniversitesi- Kayseri
- [2] K.S. Byun ., J.B. Song, "Design and construction of continuos alternate wheels for an omnidirectional mobile robot, J Robot Syst. 20: (9), pp.569-579, 2003
- [3] M. West ., H. Asada ., "Design of ball wheel mechanism for omnidirectional vehicles with full mobility and invariant kinematics" , J Mech Des (1997).
- [4] H.Asama., M. Sato., N. Goto.,A. Matsumoto., I.Endo., " Mutual transportation cooperative mobile robots using forklift mechanism" Int Conf on Robotics and automation.,pp.1754-1759, 1996
- [5] B. Carlisle., " Omnidirectional Mobile Robot, Development in robotics" , Kempston, pp.79-87,1983
- [6] K.-S. Byun., J.B. Song., "Design and Control of a Four- Wheeled Omnidirectional Mobile Robot With Steerable Omnidirectional Wheels", Journal of Robotic Systems 21(4), pp.193-208,2004
- [7] S., Soygüder ., Programlanabilir Lojik Kontrolör Kullanarak PID Yöntemi İle Bir Scara Robotun Kontrolü,Yüksek Lisans Tezi, Firat Üniversitesi, 2004.
- [8] R., Jacobs., J., Canny., "Planning Smooth Paths for Mobile Robots" , in Proceeding. of the IEEE Conference on Robotics and Automation, 1989

EK-1. Ladder Diyagram Programı

