

PLC CİHAZI İLE SERADA SICAKLIK VE NEM KONTROLÜNÜN PID DENETLEYİCİYLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

M.Cengiz TAPLAMACIOĞLU¹

Ali SAYGIN²

Evren DEĞİRMENCI³

Cem TEZCAN⁴

^{1,3,4} Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Gazi Üniversitesi 06570 Maltepe-Ankara

² Elektrik Eğitimi Bölümü
Teknik Eğitim Fakültesi
Gazi Üniversitesi 06500 Beşevler-Ankara

¹e-posta: taplam@mmf.gazi.edu.tr

²e-posta: asaygin@gazi.edu.tr

Anahtar sözcükler: Sera, PLC, PID, Sıcaklık ve Nem Kontrolü

ABSTRACT

In this study, a system that controls the temperature and humidity levels necessary for plant growth in a greenhouse has been developed by use of a programmable logic controller (PLC). The software that will meet the environmental requirements of plants has been prepared on a PC and downloaded to the PLC. Using the data received from the sensors, the PLC controls the temperature and humidity values via a PID controller. If necessary, liquid chemicals such as insecticides can also be added to the water. Protection of the greenhouse components against harmful environmental conditions is provided by using rain and wind sensors too.

1. GİRİŞ

Seralar mevsimlere bağlı çevre koşullarının denetimi sağlanarak bitki yetiştirmeye uygun ortamların sağlandığı yapılardır. Seralarda denetlenmesi gereken başlıca parametreler; sıcaklık, ışık, bağıl nem, topraktaki nem ve havadaki gazların konsantrasyonudur. Toprak cinsi, sulama suyu ve drenaj diğer önemli faktörler olarak sayılabilir[1].

Bitkilerin çimlenme, büyüme, ürün verme işlemleri belirli derecelerde fizyolojik faaliyetlere bağlıdır. Bitkilerin % 70-90'ı sudan oluşmuştur. Büyüme ve gelişme fizyolojisinin temeli olan fotosentez olayı bitkilerin topraktan aldıkları suyu kullanmasıyla gerçekleşebilir. Büyüme için gerekli besin maddelerinin alınması da bu yolla sağlanmaktadır.

Her bitki için ayrı çevre koşullarının sağlanması gerekliliği araştırmacıları farklı kontrol algoritmaları kullanmaya sevk etmiştir[2,3]. Uygulamalar sırasında çıkan problemlerden en önemli ikisi kalifiye eleman bulundurulması ve enerjinin sürekliliğidir. Bu konuda en etkin metot PLC kullanımudur. Çok sayıda dijital ve analog bilgi giriş-çıkış terminaline sahip olması, üzerindeki yazılımda değişiklikler yapılabilmesi ve enerji kesintisi durumunda bilgileri uzun süre saklayarak tekrar enerji sağlandığında algoritmayı kaldığı yerden devam ettirebilmesi gibi sebeplerden ötürü PLC kullanımı oldukça avantajlıdır.

Bu bildiride sekiz değişik bitki için sıcaklık ve nem kontrolü yapabilecek bir PLC kontrollü sera uygulaması yapılmıştır. Mevcut çalışma, sistemin projelendirilmesini, PLC için sıcaklık ve nem sensörlerine ait bilgi derlenmesini, PLC'nin ve çevre birimlerinin bağlantı şemasını, sıcaklık ve nemin PID denetleyici ile kontrolünü, uygulama, sonuç ve öneriler bölümlerini içermektedir.

2. SİSTEMİN PROJELENDİRİLMESİ

Sera içerisindeki sıcaklık, dış sıcaklık ve içeriye ulaşan güneş ışınlarıyla doğrudan ilgilidir[4]. Ayrıca nemlendirme ve sulama işlemleri de iç sıcaklığı etkilemektedir[5]. Yaz ve kış aylarında serada yapılacak sıcaklık kontrolü de farklılık göstermektedir. Özellikle kış aylarında ısı kayıplarını asgari değere indirmek ve homojen bir ısıtma sağlamak zorunludur. Maliyet açısından termal su

kaynaklarına yakın yerlerde sera işletmeciliği yapmak daha avantajlıdır. Soğuk günlerde sera içerisindeki havanın yenilenmesi için yapılan havalandırma esnasında içeri alınan hava ısıtılmalı bu da ısı dengelerini korumayı sağlamalıdır. Yaz aylarında ise aşırı sıcakların etkisini azaltmak için sera dış yüzeyinin kireç ile kaplanması faydalı olacaktır. Aşırı sıcakların sera içerisindeki etkisinin azaltmak gayesiyle yan ve mahya pencerelerinin açık tutulması gerekebilir. PLC'nin bu kararları verebilmesi, sera içi ve dış sıcaklıkların doğru okunması ile mümkün olacaktır.

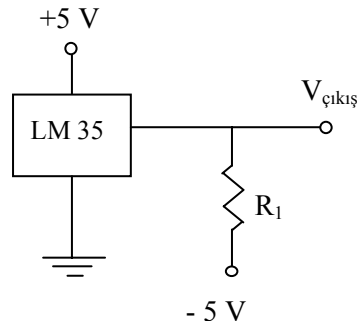
Havadaki bağıl nem miktarı ile topraktaki nem miktarı, kontrol edilmesi gereken diğer önemli parametrelerdir. Havadaki bağıl nem miktarı sıcaklıkla ilişkili olup, sera içerisindeki sıcaklık değerinin düşmesi bağıl nem miktarını yükseltir. Bu yoğunlaşmaya (çiğlenmeye) neden olur. Topraktaki nem miktarı ise sulama suyu ile dengelenir. Verimli sulama yapılması için damla sulama sistemi kullanılmaktadır. Sulama işlemi sırasında da havadaki nem miktarı yükselecektir. Su buharındaki yoğunlaşma, ya havanın ısıtılması ya da havalandırma yapılarak giderilir.

PLC sistemleri kontrolü esnasında pencerelere bağlı sınır anahtarları bilgileri ile sera dışındaki rüzgar ve yağış bilgileri okunarak hareketli sistemlerin zarar görmesi engellenmektedir.

Bu çalışmada serada yetiştiricilik yapacak üretici için kullanım kolaylığı sağlamak üzere 8 farklı bitkiye ait referans bilgiler PLC için hazırlanan yazılımda kaydedilmiştir. Üretici, öncelikle PLC'ye bağlı operatör panelini kullanarak yetiştirmek istediği bitkiyi seçmelidir. Bu seçime bağlı olarak, bitkinin ihtiyaç duyacağı havalandırma, sulama, nemlendirme, ısıtma ve ilaçlama sistemleri PLC tarafından zamanında ve şartlara göre otomatik olarak çalıştırılacağından optimum verim sağlanabilecektir.

3. ANALOG BİLGİ GİRİŞLERİ

Sera içerisinde ve dışarısında sıcaklık ölçümleri LM 35 CZ yarı-iletken sensörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu sensör her 1°C lik ısı artışında çıkışında 10 mV'luk gerilim artışı göstermekte ve çıkışı doğrusal olarak değişmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Sıcaklık sensörü

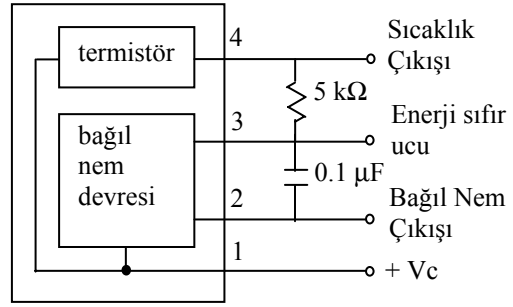
Şekil 1'de görülen sensörün değişik sıcaklıklarda aldığı çıkış gerilim değerleri aşağıda görülmektedir.

$$\begin{aligned} V_{\text{çıkış}} &= +1500 \text{ mV } 150 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= +250 \text{ mV } 25 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= -550 \text{ mV } -55 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$R_1 = -V_{\text{cc}} / 50\mu\text{A}$$

Sera içerisinde okunacak diğer analog parametre ise havanın bağıl nem değeridir. Havadaki % 0-100 nem miktarının doğrusal olarak değişen gerilim cinsinden okunması gerekir. Kapasitif nem sensörlerinin çıkış değerlerinin doğrusal olmaması okuma hatalarına sebep olabilmektedir [6]. İlave doğrusallaştırma devreleri kullanılsa da iyi verim elde edilememektedir. Bu çalışmada RHU217-AT nem ölçme modülü kullanılmıştır (Şekil 2). Nem miktarının % 0-100 değişimi için çıkışından 0-3.3 V DC gerilim okunmaktadır. Bu değişim doğrusaldır.

Şekil 2. Bağıl nem ölçme devresinin blok şeması

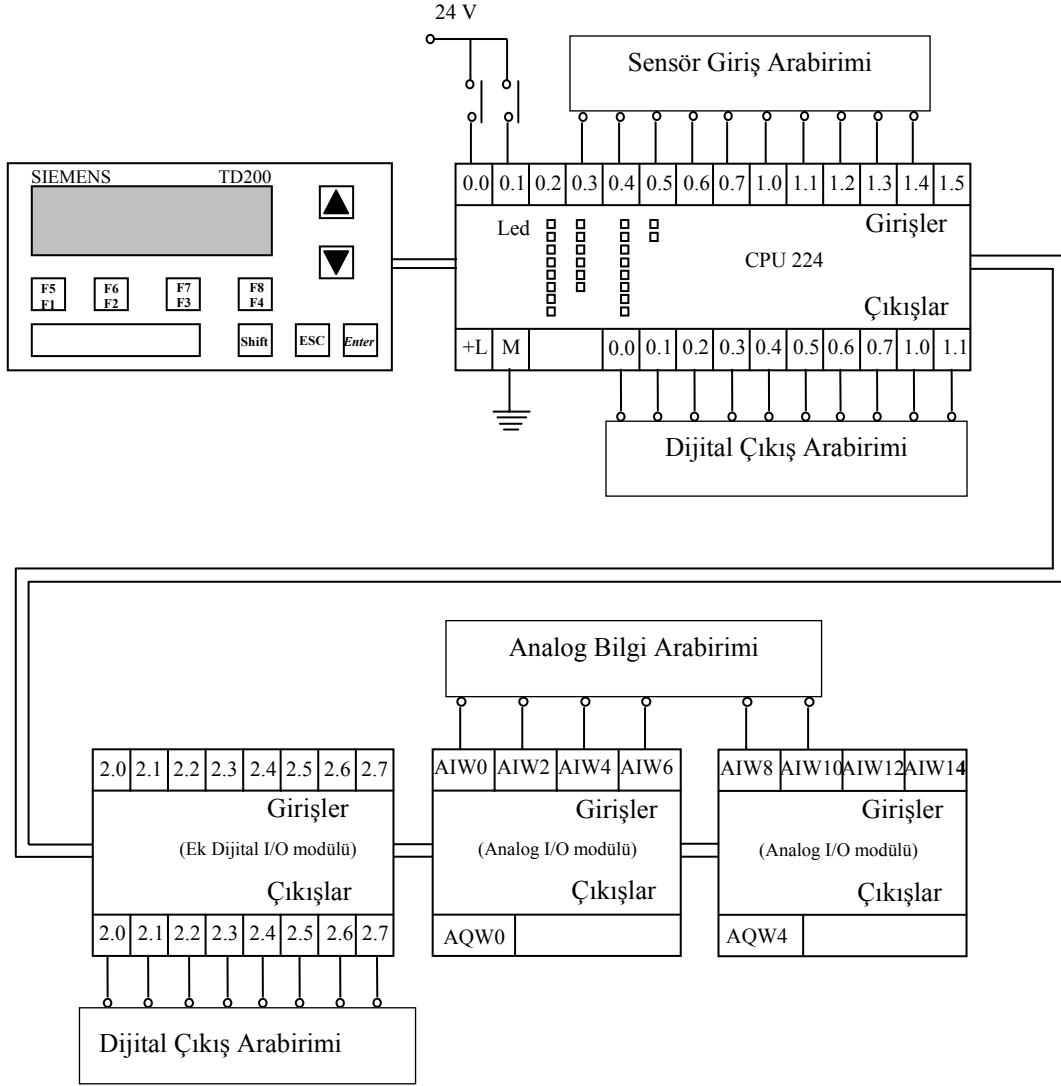


4. PROGRAMLANABİLİR LOJİK (MANTIKSAL) DENETLEYİCİ (PLC)

Bitkiler için gerekli bilgilerin saklanması ve operatör paneli uygulamasındaki kolaylığı sebebiyle, yeterli sayıda dijital ve analog adrese sahip Siemens S7-200 ailesine ait CPU224 model PLC cihazı kullanılmıştır. Kullanılan bu PLC üzerinde 14 adet dijital giriş(DI) ve 10 adet dijital çıkış(DQ) terminali bulunmakta olup 7 adet ek modül bağlanabilmektedir. Bu çalışmada PLC'ye 1 adet dijital, 2 adet analog ek modül bağlanmıştır. Bitki cinsinin seçimini sağlamak için ise TD200 operatör paneli kullanılmıştır.

Yazılım olarak STEP7 Micro/Win 32 kullanılarak hazırlanan program RS232-RS485 PC/PPI kablosu ile PLC'ye yüklenmiştir. Programlama dili olarak Merdiven Diyagramı (Ladder – LAD) [7] seçilmiştir.

Ek modüllerin, operatör panelinin ve diğer çevre birimlerinin bağlantılarını içeren devre bağlantı şeması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. PLC çevre birimleri bağlantı şeması

Çevre birimleri bağlantı şemasında kullanılan dijital ve analog giriş-çıkış adreslerine ait çalışma bilgileri;

Dijital giriş arabirimi adresleri;

- I0.0 Sistemi çalıştırma anahtarı
- I0.1 Sistemin durdurma anahtarı
- I0.3 Sağ yan pencere sınır anahtarı bilgisi (açık)
- I0.4 Sağ yan pencere sınır anahtarı bilgisi (kapalı)
- I0.5 Sol yan pencere sınır anahtarı bilgisi (açık)
- I0.6 Sol yan pencere sınır anahtarı bilgisi (kapalı)
- I0.7 Sağ çatı penceresi sınır anahtarı bilgisi (açık)
- I1.0 Sağ çatı penceresi sınır anahtarı bilgisi (kapalı)
- I1.1 Sol çatı penceresi sınır anahtarı bilgisi (açık)
- I1.2 Sol çatı penceresi sınır anahtarı bilgisi (kapalı)
- I1.3 Yağış durum dijital bilgisi
- I1.4 Isıtma sistemi çalışma durum bilgisi

Dijital çıkış arabirimi adresleri;

- Q0.0 Sağ yan pencerenin açılması
- Q0.1 Sağ yan pencerenin kapatılması
- Q0.2 Sol yan pencerenin açılması
- Q0.3 Sol yan pencerenin kapatılması
- Q0.4 Sağ çatı pencerelerinin açılması
- Q0.5 Sağ çatı pencerelerinin kapatılması
- Q0.6 Sol çatı pencerelerinin açılması
- Q0.7 Sol çatı pencerelerinin kapatılması
- Q1.0 Sera ısıtma sisteminin çalıştırılması
- Q1.1 Sera sulama sisteminin çalıştırılması
- Q2.0 Sera nemlendirme sisteminin çalıştırılması
- Q2.1 Sera ilaçlama sisteminin çalıştırılması
- Q2.2 Sera yan yüzey havalandırma sisteminin çalıştırılması
- Q2.3 Sera yan yüzey ısıtıcı sisteminin çalıştırılması
- Q2.4 Sera sağ pencereler açık ikazı
- Q2.5 Sera sol pencereler açık ikazı
- Q2.6 Çatı pencereleri açık ikazı
- Q2.7 Sera ısıtma sisteminin çalışmadığını bildiren ikaz

Analog Bilgi arabirimi;

- AIW0 Sera iç sıcaklık sensörü bilgisi
- AIW2 Sera dış sıcaklık sensörü bilgisi
- AIW4 Sera içerisindeki bağıl nem sensörü bilgisi
- AIW6 Sera içerisindeki toprak nem sensörü bilgisi
- AIW8 Anemometre sensör bilgisi

Analog çıkış arabirimi;

- AQW0 PID denetleyici tepkisine göre ısıtma sistemini çalıştıran çıkış adresi
- AQW4 PID denetleyici tepkisine göre bağıl nemlendirmesistemini çalıştıran çıkış adresi

PLC çevre birimleri bağlantısı yapıldıktan sonra ölçümler almak ve yazılımın test edilmesi için kurulan deney platformu Şekil 4 te gösterilmiştir.



Şekil 4. Deney uygulama seti

5. SICAKLIK VE NEMİN PID DENETLEYİCİ İLE KONTROLÜ

Sera içerisinde sıcaklığın ölçüldüğü yer önemli olup iki ayrı noktadan ölçüm alınması sıcaklık denetimi için faydalı olacaktır. Bu çalışmada sera ortasına yerleştirilen sıcaklık sensöründen alınan bilgi ile o bitki için gerekli çevre sıcaklık değeri kıyaslanmakta ve hata sıcaklık değeri PID denetleyici tarafından hatanın telafi edilmesini sağlaması için ısıtma sistemini devreye almaktadır. PID denetleyicide bu iki değer arasındaki fark [7];

$$e = SP_{sıcaklık} - PV_{sıcaklık} \quad (1)$$

olarak ifade edilmekte olup burada;

e : döngü hatası (ölçülen ile set edilen değer arasındaki fark) (°C)

$SP_{sıcaklık}$: sera içerisinde istenen sıcaklık değeri (°C)

$PV_{sıcaklık}$: ölçülen sıcaklık değeri (°C)

PID çıkış ifadesi yazılacak olursa,

$$M(t) = K_C \times e + K_C \int_0^t e \times dt + M_{basl} + K_C \times \frac{de}{dt} \quad (2)$$

dir. Burada;

$M(t)$: zamanın bir fonksiyonu olarak döngü çıkış ifadesi

K_C : döngü kazancı

M_{basl} : döngü çıkışının başlangıç değeri

Bu kontrol fonksiyonu bilgisayarda ifade edilecek olursa, hata değeri ve ona bağlı denetleyici çıkışı sürekli zaman fonksiyonu olarak periyodik zamanlarda örneklenebilir.

$$M_n = K_C \times e_n + K_I \times \sum_1^n e_n + M_{basl} + K_D \times (e_n - e_{n-1}) \quad (3)$$

olur. Burada,

M_n : n. örnekleme zamanında döngü çıkışının hesaplanan değeri

e_n : n. örnekleme zamanındaki döngü hatası değeri

e_{n-1} : sondan bir önceki döngü hata değeri

K_I : integral oransal sabiti

K_D : türev oransal sabiti

PLC'deki CPU, döngü çıkış değerini hesaplamak için yukarıdaki formüllerden yararlanır. Sıcaklıktaki hatanın fonksiyonuna bağlı olarak ısıtma sistemini çalıştırması için PID kontrol eşitliği,

$$\begin{aligned}
M_n = & \left[K_C \times (SP_n - PV_n) \right] \\
& + \left[K_C \times \frac{T_S}{T_I} \times (SP_n - PV_n) + MX \right] \\
& + \left[K_C \times \frac{T_D}{T_S} \times ((SP_n - PV_n) - (SP_{n-1} - PV_{n-1})) \right]
\end{aligned} \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada,

T_S : örnekleme zaman aralığı (s)

T_I : integral zaman sabiti (s)

T_D : türev zaman sabiti (s)

MX : integral ifadesinin bir önceki örnekleme değeridir.

Formül 4' de $SP_n = SP_{n-1}$ olduğundan genel ifade aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\begin{aligned}
M_n = & \left[K_C \times (SP_n - PV_n) \right] \\
& + \left[K_C \times \frac{T_D}{T_S} \times (PV_{n-1} - PV_n) \right] \\
& + \left[K_C \times \frac{T_S}{T_I} \times (SP_n - PV_n) + MX \right]
\end{aligned} \quad (5)$$

Serada nemlendirme işleminin denetimi de PID denetleyici ile yapılmaktadır. PID denetleyicide kullanılan K_C , T_S , T_I ve T_D değerlerinin seçimi denetleyici tepkisini değiştirmektedir. PID denetleyici, her bitkinin gereksinimi olan nem değeri ile ortamda ölçülen nem değeri kıyaslanmakta ve aradaki hatayı gidermektedir. K_C değerinin büyük seçilmesi durumunda denetleyici tepkisi artmakta ve ısıtma sistemini sürekli devreye alıp çıkartmaktadır. Bu değer küçük seçilmesi durumunda denetleyici tepkisi yavaşlamakta ve büyük sıcaklık farklarında bile sistem tepki vermemektedir. T_S değeri seçilirken örnekleme periyodu T_I ve T_D değerleri de dikkate alınarak seçilmelidir.

6. UYGULAMA

Uygulama yapılan serada domates bitkisi yetiştirileceği düşünülerek ölçümler alınmış ve bu bilgiler ışığında diğer bitkilere ait değerlerde kıyaslama yapılarak kaydedilmiştir. Domates bitkisi yetiştiriciliğinde yüksek verim alabilmek için gece ortam sıcaklığının 13-17 °C gündüzleri ise 21-26 °C olması gerekmektedir. Uygulamada PID denetleyici de bu değerleri gece için 15 °C gündüzleri için ise 24 °C tutması için denetleyici parametreleri girilmiştir. Bağıl nem değeri ise % 60-70 olmalıdır. Çalışma sırasında PID denetleyici için bu değeri % 65 olarak kaydedip örnekleme yapılmıştır. Dış sıcaklık değerleri 10-40 °C arasında, bağıl nem ise % 30-95 arasında değiştirilmiş ve sistemin etkin olarak çalıştığı ve referans değerlerine kadar hassas ayarlama yaptığı gözlenmiştir.

Ölçümlerin hassas olması için normal sera içerisinde sensörler yerden 35 cm yükseğe yerleştirilmiştir. Nemlendirme sisteminin, sıcaklık ve nem ölçümlerine etkisini azaltmak için üzerine koruma kılıfı geçirilmiştir. Analog bilgilerin okunması sırasında PLC ile sera arasındaki mesafenin kısa tutulması gerilim düşümünden dolayı gereklidir

7. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada sera içerisinde sıcaklık ve nem kontrolü istenilen bir aralıkta örnek uygulama ile gösterilmiştir. Bu sistem, klasik sistemlerde yapılabilecek zamansız nemlendirme, fazla ısıtma veya aşırı soğukluk durumlarının önüne geçilebileceğini gösterilmiştir. Son yıllarda bitki gelişiminin hızlandırılmasında kullanılan hormon ilaçlarının kullanımına alternatif olan ve zararsız fotosentez hızlandırma tekniği ve otomasyonu yine PLC ve PID denetleyicilerle gerçekleştirilmesi üzerindeki uygulamamız ileriki çalışmamızın konusu olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Boodley, W., The commercial greenhouse, Delmar Publishers Inc., New York, 1981
- [2] Caponetto, R.; Fortuna, L.; Nunnari, G.; Occhipinti, L.i, "A fuzzy approach to greenhouse climate control", American Control Conference, Proceedings of the 1998, Volume: 3 , Page(s): 1866 –1870, vol.3, 1998
- [3] Lanfag P., Wanliang W. and Qidi W., "Application of Adaptive Fuzzy Logic System to Model for Greenhouse Climate", Intelligent Control and Automation Congress, Proceeding of the 2000, China Page(s): 1687-1691, 2000
- [4] Putter, E., Gouws, J. , "An automatic controller for a greenhouse using a supervisory expertsystem", Electrotechnical Conference, MELECON'96., 8th Mediterranean, Volume:2, Page(s): 1160 – 1163, 1996
- [5] Quanxing, Z., Chwan-Hwa, W. and Tilt, K., "Application of fuzzy logic in an irrigation control system", Industrial Technology, 1996. (ICIT '96)., Proceedings of The IEEE International Conference on, Page(s): 593 – 597, 1996
- [6] Pastacı, H. ve Abbasoğlu, H. İ., Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1996
- [7] S7-200 Programmable Controllers System Manual, SiemensAG., Nuernberg, , 1999.