

FARKLI TİP SICAKLIK HİSSEDİCİ TİPLERİ İÇİN ÖLÇÜMLEME SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

CALIBRATION SYSTEM DEVELOPMENT FOR DIFFERENT TYPES TEMPERATURE SENSORS

Volkan ERYÜKSEL¹, Turhan ÇOBAN², Hüseyin BULGURCU³

¹VEBS Elektronik, Küçük Sanayi Sitesi 12 Ekim Cad. 36. Sok. No:4D BALIKESİR, vebsel@gmail.com

²Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bornova İZMİR, turhan.coban@ege.edu.tr

³Balıkesir Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü, Çağış Yerleşkesi BALIKESİR, hbulgur@yahoo.com

ÖZET

PTC, NTC, ısı çiftler, vb. sıcaklık hissedicilerin belirli sıcaklıkta açıklanan değerleri gösterip göstermediğinin teyidi için sabit sıcaklıkta ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Sabit sıcaklık üretici sistemler genelde iki farklı tipte imal edilirler. Bunlardan birincisi sabit sıcaklık banyosudur. Bu banyo içindeki özel sıvı sayesinde -40°C ve 120 °C derece arası sıcaklıklar sağlanabilir. İkinci tip sabit sıcaklık cihazı ise sıvı kullanmaz, sıvı yerine ısı iletim katsayısı yüksek olan bakır ya da alüminyumdan yapılmış kütle ve bu kütleyi ısıtacak direnç elemanı kullanır. Sıcaklık ölçümleme (ölçümleme) sisteminde sıcaklığı hassas bir şekilde ölçmek için NTC sondası kullanılmıştır. Sistemi ısıtmak için 220 V, 100 W gücünde ufak bir ısıtıcı ve bu ısıtıcıya faz açısı kontrolü yapıp gücü ayarlaması için pic 18f452 mikro kontrolcü kullanılmıştır. Mikro kontroller içine yazılan PID kontrol algoritması güç ayarlamaları yapıp kütlenin ısısının ortam sıcaklığının biraz üstü ve 120°C derece arasında sabit kalması sağlanmıştır.

ABSTRACT

Thermometer systems such as PTC, NTC type resistance thermometer sensors, thermocouples should be calibrated to ensure uncertainties of the readings. Constant temperature sources can build as two basic types. The first one is constant temperature bath. Temperature in the range of -40 C to 200 C can be obtained by using this type of constant temperature sources. In the second type of constant temperature sources there are no liquid bath, instead a high heat conduction metal block made of aluminum or copper is used. The block is heated by using resistance and cooled by using a cooling circuit. This type of calibration system is designed by our research group. In order to use temperature of the block accurately NTC type temperature sensors are used. In order to heat the system 220 V, 100 W heaters is used. In order to control temperature of the block a pic18F452 microcontroller and PID algorithm programs written for this microcontroller is used. System temperature can be adjusted between room temperature to up to 120 C and kept constant for the any desired time period.

1. GİRİŞ

Sıcaklık, belki de en yaygın olarak ölçülen fiziksel parametredir. Günümüzde, sıcaklık ölçümü değişik yollardan yapılabilmektedir. Ölçme için değişik opsiyonların bulunması, doğal olarak, bazı soruları beraberinde gündeme getirmektedir. Sıcaklığı nasıl ölçebilirim? Ölçümlerim ne doğruluktur? Sıcaklığı ölçmek için en iyi cihaz nedir? Ölçüm cihazıma ölçümleme gereklidir?

Sıcaklık ölçümü gereksinimi olduğu zaman yukarıda belirtilen genel sorularla karşılaşırız. Sıcaklık ölçmek için değişik ölçüm cihazları kullanılır: Sıvılı cam termometre (LIG), ısı çifti (TC), termistör, direnç sıcaklık detektörleri (RTD), platin direnç termometreleri (PRT), standart platin direnç termometreleri (SPRT) [1].

Sıcaklığın doğru şekilde ölçülmesi bilimsel veriler için çok önemlidir. Sıcaklık algılayıcıların çok çeşitli olması bu ihtiyacı daha önemli hale getirmektedir. Bu amaçla gerek deney cihazlarında ve gerekse test cihazlarında sıcaklık ölçümlemesine ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemizde bu hizmetler için TURKAK tarafından akredite olmuş resmi ve özel kuruluşlar mevcuttur [2, 3, 4]. Bu kuruluşlarda genellikle aşağıdaki cihazlarla ilgili ölçümleme hizmetleri verilmektedir:

- Dirençli Termometre (PRT ler - PT 100 , PT 1000 , PT 200 , PT 50 vb)
- Termocouple (Isıl çiftler- K , J, B, T, N, L, E vb Tipler)
- Dijital Sıcaklık Ölçerler
- Analog Sıcaklık Ölçerler
- Bimetalik Termometreler
- Sıcaklık Ölçüm ve Kontrol cihazları
- Buzdolabı Deepfreezer
- Etüv İnkübatör
- Sterilizatör Otoklav-Kül fırını
- Soğuk Hava Dolapları
- Fırınlara (Isıl işlem Fırınları Dahil)
- Su Banyosu
- Termograf- Data Loger
- Nem Ölçüm Cihazları (Termohigrometre ve Data Logerli Kaydediciler)

Sıcaklık ölçümlerinde 1990 yılından itibaren kullanılan Uluslararası Sıcaklık Ölçeği ITS-90 daha önce kullanılmış olan birçok Uluslararası Sıcaklık Ölçeğinin (ITS-27, ITS-48, ITPS-48 ve ITPS-68) bugüne dek gelişmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu ölçekler, sıcaklık ölçümlerinin doğru ve tekrarlanabilir bir şekilde yapılmasına ve ölçülen sıcaklığa karşılık gelen termodinamik sıcaklığa en yakın şekilde hesaplanabilmesine olanak verecek şekilde formüle edilmiştir.

Sıcaklık algılayıcılarının ölçümlemesi için en yaygın yöntem, sıcaklık algılayıcılarını buldukları yerden sökerek, kuru banyolara, ya da mikro-banyolara daldırmaktır. Bu kalibratörler ile geniş bir aralıkta, kararlı bir sıcaklık ortamı sağlayıp, ölçümleme yapılan algılayıcının ve referans termometrenin ölçtüğü sıcaklıkları, yüksek doğruluk sağlamak için karşılaştırabilirsiniz. Alternatif olarak, sıcaklık algılayıcılarını buldukları yerden sökmeden de kalibre edebilirsiniz. Bu durumda ya ölçümleme

yapılacak algılayıcının bulunduğu ortama, ya da yakınındaki termometre kılıfına referans termometre tatbik edilir.

Bu çalışmada sıcaklık ölçümler için tasarlanan bir kontrol cihazının ayrıntıları ile ilgili detaylı açıklamalar verilecektir.

2. 8 KANALLI VERİ TOPLAMA SİSTEMİ

Veri toplama sistemi 8 kanallı olup her kanala nem, sıcaklık, PTC, NTC, PT100, PT1000 devir algılayıcı, 4-20 ma okuyucu, gibi sıcaklık algılayıcıları bağlanabilmektedir. Veri toplayıcı beslemesi 24 DCV olup PLC sistemleri beslemesi ile uyumludur.

Sistem haberleşmesi RS 485 iletişim ile modbus iletişim standardı ile haberleşmektedir. Baud hızı parity flow kontrol ve veri toplayıcının adres bilgisi istenildiği takdirde üzerindeki dip switçler yardımıyla değiştirilebilir. Bu sayede farklı sistemler ile uyumluluğu sağlanmış olmaktadır.

Veri toplayıcı sistemine bağlanan algılayıcılar iki uçlu kablo ile bağlanıp algılayıcıların beslemesi ve haberleşmesi gene aynı iki uçlu kablo ile sağlanmaktadır. İki uçlu kablo üzerinden hem veriler hem de güç aktarım sağlanmış algılayıcı ve kart içine yazdığımız program ve algoritmalar sayesinde verinin kusursuz ve uzun mesafe ile okunabilmesi sağlanmıştır. İki kablo ile bağlanabilen algılayıcı en fazla 500 m mesafe ile veri aktarabilmektedir.

Veri toplama sistemi 8 kanal iletişim soketine sahip olmasına rağmen her portta iki adres vardır. Örneğin 1 kanala takılan nem ve sıcaklığı okuyan algılayıcımız için cihazın 0. adresinde sıcaklık 1. adresinde nem bilgisi olarak gelmektedir. Veri toplama cihazının 0-15. adresleri algılayıcılardan gelen bilgileri okumak için kullanılmaktadır. Diğer adreslerde algılayıcının fişini taktığımızda algılayıcının içindeki mikroişlemci yardımıyla algılayıcı kendini veri toplayıcı tanıtır. Veri toplayıcının 20-27 inci adreslerinde bu algılayıcının tanımlama kodu yer alır bu sayede algılayıcı tanımı hemen öğrenilebilir. 30 numaralı adreste ise bitlere bakılarak algılayıcıların hatasız çalışıp çalışmadığı iki uçlu kabloda bir kısa devre olup olmadığı bilgileri okunur.

Veri toplama sistemi herhangi bir PC veya dokunmatik ekran ile modbus protokolü ile haberleşebilmektedir. Aşağıdaki diyagramda temel olarak veri toplayıcının yapısı gösterilmiştir.

3. NEM VE SICAKLIK ALGILAYICI

Nem ve sıcaklığı okumak için x firmasının SHT11 algılayıcı kullanılmaktadır. Sıcaklık okuma kararlılığı ve nem okuma kararlılığı sayesinde tercih edilmiştir. SHT11 algılayıcı besleme ve CLK ve veri uçları sahip 4 uçlu TTL voltaj seviyesinde çalışan bir algılayıcıdır. Mikroişlemci ile direkt iletişim sağlayabilir. Fakat mikro kontrol algılayıcı arası uzatma kablo mesafesi TTL voltaj seviyede en fazla 1 metreyi geçmemektedir. Tasarladığımız algılayıcı kartı ile SHT 11 algılayıcının verilerin toplanması mikroişlemci yardımıyla yapıp firmamız tarafından gerçekleştirilen özel bir protokol

yardımıyla 500 m iki uçlu blendajsız kablo vasıtasıyla veri toplama sistemimize verileri aktarmaktayız.

4. SICAKLIK KALİBRASYON SİSTEMİ

Sıcaklık sondalarının (RTD, NTC, PTC vb. gibi) ısıl kararlılıkları ve doğruluklarını ölçmek için sıcaklık ölçümleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Temelde iki türlü sıcaklık ölçümleme sistemi kullanılmaktadır.

Sıvı banyolu sıcaklık ölçümleme sistemi ve katı hal sistemli sıcaklık ölçümleme sistemleri piyasada bulunmaktadır. Sıvı banyolu ölçümleme sistemlerinde yüksek kaynama noktalı ve oldukça düşük donma sıcaklığına sahip özel ölçümleme yağları kullanılmaktadır. Sıcaklığın kararlı bir şekilde dağılımı için bir devridaim motoru ve düşük sıcaklıklarda kullanım için de soğutucu ünite içermektedir. Bu tip sistemler taşınabilirlik açısından çok elverişli olmayıp fabrikalardaki ya da şantiye alanlarında sıcaklık ölçümlemesi yapmak için tercih sebebi değildir. Bu sebepten taşınabilir ortamlarda katı hal sıcaklık ölçümleme sistemi kullanmak daha elverişlidir. Katı hal ölçümleme sistemi ısıyı iyi ileten bir kütle ve sıcaklığı sabit tutacak hassas PID kontrollü bir kontrolcüden geçmektedir. Sistemde iyi bir ısı iletkeni olan bakır ve üzeri okside olmaması için yüzeyi gümüş kaplanmıştır.

Bakır kütleinin yüzeyine piyasada kullanılan algılayıcıların boyutlarında delikler açılmış ve burada kalibre edilmeleri sağlanmıştır.

Sıcaklık ölçümleme sisteminin sıcaklığı gerçek değerde göstermesi çok önemlidir. Sistemde tasarlanan PCB devrenin sıcaklık değerini tam olarak okuyabilmesi için hassas bir sıcaklık okuma sondasına hassas bir gerilim kaynağına ve hassas bir ADC ye ihtiyacı olmaktadır. Sistemde sıcaklık ölçüm sondası olarak PT1000 tercih edilmiştir. PT1000 sondasının sıcaklık değerini okumak için 10k'lık hassas bir film direnç ile 2.5V'luk referans voltajına seri bağlanarak PT 1000 üzerine düşen gerilim ADC vasıtası ile ölçülmüştür. 2.5 volt referansın sıcaklık ve voltaj dalgalanmalarından Ya da dışarıda oluşabilecek yüksek frekanslı devrelerden etkilenmemesi gerekmektedir. 2.5 volt beslemeli voltaj bölücü devrenin referans voltajı AD 780 entegresi tarafından sağlanmaktadır. Yine PT1000 üzerinden geçen akım sonucunda üzerinde oluşan voltaj, 22 bit çözünürlüğe sahip mcp3553 tarafından okunmaktadır. Sistem oluşabilecek parazitlere karşı da özel filtre devreleri ile korunmuştur.



Şekil 1. Sıcaklık ölçümleme cihazı

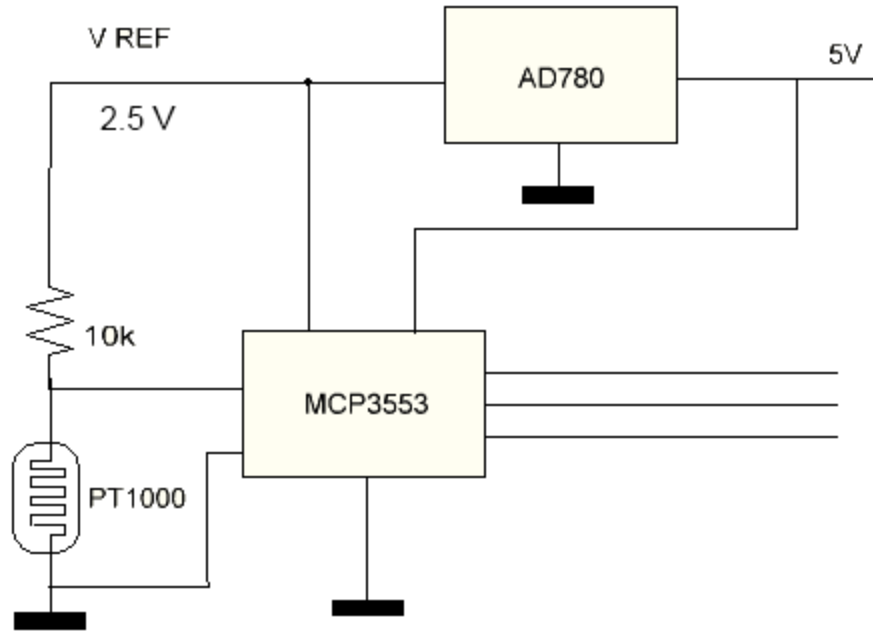
PT1000 sondası direnç değerleri sıcaklığa bağlı olarak doğrusala yakın olsa da polinomlar yardımıyla doğru sonuçlar elde edilmiştir.

Sıcaklık bilgileri doğru bir şekilde okunduktan sonra geriye ısıtıcı sistemi ve bu ısıtıcı sistemi doğru bir şekilde kontrol edecek sistemin tasarımına ihtiyaç duyulmuştur. Sistemde mikroişlemci olarak pic18f452 kullanılmıştır. Isıtıcıyı çok hassas bir şekilde kontrol etmek için triyak ile alternatif akımın sıfır noktasını okuyarak faz açısı kontrolü ve aynı zamanda ON-OFF kontrolü PID kontrolü sayesinde hassas kontrol yapılmaktadır.

Tasarladığımız sistem bilgisayar bağlantılı olup P, I, D değerleri bilgisayar üzerinden de değiştirilebilir.

Sistemdeki sıcaklık bilgisi anlık olarak bilgisayara aktarılıp grafik yardımıyla sıcaklık değerinin nasıl oturduğu kontrol edilebilir. Bu anlamda öğrencilerin PID kontrol algoritmasının çalışma mantığı PID değerlerinin nasıl etkili olduğu gözlemlenebilir.

Şekil 2.'de sıcaklık ölçme devresi temel olarak gösterilmiştir. PT100 algılayıcı 10k %1 toleranslı seri film direnci vasıtasıyla gerilim bölücü devre olarak çalışmaktadır. PT1000 algılayıcısında Self Heat (kendi kendini ısıtma) meydana gelmemesi için PT1000 algılayıcı üzerinden geçen akımın 1 mA den küçük olması istenmektedir. PT1000 algılayıcının kısa devre yani 0 ohm olduğunu düşünürsek bile ($R_i=2.5/10000$) devreden geçen akım 0.25'dir ve bu değerde istenilen değer $1/4$ 'ü olmaktadır.



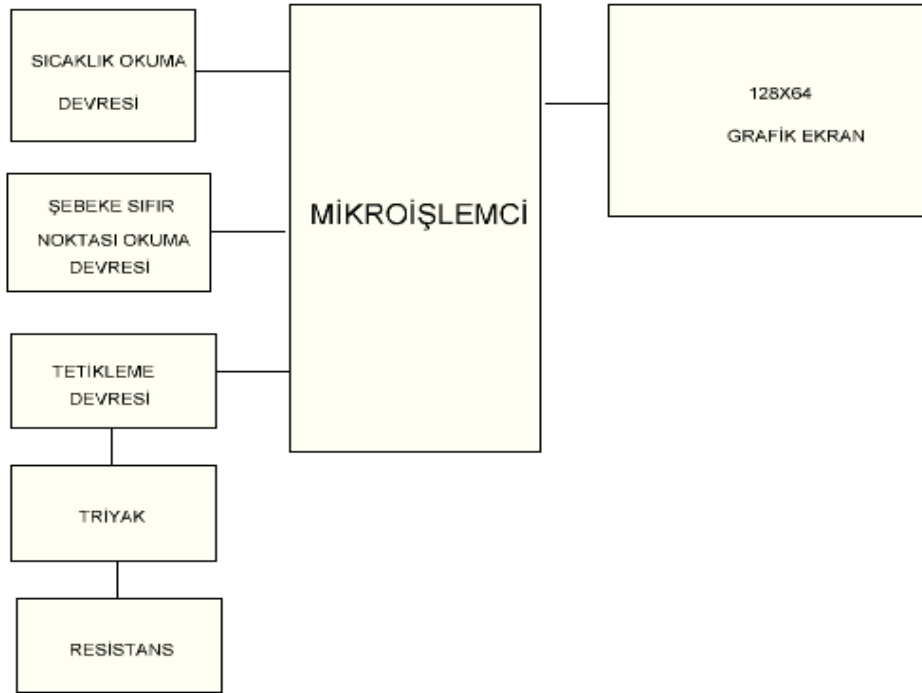
Şekil 2. Sıcaklık ölçme devresi

Sistemin sıcaklığını doğru bir şekilde okuduktan sonra sistem sıcaklığını çok hassas bir şekilde sabit tutmak gerekiyor. Kalibre bloğunu ısıtmak için 100 w lık 220 volt tüp rezistans kullanılmış olup bloğun içerisine ısı transfer pastası kullanılarak sabitlenmiştir.

Sistemin ısıl kararlılığını sağlamak amacı ile kütle nin sıcaklığı 10 ms de bir okunup PID çevrimi ile yeni faz açısı tetikleme hesaplanır. Hesaplanan faz tetikleme açısı bilgisi ile bir sonraki alternansta triyak tetiklenip güç ayarı yapılması sağlanır. Rezistansa uygulanan güç her çevrimde değiştirilir. Bu şekilde sistemin sabit bir ısıda kalması sağlanır.

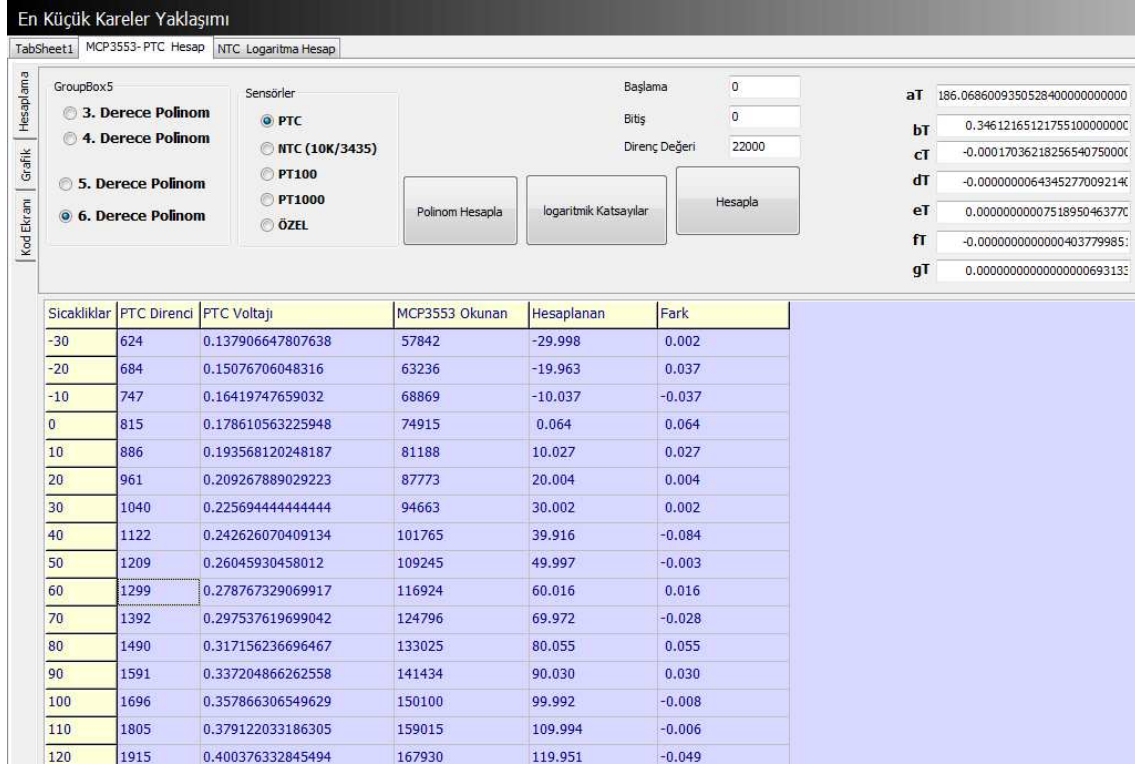
Sistemde PID değerlerini otomatik yeniden ayar (auto tuning) yapacak bir algoritma yoktur. P, I, D değerleri sistemin RS232 kapısına bağlanabilen bir bilgisayar programı yardımıyla girilmektedir. Bilgisayar programı yardımıyla girilen PID değerleri bilgisayar programı içerisinde bulunan grafik ara yüzüyle takip edilir. Sıcaklığın oturması için beklenir ve grafik verileri incelenir. Grafığe göre PID değerleri tekrar hesaplanır.

Program yardımıyla PID değerlerinin ne gibi sonuçlar doğurduğu programda grafik olarak görüntülediği için sistemin PID eğitim seti olarak da kullanılması mümkün olabilmektedir.

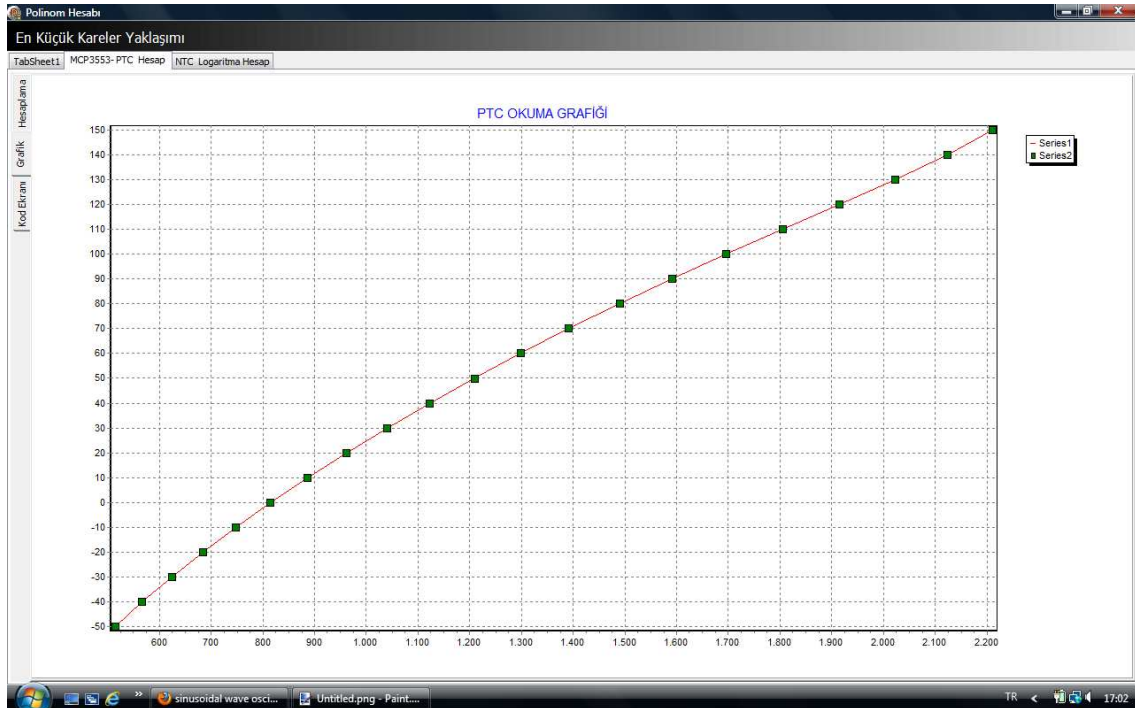


Şekil 3. Isı ölçümleme cihazı blok şeması

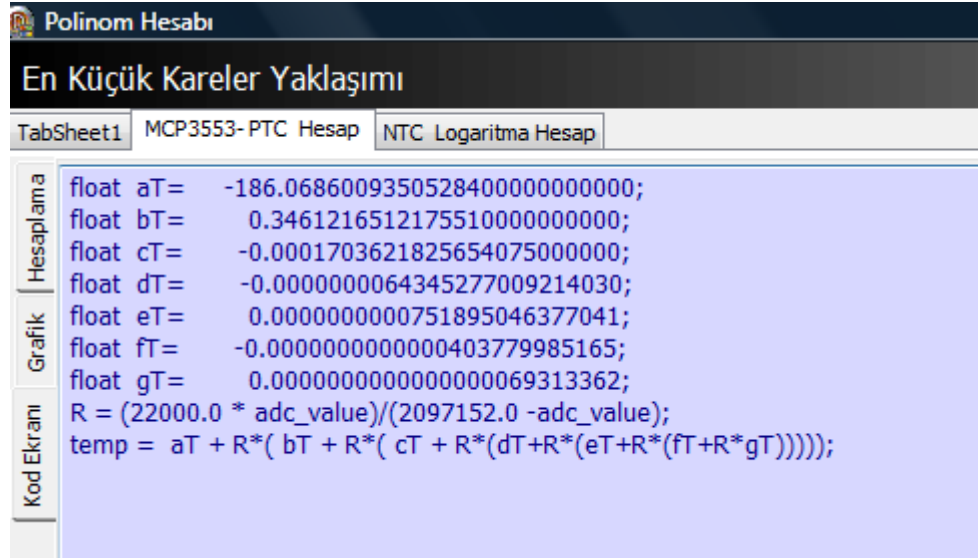
Sistemde değişik sıcaklıklar ile ölçüm sondasının değerleri alınarak karşılaştırma yapılır. Bu değerler daha sonra bir en küçük kareler yöntemi yardımıyla polinom katsayıları tekrar hesaplanıp sapmalar giderilerek doğru sonuca yaklaştırılır (Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6).



Şekil 4. En küçük kareler yöntemiyle polinom ölçülen ve referans değerlerin karşılaştırılması



Şekil 5. PTC değer okuma grafiği



```
float aT= -186.06860093505284000000000000;  
float bT= 0.34612165121755100000000000;  
float cT= -0.00017036218256540750000000;  
float dT= -0.0000000064345277009214030;  
float eT= 0.0000000000751895046377041;  
float fT= -0.0000000000000403779985165;  
float gT= 0.0000000000000000069313362;  
R = (22000.0 * adc_value)/(2097152.0 -adc_value);  
temp = aT + R*( bT + R*( cT + R*(dT+R*(eT+R*(fT+R*gT))));
```

Şekil 6. En küçük kareler yaklaşımı ile polinom katsayılarının bulunması

5. SONUÇ

Geliştirmekte olduğumuz portatif sıcaklık ölçüleme sistemi sıcaklık kontrollü cihazlar üreten firmalarda ve üniversitelerin ısı laboratuvarlarında kullanılan sıcaklık algılayıcıların hassasiyetlerinin belirlenmesi için kullanılabilir. Özellikle cihazda grafik ekran yardımıyla referans sıcaklık ile karşılaştırılan algılayıcı sıcaklıkları arasındaki farkların gözlenebilmesi ve polinom katsayıları ile doğrultulabilmesi, cihazın PID kontrol cihazı olarak da kullanılabilmesi önemli avantajlar sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] <http://www.netes.com.tr/makale.asp?gorev=detay&id=64&cat=26>
- [2] <http://www.unitest.com.tr/endustriyelölçümleme/3-sicaklik-kalibrasyonu.html>
- [3] <http://www.markal.com.tr/sicaklykölçümler.html>
- [4] <http://www.unitest.com.tr/endustriyelölçümleme/3-sicaklik-kalibrasyonu.html>