

PROGRAMLANABİLEN MANTIKSAL DENETLEYİCİ (PLC) İLE ÇALIŞAN SPLIT KLİMA TASARIMI*

Erdoğan Şimşek

Çukurova Üniversitesi,
Adana Meslek Yüksekokulu,
İklimlendirme-Soğutma Programı, Adana
esimsek@cu.edu.tr

Mehmet Bilgili**

Doç. Dr.,
Çukurova Üniversitesi,
Ceyhan Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Adana
mbilgili@cu.edu.tr
mehmetbilgili1971@gmail.com

Orçun Küçükatay

T.C. M.E.B. Çukurova Elektrik Mesleki ve
Teknik Anadolu Lisesi,
Endüstriyel Bakım ve Onarım Dalı, Adana
okucukatay@gmail.com

ÖZ

Enerji ihtiyacının sürekli arttığı ama kaynakların gittikçe azaldığı dünyada, enerjinin en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak için çok çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bireysel klima sistemleri içerisindeki en önemli grubu oluşturan split klima sistemlerinde, verilen birim enerji başına elde edilen ısıtma ve soğutma değerlerinde kayda değer bir yükselme görülmektedir. Bu nedenle, ısıtma ve soğutma sektöründe split klima kullanımı oldukça önemlidir. Bu cihazların otomatik kontrol sistemlerinde mikrodenetleyici tabanlı elektronik kartlar kullanılmaktadır. Ancak bu kartların kullanımıyla çeşitli sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, sorunları ortadan kaldırmak için bu kartların yerine programlanabilen mantıksal denetleyicinin (PLC) kullanımı denenmiştir. Bu amaçla, bir eğitim seti geliştirilmiş ve bu set üzerinde PLC kullanımı ile teknik elemanların, klimanın çalışma modlarını istediği performansa göre ayarlaması ve bu çalışmayı gözlemlemesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Split klima, eğitim simülatörü, elektrik devreleri, PLC, ölçüm cihazları

DESIGN OF SPLIT AIR CONDITIONING SYSTEM CONTROLLED BY A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

ABSTRACT

In order to ensure the most efficient use of energy several studies have been done in the world where energy need is continuously increasing and energy resources are gradually decreasing. In the split air-conditioning systems, which are the most important group within the individual air-conditioning system, a remarkable rise in the heating and cooling values obtained per unit of energy supplied to the system has been seen. For this reason, the use of split air-conditioning system in the heating and cooling industry is quite important. Microcontroller electronic cards have been used in the automatic control system of these devices. However, several problems have occurred during the usage of these cards. In this study, programmable logic controller (PLC) has been used instead of these cards in order to eliminate the problem. For this purpose, a training setup has been developed and with the usage of PLC on this setup it has been made possible for the technical staff to adjust the working modes on air conditioners according to the desired performance and to observe this situation.

Keywords: Split air conditioning, training simulators, electrical circuits, PLC, measuring devices

** İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 10.02.2016

Kabul tarihi : 30.03.2016

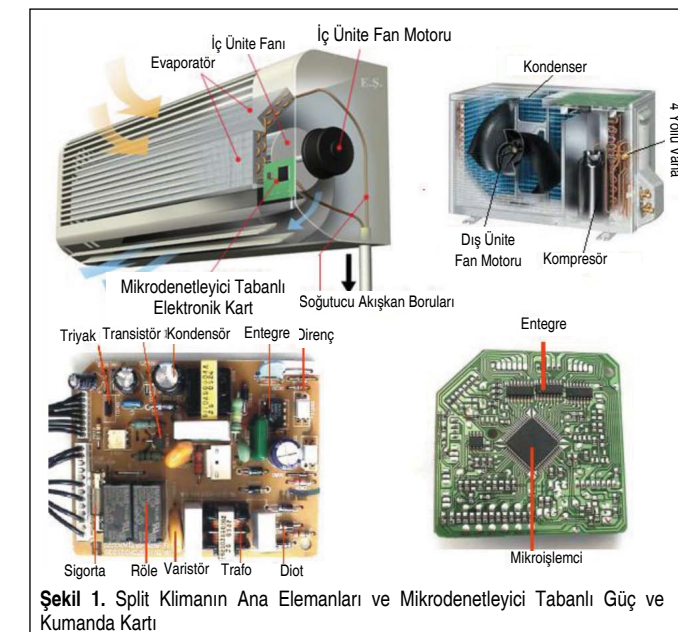
* 14-16 Mayıs 2015 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Adana'da Çukurova Üniversitesi'nde düzenlenen Endüstriyel Otomasyon Kongre ve Sergisi'nde sunulan bu bildiri, yazarlarınca Dergimiz için makale olarak yeniden düzenlenmiştir.

Şimşek, E., Bilgili M., Küçükatay, O. 2016. "Programlanabilen Mantıksal Denetleyici (PLC) ile Çalışan Split Klima Tasarımı," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 675, s. 30-40.

1. GİRİŞ

Duvar tipi split klimalar, dış ortam şartlarındaki değişkenliği dikkate almadan iç ortamlardaki sıcaklık, nem alma, hava hareketi ve yeni geliştirilen bazı modellerde taze hava girişi unsurlarını birlikte kontrol ederek iç ortam şartlarının istenilen konfor seviyesinde tutulmasını sağlayan cihazlardır. Bir elektrik motoru tarafından tahrik edilen rotary kompresör, kızgın buhar halindeki soğutucu akışkanı kondensere (yoğuşturucuya) gönderir. Sıcaklığı ve basıncı yükselen soğutucu akışkan, kondenserde bir fan vasıtasıyla ısısını dış ortama atar. Daha sonra, yoğuşarak sıvı haline gelen soğutucu akışkanın basıncı, bir genişleme valfi vasıtasıyla düşürülür ve evaporatöre (buharlaştırıcıya) gönderilir. Ortam sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan buharlaşırken, bulunduğu ortam içerisindeki havanın ısısını bir fan yardımı ile içerisine absorbe eder. Buharlaştırıcı çıkışında soğutucu akışkan, tekrar kompresöre dönerek çevrimi tamamlar [1].

Bu çevrimde soğutucu akışkan, soğutulan ortam içerisine bağlı evaporatörde buharlaşırken ortamın içi ısısını içerisine alır. Dış ortamda, kondenserde yoğuşurken bu ısıyı dış ortama atar. Bu yoğuşmayı hızlandırarak ısı transferini artırabilmek için dış ünite içerisine de bir fan yerleştirilmiştir. Klimayı soğutma konumundan, ısıtma konumuna geçirebilmek için dört yollu vana kullanılmaktadır. Klima ısıtma konumunda çalıştırıldığında, dört yollu vana vasıtasıyla soğutucu akışkanın yönü değiştirilmekte ve dış ünite buharlaşırken soğutucu akışkana yüklenen ısı, soğutucu akışkan iç ünite de yoğuşurken iç ortama verilmekte ve ortamın ısıtılması sağlanmaktadır. Şekil 1'de, duvar tipi bir split klimanın ana elemanları ve mikrodenetleyici tabanlı güç ve kumanda kartı gösterilmiştir.



Şekil 1. Split Klimanın Ana Elemanları ve Mikrodenetleyici Tabanlı Güç ve Kumanda Kartı

Split klimalarda kullanılan mikrodenetleyici tabanlı elektronik kartlar, klima sisteminin beynini oluşturur. Algılayıcılar vasıtasıyla ortamdaki bilgileri, mikroişlemci üzerinde bulunan yazılıma göre değerlendirilerek klima sistemindeki diğer ekipmanlara belirlenen sıra dahilinde sinyaller göndererek sistemin en uygun biçimde çalışmasını sağlar. Bu kartlar bakımsızlık, oksidasyon ve özellikle ülkemizdeki voltaj limitlerinin sabit olmaması gibi nedenlerle arızalanmakta ve sistemin çalışmasında aksamalara neden olmaktadır.

Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) cihazları, kumanda tekniğinde gerekli olan tüm cihazları (zamanlayıcılar, sayıcılar, hafıza birimleri vb.) bünyesinde bulundurabilen, gerek programlama konsolları, gerekse bilgisayarlar üzerinden program yapılabilen ve yapılan programla kontrol etmek istediğimiz otomasyon sistemini otomatik olarak kontrol eden, sayısal sistem esasına göre çalışan cihazlardır [2].

PLC otomasyon devrelerinde yardımcı röleler, zaman röleleri, sayıcılar gibi kumanda elemanlarının yerine kullanılan mikroişlemci temelli cihazlardır. Bu cihazlarda zamanlama, sayma, sıralama ve her türlü kombinasyonel ve ardışık lojik işlemler yazılımla gerçekleştirilir [3]. Bu nedenle, karmaşık otomasyon problemlerini hızlı ve güvenli bir şekilde çözmek mümkündür. PLC cihazları, iklimlendirme sektöründe, havalandırma ve soğutma tesislerinde, klima santrallerinde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bireysel bir klima sistemine uygulanması ilk kez gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, split klimaların otomatik kontrol sistemlerinde mikrodenetleyici tabanlı elektronik kartların kullanımındaki sorunları ortadan kaldırmak için bu kartların yerine PLC kullanımı denenmiştir. Bu amaçla, bir PLC ile çalışan bir split klima eğitim simülatörü imal edilmiş ve bu set üzerinde PLC kullanımı ile teknik elemanların, klimanın çalışma modlarını istediği performansa göre ayarlaması ve bu çalışmayı gözlemlemesi sağlanmıştır. Ayrıca, bu simülatör ile bir teknik elemanın split klima sistemini PLC kullanarak programlaması ve klima sistemlerini değişik sayısal değerlerde çalıştırabilmesi amaçlanmıştır. Klima sisteminin üzerindeki yanlış bağlantıların sistem üzerindeki etkileri, sayısal değer olarak manometre, dijital termometre, ampermetre, voltmetre ve wattmetre'den takip edilmiştir. Aynı zamanda, geliştirilen eğitim seti ile split klimalarda vakum yapılması ve gaz basılması, soğutucu akışkanın sistemden dışarı atılması, sistemdeki soğutucu akışkanın dış ünite de toplanmasını kapsayan servis eğitimleri verilebilmektedir.

2. PLC'NİN MİKRODENETLEYİCİYE GÖRE TERCİH EDİLME NEDENLERİ

Split klima cihazının bulunduğu ortamın fiziksel şartları, nem, toz, gerilim dalgalanması, elektriksel gürültü gibi istenmeyen

faktörler mikrodnetleyici tabanlı kontrol kartlarda çeşitli arızalara sebep olabilmektedir. Özellikle gerilim dalgalanmalarından dolayı oluşan mikrodnetleyici kart arızalarına ülkemizde oldukça sık karşılaşılmaktadır. PLC'ler özellikle endüstriyel ortamlar için tasarlandıklarından bu tip olumsuz fiziksel şartlara dayanıklılık göstermektedir.

PLC kontrol sistemi ile çalışan bir split klimanın, uzaktan erişimi, internet ağı, tablet bilgisayar veya android cihazlar ile sağlanması, mikrodnetleyici tabanlı kontrol cihazlarına göre daha işlevsel olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Split klima cihazının otomatik kontrolünün PLC cihazı ile yapılması, soğutma sistemleri alanında faaliyet gösteren firmaların ve üniversitelerde bulunan akademisyenlerin split klima tasarımı ve geliştirilmesi ile ilgili araştırma ve deneylerini daha işlevsel olarak gerçekleştirmelerine olanak sağlayacaktır. Çünkü PLC cihazına herhangi bir sınırlama olmaksızın istenilen sayıda ortamdaki fiziksel değişimleri algılayan sıcaklık sensörleri, nem sensörleri, basınç transmitterleri gibi ekipmanları bağlamak, bu değerleri izlemek, kayıt altına almak ve bu verileri bilgisayar ortamına aktararak grafiksel veriler elde etmek, mikrodnetleyici tabanlı sistemlere göre daha işlevsel olarak gerçekleştirilmektedir.

Her split klimanın birbirinden farklı mikrodnetleyici kontrol kartı kullanması, tüketicilerin arızalı kontrol kartların değişiminde çok yüksek maliyet ya da bazı kartların firmalardan temin edememe gibi sorunlardan dolayı split klimaları atıl duruma düşürmektedir. PLC kontrollü sistemlerde ise üretici firmalar farklı olsa dahi teknik personel, piyasa şartlarına ve tüketici tercihinin göre herhangi bir PLC cihazını temin edip programlayarak arızalı bir split klimayı tekrar tüketicinin kullanımına sunacaktır.

PLC kontrol sistemi ile çalışan bir split klimanın, enerji sarfiyatını minimum düzeylere çekilmesi için klima kompresörüne harici bir motor sürücü (inverter) bağlamak daha kolaydır.

PLC kontrol sistemli split klima kontrol üniteleri kullanılarak, soğutma teknolojileri alanın da faaliyet gösteren teknik personel, PLC yazılımları ile program yazma yeterliliğine sahip olacaklarından, önümüzdeki yıllarda oldukça yaygın olarak kullanılacağı düşünülen, alt yapısını PLC sistemlerinin oluşturduğu akıllı ev ya da akıllı bina sistemlerine daha kolay adaptasyon sağlayacakları düşünülmektedir.

Split klima tasarımlarında mikrodnetleyici tabanlı kartlar yerine PLC kullanımının en büyük avantajlarından bir tanesi de daha etkin bir öğrenme ortamı sunmasıdır. İklimlendirme soğutma derslerinde ya da soğutma sistemleri alanında faaliyet gösteren firmaların hizmet içi eğitim programlarında bu sistem kullanılarak, kursiyer ve öğrencilerin sistemi bir bütün olarak değerlendirme ve sistemin çalışmasını deneysel olarak gözlemlene olanaqları bulunmaktadır.

PLC kontrol sistemi ile kursiyer ve öğrenciler split klima sisteminin çalışma prensibi ile ilgili örnek bir program algoritması oluşturup, bu algoritmaya uygun PLC yazılımı gerçekleştirerek sistemi istenilen performansta çalıştırırlar. Bu şekilde, mikrodnetleyici kontrol kartındaki mevcut program yerine öğrenciler kendi yazılımlarıyla sistemi kontrol etmeleri sağlandığından, öğrenci ve kursiyerlerin mesleki özgüvenlerinin artması sağlanmış olur.

Kursiyer ve öğrenciler PLC sistemi kullanarak split klima sistemi üzerinde bulunan elektriksel alıcıları manuel olarak devreye alıp, split klima sistemi üzerinde bulunan mekanik parçaların, söz konusu elektriksel alıcının çalışmasına karşı verdiği tepkiyi gözlemlene, çektiği akımı ve sarf ettiği enerji miktarını inceleme imkanı sunmaktadır. Ayrıca, öğrenciler çalışan bir sistemde çeşitli alıcıları devre dışı bırakarak arıza durumunda çalışmayan alıcıların sistem üzerinde etkilerini gözlemlemektedirler.

2.1 PLC'nin Mikrodnetleyiciye Göre Verim ve Maliyeti

Endüstriyel bir cihaz olan PLC, ortamdaki fiziksel durumlardan daha az etkilenmekte ve daha az arıza ve bakıma gereksinim duymaktadır. PLC'li kontrol sisteminin uzaktan erişimi mikrodnetleyici tabanlı sisteme göre daha kolay ve işlevseldir. Mikrodnetleyici tabanlı bir sistemin kontrol ünitesindeki bir arıza durumunda, kontrol ünitesinin yenisi ile değiştirilmesi bazen yüksek maliyetten ya da piyasadan temin edileme durumundan dolayı gerçekleştirilememektedir. PLC kullanılarak imal edilen sistemlerde böyle bir durum söz konusu değildir. Arızalı bir PLC cihazı yerine başka bir PLC cihazı bağlanarak programlamak mümkündür.

Ayrıca deneysel çalışmalarda, PLC kontrollü sistemlere sensörler eklemek, bu sensör değerlerini kayıt altına almak ve bilgisayar ortamına aktarmak daha kolaydır.

PLC sistemlerini maliyet açısından değerlendirecek olursak, mikrodnetleyicili kontrol sistemlerine göre maliyetleri %30 civarında daha fazladır. Akademik personel ya da AR-GE çalışması yapan firmaların PLC sistemi ile gerçekleştirecekleri proje maliyetleri sisteme bağlayacakları sensör sayısına göre değişim göstermektedir.

Verim açısından kıyaslama yapıldığında her iki sistemin enerji sarfiyatları aynıdır. Fakat PLC sistemlerinin akıllı ev otomasyon sistemlerine uyumu daha kolay olduğundan sistem, akıllı ev sistemleri ile daha verimli çalıştırılabileceği unutulmamalıdır.

3. DENEYSEL MODEL

Şekil 2'de görülen iç ve dış ünitenin aynı kaide üzerine yerleştirilmesiyle oluşturulan 2600/2800 W soğutma/ısıtma ka-

pasiteli PLC ile çalışan split klima eğitim simülatörü; PLC elektrik bağlantıları, elektriksel ölçüm cihazları, sıcaklık ve basınç ölçüm aletleri ve yardımcı elemanlarıyla bir araya toplanarak oluşturulmuştur. PLC ile çalışan split klima eğitim simülatörü, iç ünite 220 volt fan motoru ve fan kapasitörü elektrik bağlantıları, dış ünite 220 volt kompresör ve kompresör kapasitörü, dört yollu vana, fan motoru ve fan kapasitörü elektrik bağlantıları ve dört yollu vana bobini elektrik bağlantılarından oluşmaktadır. Deneylerde kullanılan split klimanın

Tablo 1. Duvar Tipi Split Klima Eğitim Simülatörünün Teknik Özellikleri

Teknik Özellikler	Soğutma	Isıtma
Kapasite	2600W-(8800 Btu/H)	2900 W (9900 Btu/H)
Voltaj	230 Volt, 50 Hz	
Soğutucu Akışkan	R22/0,7 kg	
CosQ	0,97 / 1280 W	
Maksimum Akma Akımı	10 A	
Ses Seviyesi (İç Ünite/Dış Ünite)	40 dB(A)/51dB(A)	
Ağırlık (İç Ünite/Dış Ünite)	10 kg/35 kg	

Tablo 2. Ölçüm Cihazları ve Özellikleri

Ölçülen Değer	Ölçüm Cihazı	Ölçme Aralığı	Hata
Sıcaklık (°C)	Dijital Termometre	-50/150 °C	±%1
Emme Hattı Basıncı (Bar)	Bourdon Tip Yağlı Manometre	-1/15 Bar	±%1,6
Basma Hattı Basıncı (Bar)	Bourdon Tip Yağlı Manometre	-1/35 Bar	±%1,6
Kompresör Gücü (Watt)	Wattmetre	0/6000	±%1,0

ve ölçüm cihazlarının teknik özellikleri sırasıyla, Tablo 1 ve 2'de verilmiştir [4, 5].

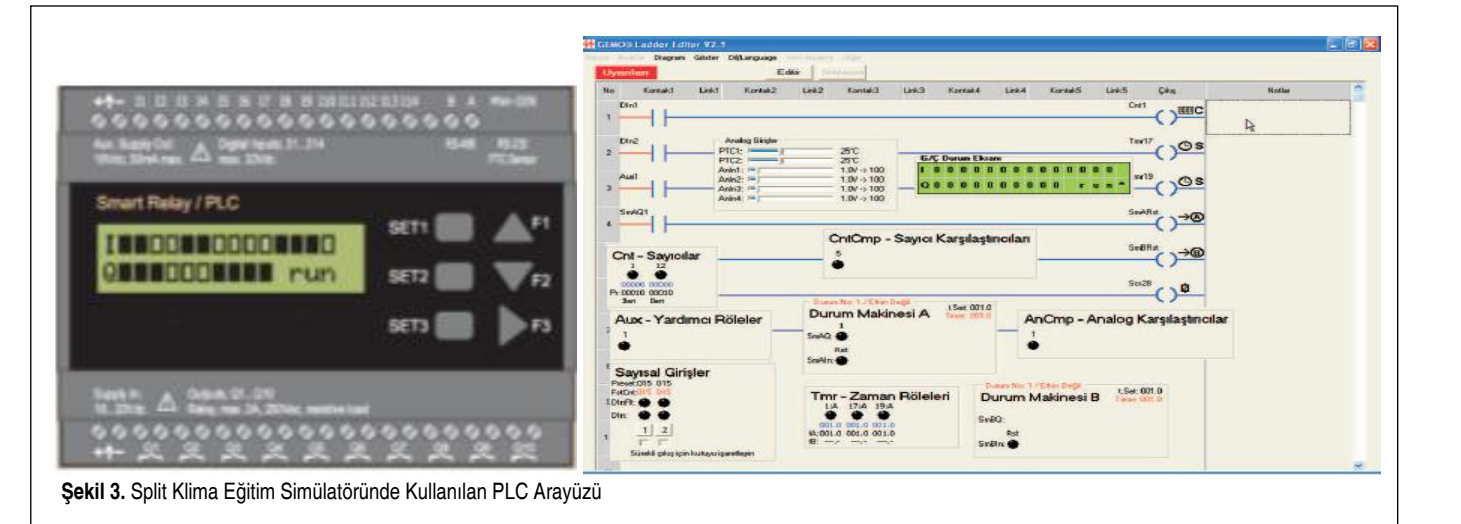
Sistemde kullanılan PLC, temel olarak 14 adet giriş butonu ve 10 adet dahili röle çıkışlı çıkış kontaklarına sahip 220V AC gerilim ile çalışan temel seviye bir PLC cihazıdır. Cihaz üzerinde ayrıca, bir adet dahili sıcaklık sensörü girişi ve bir adet 0-10V analog giriş ucu bulunmaktadır. Sistemin ayarlanan set değerine göre çalıştırılıp durdurulması veya sıcak-soğuk çalışma modları seçilmesi gibi temel komutlar PLC üzerinde bulunan dahili butonlar (Set 1, Set 2, Set 3) ile sağlanmaktadır.

Sistem arıza simülatörlerinin kullanılarak sistem tepkilerinin gözlemlenmesi ya da test amacıyla sistem içerisinde bulunan elektriksel alıcıların (iç fan, dış fan, dört yollu vana vs.) çalıştırılabilmesi için harici giriş butonları kullanılmıştır. Buton olarak 9 mm dairesel, normalde açık tip butonlar tercih edilmiştir. Butonların ortak uçlarına PLC için pozitif bilgi sinyali anlamına gelen +18V DC gerilim uygulanmıştır. Butona her dokunulduğunda PLC'nin giriş uçlarına pozitif bir giriş uygulanmış olur. Bu şekilde, dış ortamdaki gelen giriş bilgilerine göre kullanıcının yazdığı PLC programına uygun çıkışlarla cihaz aktif hale gelecektir.

Çıkış kontakları bağlantı şekli, kullanılan PLC röle çıkışlı bir



Şekil 2. Split Klima Arıza Simülatörü

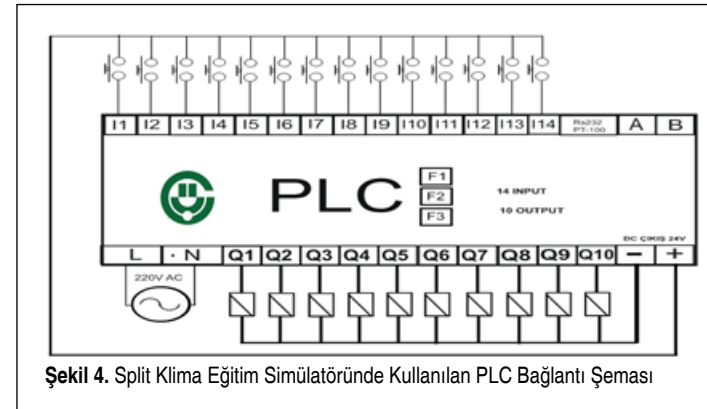


Şekil 3. Split Klima Eğitim Simülatöründe Kullanılan PLC Arayüzü

PLC olduğundan harici bir röle kullanımına gerek kalmaz. Çıkış kontaklarının ortak uçlarına 220V faz bağlantısı yapılır, diğer uçları cihaz içerisinde bulunan elektriksel alıcıların faz girişine bağlanır. Bu şekilde, PLC'nin ilgili çıkışları aktif olduğunda PLC çıkışına bağlı olan elektriksel alıcılar enerjilen-

Tablo 3. PLC ile Çalışan Split Klima Eğitim Simülasyonu PLC Cihazının Özellikleri

Besleme Voltajı	220V AC
Giriş Sayısı	14 Adet
Çıkış Sayısı	10 Adet
Zaman Rölesi	32 Adet
Dahili Buton	3 Adet
Yardımcı Röle Sayısı	32 Adet
Ekran	2x16 Karakter LCD
Sıcaklık Sensör Giriş	1 Adet Pt 100
Analog Sensör Girişi	1 Adet 0-10 v Girişli
PLC Giriş Sayısı	14 Adet Harici Buton
PLC Çıkış Sayısı	10 Adet Röle Çıkış



Şekil 4. Split Klima Eğitim Simülasyonunda Kullanılan PLC Bağlantı Şeması

Tablo 4. Split Klima Eğitim Simülasyonu PLC Cihazında Kullanılan Giriş-Çıkış Uçları

F1	Soğuk Buton	I 1	İç Fan Düşük Devir Manuel Kontrol
F2	Sıcak Buton	I 2	Kompresör Manuel Kontrol
F3	Stop Buton	I 3	İç Fan Yüksek Devir Manuel Kontrol
Q1	İç Fan Birinci Devir	I 4	Dört Yollu Vana Manuel Kontrol
Q2	Kompresör	I 5	Dış Fan Manuel Kontrol
Q3	İç Fan Dördüncü Devir	I 6	İç Fan Düşük Devir Devre Dışı Bırakma
Q4	Dört Yollu Vana	I 7	Kompresör Devre Dışı Brakma
Q5	Dış Fan	I 8	İç Fan Yüksek Devir Devre Dışı Bırakma
Q6	İç Fan İkinci Devir	I 9	Dört Yollu Vana Devre Dışı Bırakma
Q7	İç Fan Üçüncü Devir	I 10	Dış Fan Devre Dışı Bırakma
Q8	Fan Klape Kontrolü	I 11	Fan Klape Motoru Devre Dışı Bırakma

miş olur. Şekil 3'te, PLC arayüzü gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 3'te, PLC ile çalışan split klima eğitim simülasyonunun teknik özellikleri verilmiştir [6].

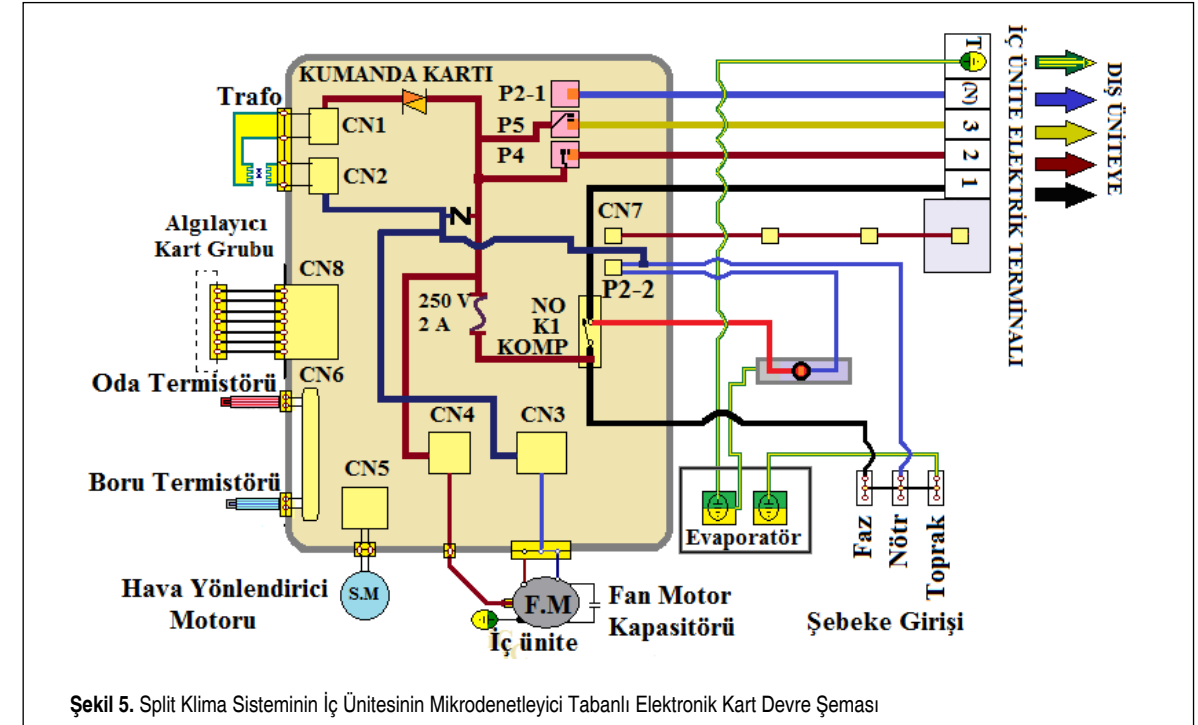
3.1 PLC Bağlantı Şeması ve PLC'de Kullanılan Giriş-Çıkış Uçları

Şekil 4'te, split klima eğitim simülasyonunda kullanılan PLC bağlantı şeması gösterilmiştir. Tablo 4'te ise PLC cihazında kullanılan giriş-çıkış uçları verilmiştir.

3.2 Split Klima Eğitim Setinin Mikrodenetleyici Tabanlı Kart ile Çalışması

Arıza eğitim setinin mikrodenetleyici tabanlı kart iç ünite devre şeması Şekil 5'te gösterilmiştir. Şebekeden gelen faz kompresör, röle girişinden iç ünite kartının 250 V – 2 A'lık cam sigortasına gelir. Sigorta, kart devresini herhangi bir nedenle oluşabilecek elektriksel arızaya karşı korumaktadır. Cam sigorta çıkışında ayrılan fazın birisi, triak üzerinden soket vasıtasıyla iç ünite fan motoruna gelir. Faz, fan motoru çıkışında soket vasıtasıyla nötr hattından devresini tamamlar. Voltaj yükselmelerinden etkilenmemesi için devreye bir varistör bağlanmıştır. İç ünite fan motoru devresine, ilk kalkış ve sonrasında döndürme momentini artırabilmek için bir kapasitör bağlanmıştır. Sigorta çıkışında ayrılan fazın diğeri, dört yollu vana rölesine gelir ve dış üniteye vana selenoidini enerjilendirerek gazın yönünü değiştirmek için iç ünite sinyal klemensine (3) bağlanır. Fazın diğeri giriş, fan rölesinden çıktıktan sonra, dış üniteye fan motorunu harekete geçirmek için iç ünite sinyal klemensine (2) bağlanır. Faz, kompresör röle çıkışından iç ünite sinyal klemensine bağlanır (1). Nötr hattı soket vasıtasıyla iç ünite kartına giriş yapar ve kart çıkışında soketten iç ünite sinyal klemensinin nötr ucuna (N) bağlanır. Toprak evaporatör sacına bir vida ile tespit edilir. İç ünite kartına soketle algılayıcı kart, hava yönlendirme motoru, boru ve oda termistörleri bağlıdır. Test amacıyla kart üzerine bir test butonu konulmuştur. İç ünite sinyal klemensinden dış ünite sinyal klemensine 5x1,5 mm² çok telli termoplastik yalıtımlı (TTR) kablo çekilerek dış ünite terminal soketine bağlantı uçları doğru olacak şekilde bağlanır [7].

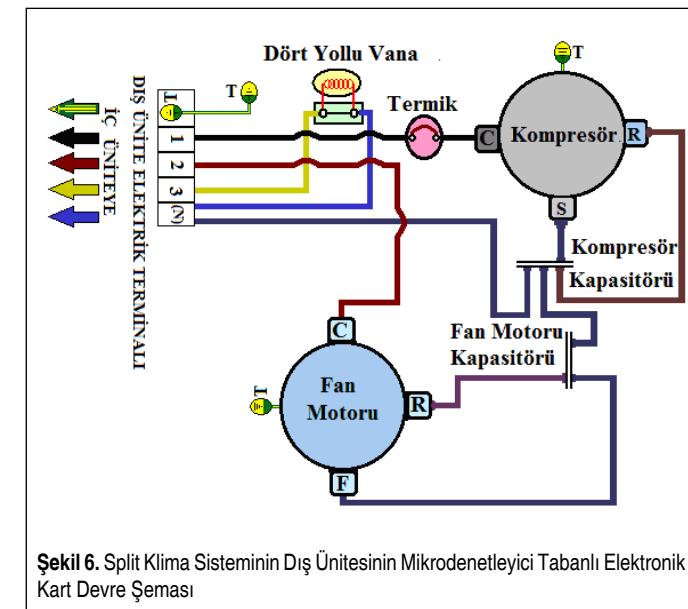
Arıza eğitim setinin mikrodenetleyici tabanlı kart dış ünite devre şeması Şekil 6'da gösterilmiştir. İç-dış ünite arasında çekilerek dış ünite terminallerine bağlanan 5x1,5 mm² TTR (Çok Telli Termoplastik Yalıtımlı) kablunun 1 nolu ucu kompresör için faz; N ucu nötr; uçlardan birisi toprak; 3 nolu uç, 4 yollu vana için faz; 5 nolu uç ise dış ünite fan motoru faz bağlantı uçlarıdır. Mikroişlemciden verilen komutlarla iç ünite kartındaki röleler vasıtasıyla sırası gelen dış ünite elemanı devreye sokulur. Kompresör rölesinden gelen faz, termikten geçer ve kompresörün müşterek ucuna (C) gelir. Ana



Şekil 5. Split Klima Sisteminin İç Ünitesinin Mikrodenetleyici Tabanlı Elektronik Kart Devre Şeması

sargı, kapasitörün ana sargı girişine bağlanır. Yardımcı sargı, kapasitörün yardımcı sargı ucuna bağlanır. Ana sargı (R) kapasitörün müşterek ucundan devresini tamamlarken, yardımcı sargı ucu kapasitörün yardımcı sargı bağlantısı ucundan devresini tamamlamaya devam eder. Bu kapasitör daimi olarak devrede kalacak ana ve yardımcı sargı üzerinde sürekli faz farkı yaratarak kompresörün hareketinde ek döndürme momenti sağlayacaktır.

Dış üniteye fan motoru, ana kart üzerindeki fan rölesi üzerinden almış olduğu fazı, fan motoru müşterek ucuna verir.



Şekil 6. Split Klima Sisteminin Dış Ünitesinin Mikrodenetleyici Tabanlı Elektronik Kart Devre Şeması

Ana sargı kapasitörün müşterek ucundan (C), yardımcı sargı kapasitörünün (F) ucundan ve dış ünite sinyal klemensindeki nötr bağlantısından (N) devresini tamamlar. Fan motoru çalışır. Fan motoru bağlantısında da kapasitör sürekli devrededir.

Klima kumandayla ısıtma konumuna çekildiğinde iç ünite dört yollu vana rölesinden gelen faz, dört yollu vananın selenoid bobinine girer. Selenoid bobin, dış ünite sinyal klemensindeki nötr bağlantısından (N) devresini tamamlar. Selenoid bobin vasıtasıyla gazın yönü değiştirilerek gazı iç üniteye yönlendirir. Böylece, iç üniteye sıcak gaz basılmış olur. Sıcak gazın ısı, iç üniteye fan motorunun hareketiyle iç ortama transfer edilir [8, 9].

3.3 PLC Kullanılarak Çalıştırılan Simülasyonun Elektrik Devreleri

Split klima simülasyonunda, split klimanın otomatik kontrolüne direkt olarak müdahale edilebilmesi için split üzerinde bulunan elektronik kontrol kartlarının tamamı sökülerek yerine PLC kullanılmıştır. Kullanıcı split klima çalışma şartlarını kendi oluşturduğu programa göre belirleyerek sistem çalışmasını gözlemleyebilmektedir.

Soğutma modunda çalışan bir split klimada normal şartlarda split klima elektriksel yönetimi şu şekilde gerçekleştirilir: Klima soğutma modunda çalışırken hava giriş sıcaklığı (iç ortam havası) set edilen sıcaklığın 0,5 °C altına düşerse, kompresör ve dış ünite fanı devre dışı kalır. Set edilen sıcaklığın 0,5 °C üstüne çıkarsa, kompresör ve dış ünite fanı tekrar devreye

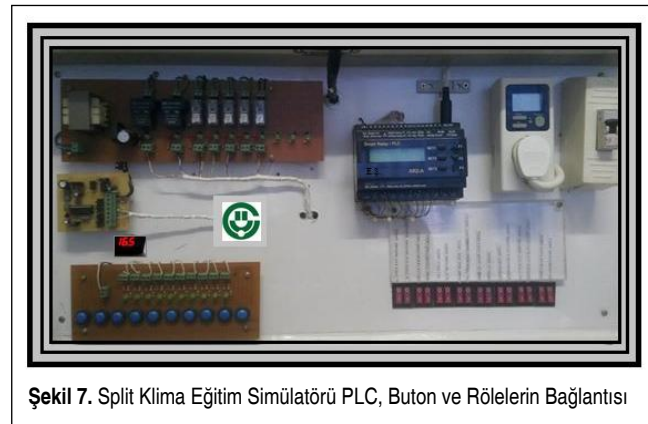
Tablo 5. Split Klima Bileşenlerine PLC ile Elektrik Verildiğinde Ölçülen Değerler

	Voltmetre (V)	Ampermetre (A)	Wattmetre (W)	Alçak Basınç Manometresi (Bar)	Yüksek Basınç Manometresi (Bar)
İç Ünite Fan Motoru	282	0,16	37	9,9	9,9
Kompresör	217	6,12	1234	2,4	19,4
Dış Ünite Fan Motoru	222	0,38	83	10,7	10,7
Tüm Sistemden Isıtmada Alınan Değerler (Dört Yollu Vana Devrede)	216	6,10	1230	3	20,5

Tablo 6. Split Klima Eğitim Simülatörünün Elemanlarının Devre Dışı Bırakılmasında PLC Cihazının Uyarı Sinyalleri

Buton No 1: Split klima iç fan motorunu devre dışı bırakır. Split klima iç fan devre dışı bırakıldığında, fan çalışmayacak ve basınç artmaya başladığını belirten uyarı ekranı görünecektir.	Aktif Ekran No: 1 İÇ FAN ÇALIŞMIYOR BASINÇ ARTIYOR
Buton No 2: Split klima kompresörünü devre dışı bırakır. Split klima kompresörü arızası	Aktif Ekran No: 2 KOMPRESÖR ÇALIŞMIYOR
Buton No 3: Split klima dış fan motorunu devre dışı bırakır. Dış fan motoru arızası	Aktif Ekran No: 3 DIŞ FAN ÇALIŞMIYOR
Buton No 4: Dört yollu vana çalışmıyor. Dört yollu vana arızası	Aktif Ekran No: 4 DÖRT YOLLU VANA ÇALIŞMIYOR

girer. İç ünite fanı kompresör çalışırken set edilen hava üfleme hızında çalışır. Kompresör devre dışındayken set sıcaklığına bakılmaksızın düşük hava üfleme hızıyla çalışır. Isıtma modunda ise hava giriş sıcaklığı (ortam) set edilen sıcaklığın 3 °C üstüne çıktığı zaman kompresörün çalışması durur; set edilen sıcaklığın altına indiğinde kompresör çalışır. Kompresör çalışır konumdayken evaporatör boru sıcaklığı (boru sensörü) 20 °C'nin altına indiği zaman iç ünite fan motoru durur. 28 °C'nin üstüne çıkınca, düşük veya belirlenen hava hızıyla çalışır. İç ünite boru sıcaklığı 20 ile 28 °C arasındayken en düşük hızda çalışır. Kompresör kapalıyken evaporatör boru sıcaklığı 33 °C'nin altına indiği zaman iç ünite fanı kapanır. 35 °C'nin üstüne çıkınca düşük hava akımı hızıyla çalışır. Duvar tipi split klimalar ısıtma modunda çalışırken farklı modellerde R22 soğutucu akışkan bulunan klimalarda dış ünite fanı, sistemin basıncı 200-250 Psi basınca gelince çalışır; 300-350 Psi basınca gelince devreden çıkar. R410 soğutucu akışkan bulunan klimalarda dış ünite fanı, 300-350 Psi basınca gelince çalışır, 400-450 Psi basınca gelince devreden çıkar [10, 11].

**Şekil 7.** Split Klima Eğitim Simülatörü PLC, Buton ve Rölelerin Bağlantısı

Teknik personel, yukarıda belirtilen çalışma prensibini gerçekleştirecek programın bilgisayar yazılımını oluşturduktan sonra simülatör üzerinde bulunan PLC cihazına yükleyerek sistem çalışmasını gözlemleyecektir. Teknik personel, isterse, sistem çalışma prensibinde bazı değişiklikler yaparak bu değişimlerin sonucunu gözleme imkanı bulacaktır. Örneğin klima soğuk modda istenilen set değerine ulaştığında iç üni-

te fan motoru düşük devirde sürekli olarak çalışmaya devam eder. Bu çalışma kriterini, yüksek devirde üç dakika çalış, sonra dur şeklinde yazılımı değiştirerek sistem çalışmasını gözlemleyebilir.

Hava giriş sıcaklığı (ortam) set edilen sıcaklığın 3 °C'nin üstüne çıktığı zaman kompresör durur. Set edilen sıcaklığın altına indiğinde kompresör çalışır. Kompresör açık konumdayken evaporatör boru sıcaklığı (boru sensörü) 20 °C'nin altına indiği zaman iç ünite fanı durur. 28 °C üstüne çıkınca, düşük veya belirlenen hava hızıyla çalışır. İç ünite boru sıcaklığı 20 ile 28 °C arasındayken en düşük hızda çalışır. Kompresör kapalıyken evaporatör boru sıcaklığı 33 °C altına indiği zaman iç ünite fanı durur. 35 °C üstüne çıkınca düşük devirde çalışır. Sistemin PLC kontrolünde çalıştırılması sonucu elde edilen değerler Tablo 5'te gösterilmiştir.

3.4 Split Klima Eğitim Simülatöründe Servis İşlemleri Eğitimi

Ayrıca split klima üzerinde bulunan elektriksel alıcıların arızalanması durumunda, sistem tepkilerinde ne gibi değişiklikler olacağını gözlemlenmesi için sisteme alıcıları devre dışı bırakan butonlar, yani arıza simülatörleri eklenmiştir. Butonlar aktif olduğunda PLC cihazı üzerindeki ekran üzerinden uyarı mesajları alınabilmektedir. Uygulama örnekleri Tablo 6'da verilmiştir. Buton ve rölelerin bağlantısı Şekil 7'de gösterilmiştir.

Yukarıdaki örneklerde görüldüğü gibi, teknik personel, istediği split klima donanımını devre dışı bırakıp hem sistem çalışmasındaki tepkileri gözlemleyebilecek hem de PLC ekranı üzerinden çalışmayan donanımın adını okuyacaktır. Bu amaç-

la 4 buton, elemanları devreden çıkarma; diğer dört buton ise devreye sokmak amacıyla kullanılmıştır.

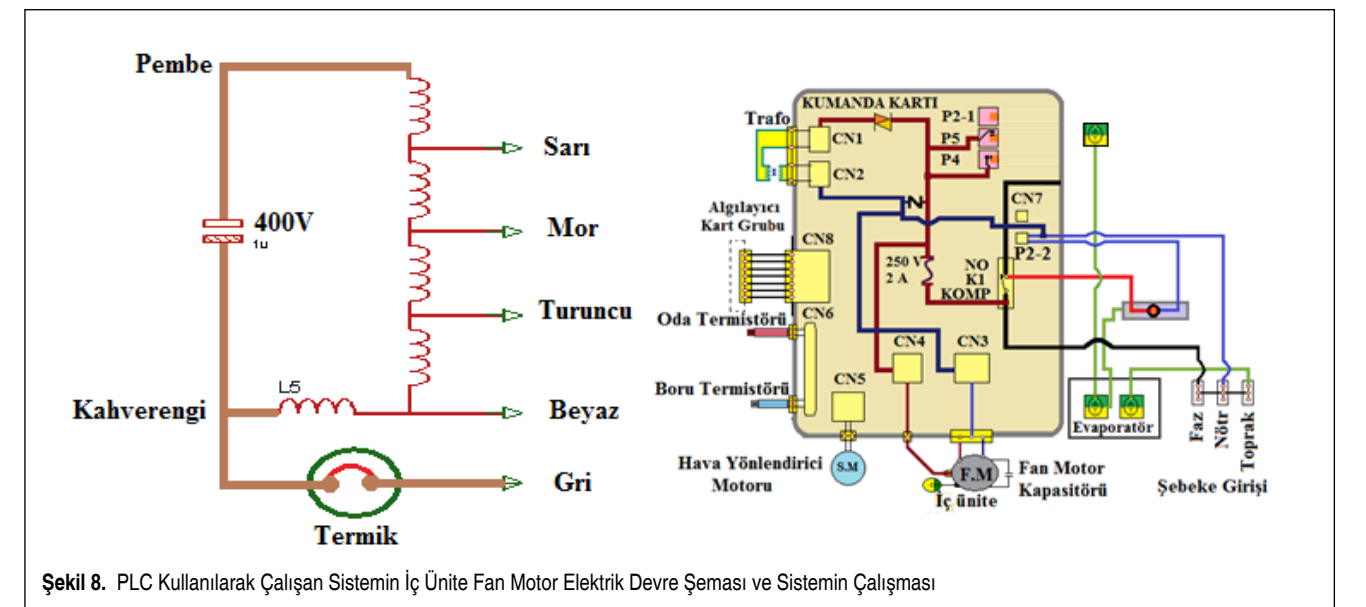
3.5 PLC Kullanılarak Çalışan Sistemin İç Ünite Elektrik Devre Şeması ve Sistemin Çalışması

Şekil 8'de, dört farklı çalışma hızı ile kontrol edilebilen, 220V çalışma gerilimine sahip tek fazlı bir elektrik motoru devre şeması görülmektedir. Motor iç yapısında birbirine seri bağlı olan beş adet bobin sargısı mevcuttur. Motorun kalkış akımını düşürmek ve manyetik alan şiddetini arttırmak için tüm tek fazlı motorlarda olduğu gibi, bu motorda da bir kondansatör kullanılmıştır. Kondansatör değeri, 1µF 400V'tur. İç fan motoru dört farklı devirde kontrol edilebilir. Motorun farklı devirlerde kontrolü için gri (gray) kablo ucu sabit kullanılıp (nötr girişi), faz ucu beyaz (white) kablo ucuna bağlandığında motor en yüksek devirde, turuncu (orange) kablo ucuna bağlandığında daha düşük devirde, mor (purple) kablo ucuna verildiğinde biraz daha düşük devirde, sarı (yellow) kablo ucuna enerji verildiğinde ise motor en düşük devirde çalışacaktır.

PLC bağlantısında; iç fan hızının farklı devirlerde kontrolü için Q1, Q3, Q6, Q7 çıkış kontakları kullanılmıştır. Çıkışların ortak uçlarına 220 faz bağlantısı yapılmış, devir kontrolü için, Q1 iç fanın beyaz kablo girişine, Q3 iç fanın turuncu kablo girişine, Q6 iç fanın mor kablo girişine, Q7 iç fanın sarı kablo girişine bağlanmıştır. Yazılımda dikkat edilmesi gereken fan devir kontrolü için yalnızca bir çıkışın, yani Q1, Q3, Q6, Q7 çıkışlarından yalnızca bir tanesinin aktif olması gerekmektedir.

3.6 PLC Kullanılarak Hava Dağıtım Klapesinin Çalışma Prensibi

Split klimalarda iç fanın ürettiği hava sirkülasyonunu dış or-

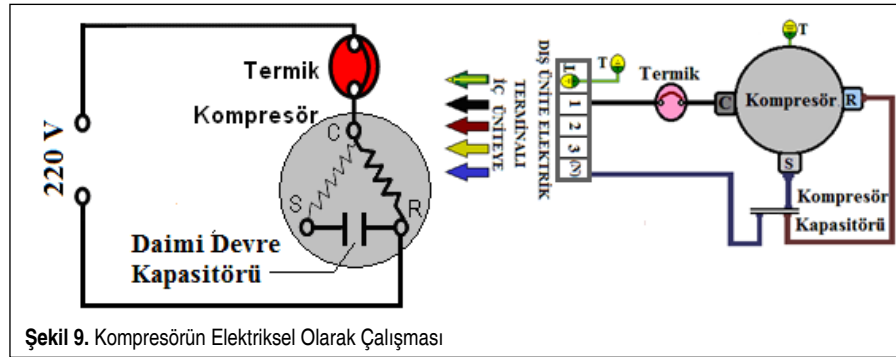
**Şekil 8.** PLC Kullanılarak Çalışan Sistemin İç Ünite Fan Motor Elektrik Devre Şeması ve Sistemin Çalışması

tama yönlendiren hava klapelerin sürekli çalıştırılması ve konum kontrolü klapelere bağlı olan bir motor ile sağlanır. Bu motor, normal AC akım motorlarından oldukça farklı bir çalışma prensibine sahiptir. Hava klapelerini çalıştıran motorlar "step" motorlardır. Adım motorları (step motors), girişlerine uygulanan elektriksel sinyal dizilerine göre istenilen şekilde çalışan, sabit mıknatıslı kollektör ve rotorunda endüvi sargısı olmayan, hızı ne kadar döneceği belli bir açıya bağlı olarak ayarlanabilen motorlardır. Step motorlar, direk enerji verilerek çalıştırılmazlar. Çalıştırılabilmeleri için step motor, sürücü devrelere ihtiyaç duyar.

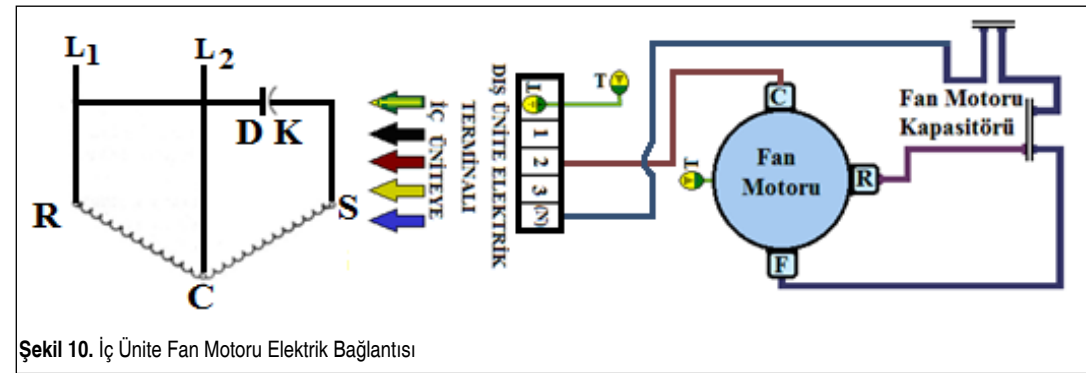
Hava klape kontrolü için PLC çıkışları kullanılmamış, bunun yerine küçük bir mikrodenetleyici devresi tasarlanarak klapeler çalıştırılmıştır. Klape devreye alınıp çıkartılması yine PLC'nin Q8 çıkışı ile yapılmaktadır. Q8 çıkışı, step motor sürücü devresini çalıştırmak ya da durdurmak için kullanılır. Ayrıca hava klapesinin PLC ile sürülebilmesi en az dört PLC çıkışının klape için ayrılması demektir ki PLC'lerde giriş çıkış sayıları maliyetleri ciddi anlamda etkilediğinden daha ekonomik olan küçük bir step motor sürücü devre tasarlanmıştır. Klape devreye alınıp çıkartılması yine PLC'nin Q8 çıkışı ile yapılmaktadır.

3.7 PLC Kullanılarak Kompresör Çalışma Prensibi

Kompresörün elektriksel olarak çalışması Şekil 9'da gösterilmiştir. Bu tip yol verme metodu split klimalarda yaygın şekildedir.



Şekil 9. Kompresörün Elektriksel Olarak Çalışması



Şekil 10. İç Ünite Fan Motoru Elektrik Bağlantısı

de kullanılmaktadır. Split klima kompresörü, bir fazlı yardımcı sargılı kalkış ve daimi kondansatörlü asenkron bir motordur. Kompresörün ilk kalkışında termikten geçen akım, ana ve yardımcı sargı üzerinden devresini tamamlar. Ana ve yardımcı sargısı arasında bağlanan daimi devre kapasitörü her iki sargıda da güç faktörünü artıracığından gerek kalkışta, gerekse çalışmada daha yüksek moment oluşur. Daimi devre kapasitörü ana ve yardımcı sargı arasında 90°'lik faz farkı yaratır. Dengeli moment dağılımı sayesinde kompresör daha rahat ve dengeli çalışır. Kompresör ilk kalkışta ve çalıştığı sürece daimi devre kapasitörü sürekli devrede kalır.

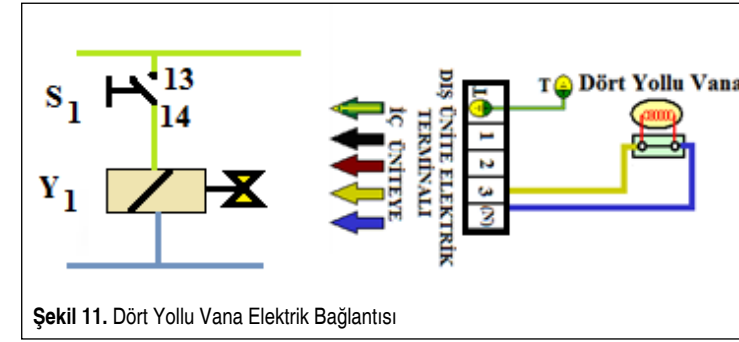
Kapasitörün sürekli olarak devrede kaldığı kompresörlerde yardımcı sargı devamlı yük altında kalacağından dolayı sargı telleri daha kalın iletken ile sarılır. Voltajın düşük olduğu yerlerde bu tip yol verme şekli problem yaratabilir. Böyle durumlarda devreye bir ilk hareket kapasitörü eklemek gerekir.

Split klima kompresörü PLC ile kontrol edilirken öncelikle, motoru aşırı akıma karşı koruyan termik röle sökülmemelidir. Kullanılan split klima kompresörün de kalkış kondansatörü ve yardımcı sargı sürekli devrede olduğundan, kompresör S ucuna kalkış kondansatörü üzerinden nötr bağlantısı yapılır. Kompresör faz beslemesi ise PLC'nin Q2 çıkışına bağlı olan röle üzerinden alınmaktadır. Kompresör sistemin en fazla akım çeken alıcısı olduğundan, röle seçiminde röle akım değerine dikkat edilmelidir.

3.8 PLC Kullanılarak Dış Ünite Fan Motorunun Çalışma Prensibi

İç ünite fan motoru, evaporatörde soğutucu akışkana yüklenen ısının kondenserde daha kolay şekilde dış ortama atılabilmesi için kullanılan bir elemandır. Bir fazlı bir asenkron motordur yapıda ana sargı, yardımcı sargı ve daimi kondansatörler vardır. Split klimalarda kompresör ve dış fan, Şekil 10'da görüldüğü gibi kondansatörleri ortak kullanmaktadır.

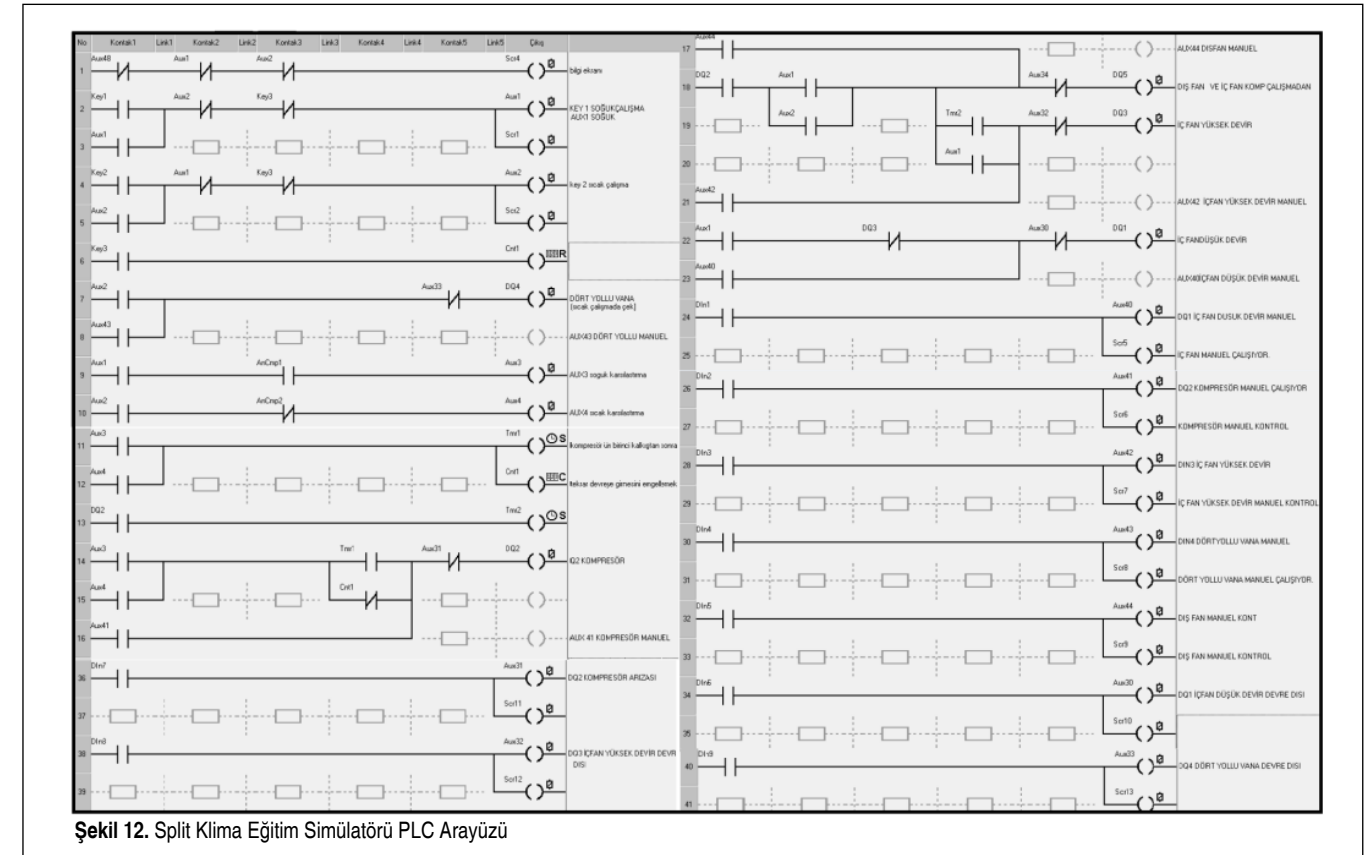
Split klima, dış fan PLC ile kontrol edilirken kompresörde olduğu gibi, kalkış kondansatörü ve yardımcı sargı sürekli devrede olduğundan dış fan, direkt olarak nötr R ucuna bağlanırken, dış fan fazı ise PLC Q5 çıkışına bağlı olan röle üzerine bağlanmıştır.



Şekil 11. Dört Yollu Vana Elektrik Bağlantısı

gösterilmiştir. Şekil 12'de ise split klima eğitim simülatörü PLC arayüzü gösterilmiştir.

Dört yollu vana 220V AC gerilimle çalışan bir bobindir. Bobin akışkanın yönünü değiştirmek için bir ucuna faz, diğer ucuna nötr bağlamak yeterlidir. Vana bobinine nötr bağlantısı direkt olarak yapılır. Bobine faz gerilimi PLC'nin Q4 çıkışına bağlı olan röle üzerinden enerjilenir. Röle enerjilendiğinde, dört yollu vana enerjilenecek akışkanın yönünü değiştirecektir.



Şekil 12. Split Klima Eğitim Simülatörü PLC Arayüzü

3.9 PLC Kullanılarak Dört Yollu Vananın Çalışma Prensibi

Klima ısıtma konumuna alındığında, gaz akış yönünü çevirerek soğutucu akışkanın iç üniteye basılmasını sağlayan devre elemanıdır. Dört yollu vana, aslında selenoid bir valf'tir. Vana içerisinde bobin sarımları ve akışkan yönünü değiştiren bir nüve bulunur. Bobine elektrik akımı uygulanınca, bobin artık bir elektromıknatıs olur ve demir nüveyi kendine doğru çekerek boru içerisindeki akışkanın yönünü değiştirir. Dört yollu vana bobinine enerji verildiğinde, piston hareketini sağlayan kılcal borulara gaz basıncı etki ettirilerek akışkanın yön değiştirilmesi sağlanır. Soğutma konumunda vana bobininde enerji yoktur. Şekil 11'de, dört yollu vana elektrik bağlantısı

4. SONUÇ

Split klima kontrol sistemlerinde mikrodenetleyici tabanlı elektronik kartların (PCB) yerine, programlanabilen mantıksal denetleyici (PLC) kullanımı ilk defa gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, bir eğitim simülatörü imal edilmiştir.

Üniversitelerin makina, elektrik-elektronik, mekatronik ve PLC ders müfredatı olan bölümleri, meslek liseleri ve yükseköğretim kurumları ilgili bölümlerindeki mesleki eğitim uygulamalarında bu simülatör kullanılabilir. Ayrıca klima servislerinde, firmaların hizmet içi eğitimlerinde teknik elemanların mesleki deneyimleri kazanması için bu simülatör tercih edilebilir. Bu eğitim simülatörünün kullanımı split klima eğitimi yanında, PLC eğitim ve programlama yöntemlerini de birlikte sun-

maktadır. Aynı zamanda bu eğitim setinin kullanımı ile öğrencilerin ve teknik elemanların almış oldukları teorik bilgiyi uygulamaya dönüştürecek pratik eğitim almasını sağlayacaktır. Böylece, piyasanın ihtiyaç duyduğu nitelikli ve daha fazla alternatif sunabilen teknik eleman yetiştirilebilecektir.

Bu eğitim simülatörünün kullanımı sayesinde bir split klima da meydana gelebilecek elektriksel arıza direkt olarak PLC bilgi ekranından okunabilmektedir. İklimlendirme sektöründe yetişmiş bir teknik eleman, bu simülatör üzerinde kendi programını yazarak sistemi çalıştırabilecektir. Bu teknik elemana hem iklimlendirmede hem de PLC program yapımına devreye almada oldukça fazla tecrübe ve özgüven kazandıracaktır. Bu sayede klima kullanıcısı sistem hakkında sürekli bilgi sahibi olabilmektedir. Bir sonraki aşamada basınç algılayıcıları kullanılarak sistemin ısıtma konumunda çalışması denenecektir.

Bu sistemlerle piyasada bulunmayan veya tamir edilmesi de mümkün olmayan mikrodenetleyici tabanlı elektronik kartların (PCB) yerine, az bir maliyetle programlanabilen mantıksal denetleyici (PLC) kullanarak split klimaların çalışır hale getirilmesi sağlanabilir. Bu şekilde, bu sistemler uzun yıllar işletmeye sunulurken ülke ekonomisine katkı da sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

1. **Bilgili, M., Teke, A., Yasar, A., Simsek, E.** 2011. "Experimental Implementation of a Split-Type Air Conditioner for Fault Detection and Diagnosis," Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, vol. 28, p. 401-410.
2. **Bulgurcu, H., Şimşek, E., Basalak, A.** 2012. İklimlendirme Soğutma Elektrik ve Kumanda Devreleri, ISKAV Teknik Kitaplar Dizisi, ISBN no: 978-605-61333-3-6, İstanbul.
3. **Akçali, İ. D.** 1999. Otomatik Kontrol, Ç. Ü. MACTIMARUM, yayın no: 9, Adana.
4. **Bilgili, M., Şimşek, E., Polat, Y., Şahin, B.** 2010. "An Experimental Study of Fault Detection and Diagnosis of a Split-Type Air Conditioner," 10th Rehva World Congress (CLIMA 2010), 9-12 May 2010, ISBN no: 978-975-6907-14-6 (R4-TS36-PP04) (Poster presentation), Antalya.
5. **Sarı, S., Şimşek, E.** 2008. "İklimlendirme Soğutma Elektrik", Ç.Ü. Adana MYO Yayınları, yayın no: 40, Adana.
6. <http://www.gemo.com.tr/>, son erişim tarihi: 15.1.2015.
7. **Şimşek, E., Bilgili, M., Polat, Y., Şahin, B.** 2008. "Split Klima Arıza Simülatörü Geliştirilmesi," Ege Soğutma Sanayicileri ve İş Adamları Derneği, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, I. Soğutma Teknolojileri Sempozyumu, 9-12 Ekim 2008, İzmir, p. 81-88.
8. **Şimşek, E., Bilgili, M., Şahin, B., Polat, Y.** 2008. "Duvar Tipi Split Klimanın Elektronik Kartları, Arızaları ve Çözüm Yöntemleri," Ege Soğutma Sanayicileri ve İş Adamları Derneği, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, I. Soğutma Teknolojileri Sempozyumu, 9-12 Ekim 2008, İzmir, p. 89-96.
9. **Bilgili, M., Yaşar, A., Özbek, A., Boğa, C., Mutlu, İ., Bulgurcu, H., Şimşek, E.** 2012. "Mesleki Teknik Eğitimde Split Klima Eğitim Simülatörü Geliştirilmesi ve Kullanımı," 1. Ulusal İklimlendirme Soğutma Eğitimi Sempozyumu (İKSES'12), Balıkesir Üniversitesi Balıkesir Meslek Yüksekokulu, 13-15 Eylül 2012, Balıkesir, p. 216-231.
10. **Yağmı, M., Akar, F.** 2004. PLC (Programlanabilir Lojik Denetleyiciler), Beta Yayınları, yayın no: 1462, ISBN no: 975-295-343-3, İstanbul.
11. **Polat, Y., Koçak, Y., Bilgili, M., Yaşar, A., Şimşek, E.** 2006. Otomatik Kontrol, Ç. Ü. Adana MYO Yayınları, yayın no: 34, Adana.