

Performans veri analizlerine bağlı olarak deneysel bir otomobil klima sisteminin kontrolü

Salih Atçı^{1*}, Alpaslan Alkan², Halil İbrahim Eskikurt³, Ahmet Kolip⁴

21.04.2014 Geliş/Received, 26.05.2014 Kabul/Accepted

ÖZ

Günümüzde otomotiv, biyomedikal, endüstriyel üretim, uzaktan makine kontrolü, depolama ve takip, bina ve fabrika otomasyonu gibi birçok alanda güvenilir ve az maliyetli uygulamaların gerçekleştirilmesinde gelişmiş kontrol yöntemlerinin kullanılması büyük önem kazanmaktadır. Bu çeşit endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan kontrolör çeşitlerinden birisi de PID kontrolördür. Bu çalışmada, deneysel bir otomobil klima sistemi elektriksel ölçüm cihazlarıyla donatılarak laboratuvar ortamında kurulmuştur. Gerçekleştirilen veri toplama ve kontrol sistemi ile sensörlerden gelen anlık veriler modbus protokolü ile bilgisayar ortamında işlenmekte ve sistemin performans analizi yapılabilmektedir. Oluşturulan arayüz programı ile motor devri, iç ve dış ünite hava sıcaklıkları ile hızları gibi ölçümlere müdahale edilebilmektedir. Bu sayede bir otomobil iklimlendirme sisteminin en ideal ortamda çalışması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: veri toplama ve kontrol, otomobil klima sistemi, modbus rtu, plc, seri haberleşme

Control of an experimental auto air conditioning system depending on performance data analysis

ABSTRACT

Nowadays, using of advanced control methods in order to realize the safe and economical applications at many fields like automotive, biomedical, industrial production, remote machine control, storage and following, building and factory automation has become great importance. On these type industrial applications, PID controller is one of the commonly used controller types. In this study an experimental automobile air conditioning system has been equipped with electrical measuring devices and has been constructed in laboratory. Immediate data comes from sensors throughout the realized data collection and control system is processed in computer with modbus protocol and performance analyze of the system can be made. The created interface program can intervene in measurements like engine speed, internal and external unit air temperature and speeds. By this means, it is aimed to being operate an automobile air conditioning system in the most ideal environment.

Keywords: data acquisition and control, automobile air conditioning system, modbus rtu, plc, serial communication

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 Hendek A.K.V. Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Sakarya- salih07@gmail.com

2 Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği, Sakarya -aalkan@sakarya.edu.tr

3 Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Sakarya - eskikurt@sakarya.edu.tr

4 Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği, Sakarya -akolip@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ölçme tekniği, evrende var olan olayları kontrol altına almanın ve bu olayları yönetebilmenin temel bilimidir. Karşılaştırma yöntemlerine dayanır ve fiziksel büyüklükleri temel alır. Fiziksel büyüklükler matematik ile tanımlanıp, kontrol edilmelerine imkân verir. Herkes öğrenimi esnasında veya hayatta sürekli ölçüm cihazları ile karşılaşır. Otomatik Kontrol Sistemleri, ait olduğu sistemi insan müdahalesi gerektirmeksizin arzu edilen değerler arasında tutmayı amaçlayan sistemlerdir [1].

Bugün, modern ev ve bürolardaki ısıtma ve havalandırma sistem ya da düzenleri, otomatik kontrol yöntemleri yardımı ile ısıyı ya da ortamın nemini ayarlar. Endüstride, modern araç ve gereçlerde, otomatik kontrol sistemlerinin sayısız uygulamaları vardır. Üretilen ürünlerin niteliklerinin kontrolü, ilaç endüstrisinde ilaçların kontrolü, takım üreten makinelerin kontrolü, uçakların oto-pilot ile kontrolü, gemilerin kontrolü, modern gerilim regülatörleri, güdümlü araçların kontrolü, bilgisayarla kontrol, trafik kontrolü, robotlar ve kontrolleri, kimya endüstrisinde üretilen ürünlerin kontrolü gibi birçok örnek verilebilir [2].

Jung ve arkadaşları [3] tasarladıkları bir otomobil klima sisteminde çeşitli akışkanların otomobil klima performansına etkisini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Esen ve Hoşöz [4] bir otomobil klima sisteminin deneysel performansı karşılaştırmalı olarak belirlemişlerdir. Çalışmada soğutma ve ısıtma sırasındaki performanslarını deneysel olarak ölçmüşlerdir. Alkan [5] çeşitli tiplerde kompresör ve genişleme elemanı kullanan bir otomobil iklimlendirme sistemininkarşılaştırmalı deneysel analizini yapmıştır. Alkan ve Hoşöz, [6] sabit kapasiteli kompresör kullanılan bir otomobil klima sisteminin iki farklı tipteki genişleme elemanı için deneysel performanslarını karşılaştırmalı olarak belirlemiştir. Kaynaklı ve Horuz, [7] optimum çalışma şartlarını belirlemek amacıyla R134a ile çalışan bir otomobil klima sisteminin performansını deneysel olarak araştırmışlardır.

Bu çalışmada, bir otomobil klima sisteminin performans analizlerinin gerçekleştirilmesi için laboratuvar ortamında bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Sistemdeki anlık veriler sensörlerden alınarak bilgisayar ortamına excel dosyası halinde aktarılmaktadır. Bu sayede istenilen verilerle ilgili grafikler çizdirilmektedir. Böylelikle bilgisayardan girilen referans değerleri ile oluşturulan deney düzeneğinin istenilen şartlarda çalışması sağlanabilmektedir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

2.1. Haberleşme arabirimleri ve modbus protokolü (Communication interfaces and modbus protocol)

RS-232 son yıllarda oldukça popüler ve yaygın bir haberleşme arabirimi olarak kullanılmaktadır. Masaüstü bilgisayarlarda, yazıcılarda, veri toplama modüllerinde, test cihazlarında ve kontrol devrelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. RS-232 iki cihaz arasında bilgi alışverişine yönelik olarak tasarlanmıştır.

RS-232'nin başlıca üstünlükleri şu şekilde verilebilir.

- Çok yaygındır. Her PC'de en az bir RS-232 portu bulunur.
- Mikrokontrolörde, arabirim yongaları bir 5 V seri portu RS-232 ye çevirebilirler.
- 2- yollu bir link için sadece üç tele ihtiyaç vardır. Paralel linkte sekiz adet veri hattıyla iki ve daha fazla kontrol sinyali ve birkaç da toprak hattı bulunur [8].

Dezavantajları ise şunlardır:

- Linkin karşı ucu paralel veri gerektiriyorsa, gelen veriyi paralel veriye dönüştürmek zorunda kalacaktır.
- Belirlenen en yüksek hız 20,000 bps'dir. Oysa genellikle kısa linklerde, bunun üzerine çıkan, pek çok arabirim bulunmaktadır.
- Çok uzun linklerde farklı arabirim gerekebilir. Daha yüksek hız, daha uzun link ve daha çok düğüm olması halinde RS-485 dengeli arabirimi bir çözüm olarak sunulmaktadır. RS-232'den daha yüksek hızlarda ve uzak mesafelerde veri transferi gerektiğinde çözüm RS-485 arabirimidir. RS-485'li linkler iki cihazla sınırlı değildir. Mesafeye, bit hızına ve arabirim yongalarına bağlı olarak sayıları 256'ya varabilen düğüm bir linkle bağlanabilir[8].

RS-435 arabirimin RS-232'ye göre üstünlükleri şunlardır:

- Maliyeti düşüktür. Sürücüleri ve alıcıları pahalı değildir. +5V ya da daha düşük güç kaynağıyla çalışırlar. Böyle bir kaynakla, farksal çıkışlarda gereken minimum 1.5V'luk farkı üretebilirler. RS-232'nin $\pm 5V$ 'luk minimum çıkışı, \pm gerilimli bir güç kaynağı ya da bunları türeten daha pahalı bir arabirim yongası gerektirir.

- İki cihazla sınırlı olmayışı RS-485'nin çok sayıda sürücüsü ve alıcısı olmasını sağlar. Yüksek empedanslı sürücülerle bir RS-485 256 düğümlü olabilir.

- Saniyede 10 Megabit hız mümkündür. Bit hızı kablo boyu ilişkilidir. Seri arabirimlemekullanılması yanında RS-485, farksal SCSI gibi hızlı paralel arabirimlerde de kullanılabilir [8].

Modbus, ilk olarak 1979 yılında Modicon tarafından kendi PLC'lerinde kullanmak için geliştirdiği bir seri kanal haberleşme protokolüdür. Master-slave yapısıyla haberleşir. Slave, veriyi sağlayan taraftır ve master tarafının yönetiminde haberleşme sağlanır, data okuma isteği gönderen master tarafıdır. Bir master 247 adet slave'e bağlanabilir ve bu slave'lerin her birine bir birim numarası (Unit ID) verilir, bu ID sayesinde master hangi slave ile haberleşme sağlayacağını gönderdiği mesaj paketi içinde belirtir. Modbus açık kaynak kodlu haberleşme protokolü olarak tasarlandığından, üreticiler ürünlerinde MODBUS protokolünü kullanırken herhangi bir ücret ödememektedir. Bu sebepten dolayı MODBUS günümüzde endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan ve destek verilen haberleşme protokolü olmuştur. Genel kullanım alanı saha seviyesinde kullanılan ölçüm cihazlarından gelen verilerin ana kontrolcüyeye iletilme aşamasındadır. Kullanılan cihazın türüne ve taşıdığı veriye bağlı olarak MODBUS RTU, MODBUS ASCII ve MODBUS TCP/IP, MODBUS over UDP, MODBUS Plus olmak üzere 5 farklı MODBUS protokolü geliştirilmiştir. Bunlardan seri kanal haberleşmesinde en sık kullanılan MODBUS RTU olduğu gibi, ethernet altyapısında kullanılan haberleşme protokolü ise MODBUS TCP/IP'dir [9].

MODBUS RTU, verilerin binary olarak alınıp gönderildiği ve bu verilerin güvenilirliğini artırmak için çevrimsel artıklık denetimi (CRC – Cyclic Redundancy Check) doğrulama verisi ile birlikte gönderildiği haberleşme protokolüdür. Bu eklenen CRC verisi gönderilecek olan verinin içeriğine göre hesaplanır ve gönderilen veriye eklenir. Alıcı taraf da aynı şekilde gelen veriye göre bir CRC kodu hesaplar ve onu gelen CRC verisiyle kıyaslar ve bu şekilde gelen verinin doğruluğu kontrol edilmiş olur. Seri kanal haberleşmede en çok tercih edilen ve destek verilen haberleşme standartıdır. Mesajın gideceği hedef MODBUS TCP/IP de birim nosu (Unit ID) olarak mesaj paketine eklenirken, MODBUS RTU da 8 bitlik hedef adresi eklenir [9].

2.2 Orantı, integral ve türev kontrol (PID kontrol) (Proportional, integral and derivative control (PID control))

PID Kontrol, üç temel kontrol etkisinin (P,I,D) birleşiminden meydana gelmiştir.PID denetim endüstride en çok kullanılan denetim yöntemlerinden birisidir. Bunun nedeni PID kontrolörün hemen hemen tüm denetim sistemlerine uygulanabilmesidir. Denetlenecek sistem motor hızı, konum ve fırın sıcaklığı v.b. olabilir. İstenilen set değerine gelmesi ve set değerinin değişimlerinde onu takip etmesi istenir. İyi bir denetim performansı için de bu işlemin en kısa zamanda ve az hata ile yapılması gerekir. Hatanın anlamı set değeri ile gerçek değer arasındaki farktır. PID denetleyici, bu

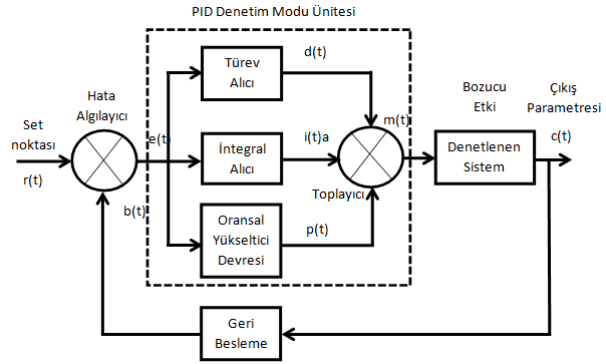
hataya ve hatanın değişim hızına bağlı olarak çıkış verir [10].

PID denetleyici çıkışı

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir [11].

PID kontrol; üç temel kontrolün üstünlüklerini tek bir birim içinde birleştiren bir kontrolördür. İntegral kontrol, sistemde ortaya çıkabilecek kalıcı-durum hatasını sıfırlarken türev kontrol, yalnızca PI kontrol etkisi kullanılması haline göre sistemin aynı bağıllı kararlılığı için cevap hızını artırır. Buna göre PID kontrol organı sistemde sıfır kalıcı-durum hatası olan hızlı bir cevap sağlar.PID kontrollü bir sistemin blok diyagramı aşağıdaki şekilde verilmiştir [2].



Şekil 1. PID kontrollü sistemin blok diyagramı (PID controlled system block diagram)

3. VERİ TOPLAMA VE KONTROL SİSTEMİ (DATA ACQUISITION AND CONTROL SYSTEM)

Deneysel otomobil klima sisteminin şeması aşağıda görülmektedir. Sistemde anlık verileri almak için sıcaklık, nem, basınç, debi hava akış sensörleri ile termokupllar kullanılmıştır. Sistemi beslemek için dc 12 V ve 24 V'luk güç kaynakları kullanılmıştır. Kompresörü çalıştırmak için 3 fazlı asenkron motor kayış kasa mekanizmasıyla bağlanmıştır. Frekans inverter ile de proximity switch sayesinde motor hızı ayarlanmaktadır. Ayrıca rezistansların kontrolü, debimetreden alınan anlık veriler PLC cihazına gönderilmektedir. PID kartlar ile de fanların kontrolü sağlanmaktadır. Bütün bu haberleşme sistemi için modbus protokolü kullanılmaktadır ve bilgisayara 485 seri haberleşme arayüzü ile anlık olarak aktarılmaktadır.

3.1 Rezistansların kontrolü ve motor devir sayısının ayarlanması (Control of resistance and adjusting engine speed)

Bu değerler PLC vasıtasıyla ayarlanmaktadır. Sistemde kanallar içerisine yerleştirilen rezistansların sıcaklık değerleri anlık olarak PLC'ye gönderilmektedir. Bu değerler PLC'de yazılan program ile kontrol edilebilmektedir. Katı hal röleleri ile rezistansların kontrolü yapılabilmektedir. Değer otomatik düşünce rezistansları çalıştırarak sıcaklığı arttırmaktadır. Ayrıca rezistansların korunması için sigortalar bağlanmıştır.



Şekil 2. Hava kanallarındaki rezistansların genel görünümü (Overview of resistance in the airducts)

Deney düzeneğinde kompresörün çalıştırılması, kayış-kasnak mekanizması aracılığıyla 3 fazlı akımla çalışan asenkron elektrik motoru tarafından sağlanmıştır. Devreye bağlanan frekans dönüştürücü ile motor hızı ve dolayısıyla kompresör devrinin, gerçek çalışma koşullarındaki devirlerle aynı olması sağlanmıştır. Motor devir sayısının tespiti için, endüktif yaklaşım sensörü (proximityswitch) kullanılmıştır. Bu sensör saydığı verileri anlık olarak PLC'ye iletmektedir. PLC'de aldığı devir bilgisi sayısını girilen sayıyla karşılaştırır ve frekans invertere bilgi göndererek sürücüyü kontrol eder. Bu şekilde motorun sabit devirde dönmesi sağlanmaktadır.

3.2 PID ile fanların kontrolü (Fan control with PID)

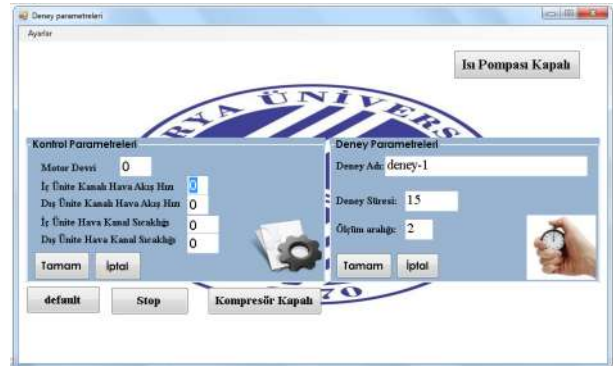
Fanların kontrolü PID kartlar vasıtasıyla sağlanmaktadır. Sistemde iki adet fan iki adet PID kart ile kontrol edilmektedir. Bu kartlar C programlama dilinde yazılan kodlar vasıtasıyla gerekli işlemleri yapmaktadır. PID katsayıları olan K_p , K_i ve K_d değerleri buralara girilerek LCD ekran üzerinden set değerleri belirlenmiştir. Oluşturulan PID algoritması ile sistemin optimum düzeyde çalışması ve fanların uygun hızda dönmeleri sağlanmaktadır.



Şekil 3. Sistemin genel görünümü (A general view of the system)

3.3 Arayüz programı ve elde edilen grafikler (Interface program and obtained charts)

Deneysel olarak hazırlanan otomobil iklimlendirme sisteminin PC ile test edilmesini sağlayan örnek arayüz programı Visual C# kullanılarak oluşturulmuştur. Program geliştirilmeye açıktır. C# programında hazırlanan arayüz programı vasıtasıyla sistemde motor devri, fanların hızları ve rezistansların sıcaklık değerleri değiştirilebilmektedir. Kontrol parametre değerleri elle girilebileceği gibi default tuşuna basılarak önceden atanan değerler de girilebilir. Deney parametreleri kısmında deney adı, deney süresi ve ölçüm aralığı değiştirilebilir. Ayrıca sistemde anlık değişimler excel dosyasına kaydedilerek performans analizi yapılmakta sistemde ani değişimler izlenmektedir.



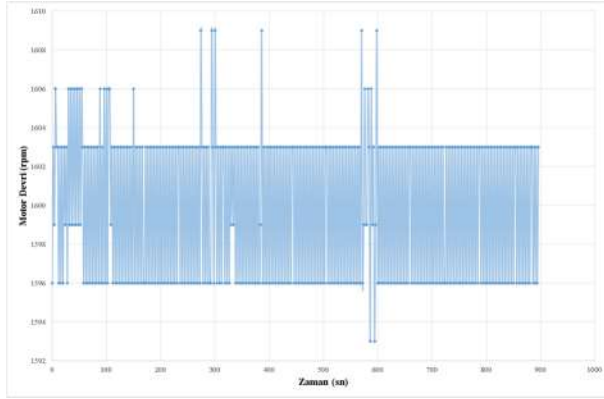
Şekil 4. Programın parametre arayüzü (Interface of the program parameters)

Burada soğutucu akışkanların sıcaklık, basınç değerleri, hava akış hızları, motor devri, nem, kütle akışı gibi parametre değerleri anlık olarak takip edilir ve veri toplama merkezinde excel dosyası halinde kaydedilmektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

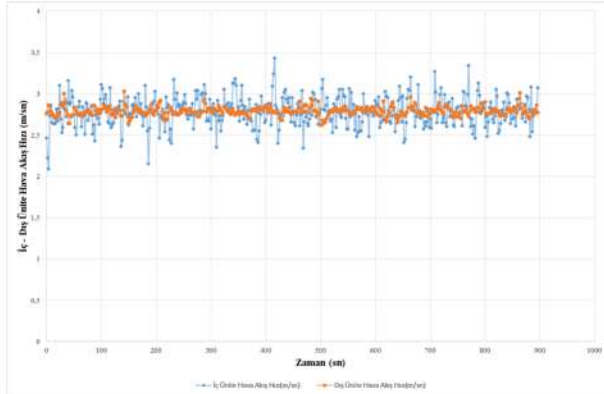
Verilerin zamana göre değişimlerinin sistem performansına etkilerini grafik üzerinde incelediğimizde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

İlk olarak motor devri 1600 d/d olarak ayarlanmıştır. PLC vasıtasıyla motor devri istenilen devir aralığında tutulmaktadır. Ufak sapmalar dışında sistem kararlı bir şekilde çalışmaktadır.



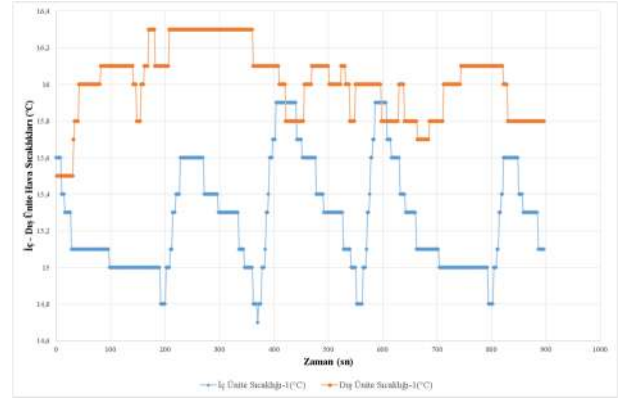
Şekil 5. Motor devrinin zamana göre değişimi (The engine speed according to the time change)

İç ünite ve dış ünite hava akış hızları aşağıdaki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 6. İç ünite ve dış ünite hava akış hızlarının zamana göre değişimi (The inner and outer unit air flow rates change depending on time)

İç ve dış ünitelerin sıcaklık değişimleri de aşağıdaki grafikte izlenmektedir. Sıcaklık azaldığı zaman rezistanslar otomatik olarak devreye girerek sistemi sabit sıcaklıkta tutmaktadır.



Şekil 7. İç ünite ve dış ünite sıcaklıklarının zamana göre değişimi (The inner and outer unit temperatures change depending on time)

Sonuç olarak bir laboratuvar ortamında otomobil klima sistemi geliştirilerek sistem verilerinin değişimi ve kontrolü deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada hazırlanan yazılım kolaylıkla kullanılabilir bir program olup esnek ve sürekli geliştirilebilir yapıdadır. Sadece bu veriler değil aynı zamanda diğer fiziksel büyüklüklerin de izlenmesine olanak sağlamaktadır. Bunun için modbus protokolü ile haberleşebilen bir ölçüm cihazının sisteme eklenmesi yeterlidir. Sistemimiz Rs-485 seri haberleşme protokolünü kullanmaktadır. İleriki uygulamalarda kablosuz haberleşme ve kontrol imkânı sağlanabilir. Ayrıca sanal bir laboratuvar oluşturularak web cam vasıtasıyla sistemin uzaktan izlenmesi ve deney verilerinin kullanıcı veri toplama merkezine aktarılması sağlanabilir. Bunlara ek olarak endüstride birçok alanda kullanılmaya müsaittir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S.A. İnan, S. Çakmak, "PIC Tabanlı Rs485 Ölçme ve Kontrol Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması", VII. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, 559-567, İzmir, 2008.
- [2] A.B. Dumanay, "PID, Bulanık Mantık ve Kayan Kip Kontrol Yöntemleri ile İnternet Üzerinden Dc Motor Hız Kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [3] D. Jung, B. Park ve H. Lee, "Evaluation of Supplementary/Retrofit Refrigerants for Automobile Air-Conditioners Charged with CFC12", Int. J. Refrigeration, Cilt 22, No 7, 558-568, 1999.
- [4] D. Ö. Esen, M. Hoşöz, "R12 ve R134a Soğutucu Akışkanları Kullanan Otomobil İklimlendirme Sisteminin Deneysel Performans Analizi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, No 4, 703-709, 2006.
- [5] A. Alkan, "Çeşitli Tiplerde Kompresör ve Genleşme Elemanı Kullanan Bir Otomobil

- İklimlendirme Sisteminin Karşılaştırmalı Deneysel Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [6] A. Alkan, M. Hosoz, “Experimental Performance of an Automobile Air Conditioning System with a Fixed Capacity Compressor Using Orifice Tube and Thermostatic Expansion Valve”, Proceedings of the Fourth International Exergy, Energy and Environment Symposium (IEEEES-4), Sharjah, UAE, 19–23 April, 2009.
- [7] O. Kaynaklı, I. Horuz, “An Experimental Analysis of Automotive Air Conditioning System”, Int. Com. Heat and Mass Transfer, Cilt 30, No 2, 273–284, 2003.
- [8] A. S. Yılmaz, M. Görmemiş, “Enerji Analizörleri için geliştirilen delphi tabanlı bir enerji izleme yazılımı”, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 359-368, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2006.
- [9] A. Temiz, Ö. Kahraman, C. Şahin, A. Nadar, “Akıllı Şebekeler İçin Haberleşme Çözümü”, Tübitak Mam Enerji Enstitüsü, Ankara, 2013.
- [10] S. Soygüder, A. Alli, “Programlanabilir Mantıksal Denetleyici Kullanarak PID Yöntemi ile Robot Hız Denetimi”, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 113-121, Elazığ, 2006.
- [11] A. B. Dumanay, A. İstanbullu, M. Demirtaş, “Dc Motorun PID ile Hız Denetimi İçin Uzaktan Laboratuvar Uygulaması”, Elektrik Elektronik Bilgisayar Biyomedikal Mühendislikleri Eğitimi IV. Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı, 241-244, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2009.