

Isısal Uyarımlı süreçler için Programlanabilir Bir Düşük Sıcaklık Kontrol Sisteminin Tasarımı ve Yapımı

Haziret DURMUŞ¹, Haldun KARABIYIK¹

Özet: Malzeme parametrelerinin sıcaklıkla değişiminin incelendiği ısısal uyarımlı süreçlerde (ITC), $\beta=dT/dt$ ısıtma hızı kontrolü değişik şekillerde gerçekleştirilebilir. Isıtma hızlarının (Lineer, Parabolik, Hiperbolik ve Ters) şekli, sonuçların değerlendirilmesinde çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır. Isıtma hızının kontrolünü sağlayan ilk devreler katı elektronik devre tasarımlarına dayanmaktayken zamanla bilgisayar sistemlerindeki gelişimine paralel olarak ısısal kontrol işlevi de bilgisayarlarla yapılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, ısıtma hızı kontrolünün bilgisayar ile sağlandığı ve sonuçların geniş analiz esnekliği içerisinde değerlendirilebildiği bir sistem tasarlanarak gerçekleştirilmiştir. Sistemin kalibrasyonu yapıldıktan sonra Seydişehir Alüminyum tesislerinden alınan farklı ticari Alüminyum numuneler üzerinde öz direncin sıcaklıkla değişimi dört nokta yöntemi ile elde edilmiştir. Sonuçlar oldukça tatmin edici bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Sıcaklık kontrol sistemi, ısıtma hızı, veri toplama ve kontrol

Design And Construction of A Programmable Low Temperature Controller System For Thermally Stimulated Processes

Abstract: In the thermally Stimulated Processes, where the control of heating rate ($\beta=dT/dt = f(t)$) is very important, this control may be achieved by various techniques. The magnitude and the shape of heating rate (i.e. linear, parabolic, hyperbolic ...) are important for either the observation or evaluation of different phenomena. A proper choice of heating rate may lead to significant simplifications. Early electronic circuits used to control the heating rate were robust circuits, then following the development of PC's the heating rate was also controlled by PC's. In this study, instead of using solid electronic control circuits, we have considered the flexibility offered by computers, and a PC based control system is designed for realizing the low temperature control system. In order to test this system, the change of electrical resistivity with temperature was measured for various commercial aluminum samples obtained from Seydişehir Aluminum plant. The results have found very satisfactory.

Key Words : Temperature Controller System, Heating rate, data acquisition and Control

¹ S.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü 42031, Kampüs/KONYA

1. Giriş

Numunenin kontrollü bir şekilde ısıtılarak veya soğutulularak belirli bir fiziksel özelliğın sürekli biçimde gözleendiğı Isısal Uyarımlı Süreçlerde, ısıtma hızı $\beta=(dT/dt)$ nın hem büyüklüğü hem de biçimi (Linear, Parabolik, Hiperbolik veya Ters) elde edilen verilerin analizinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle, bu süreçlerde ısıtma hızını sağlayacak olan sistemlerin kararlı ve tekrar edilebilir ölçümler almaya elverişli düzenekler olması gereklidir.

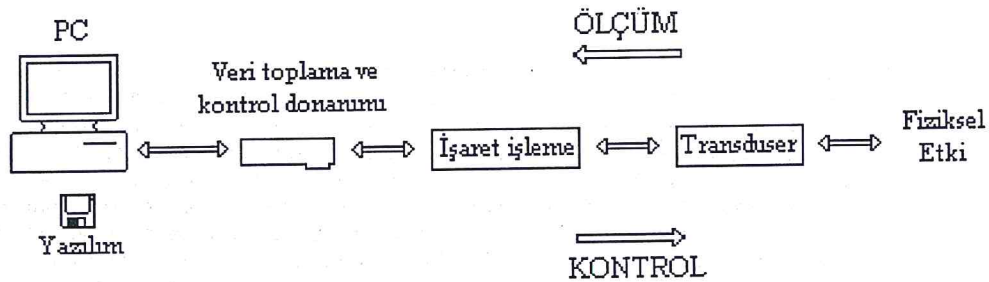
Bu amaçla bir çok araştırmacı grubu değişik ısısal uyarımlı süreçlerde ısıtma hızının kontrollü bir şekilde sağlanması amacıyla elektronik devre tasarımları ileri sürmüşlerdir [1-5]. Bu araştırmacılardan bazıları Termolüminesans (TL) ve Isısal uyarımlı akım (TSC) nin aynı anda ölçülebildiğı ve farklı lineer ısıtma hızlarının katı bir elektronik devreyle sağlandığı bir sıcaklık kontrol sistemi tasarlamışlardır. Bu üniteyi, yalıtkan katılardaki elektron tuzaklarını incelemek için kullanmışlardır [3]. Diğer bir grup ise 5 K in üzerindeki sıcaklıklarda bazı film numunelerin Isısal Uyarımlı Depolarizasyon (TSD) ölçümlere imkan veren tamamı metalden yapılmış gaz akışlı kriyostat ile sıcaklık kontrolü sağlayan bir elektriksel düzenek tasarlamışlar ve polietilen için tekrar edilebilir ölçümler almışlardır [5].

Bu çalışmada, ısıtma hızı kontrolünün katı elektronik devreler yerine bilgisayar tarafından sağlandığı bir sistem gerçekleştirilecektir. Bu sistem ile, hem ısıtma hızının ve şeklinin kolayca kontrol edilebilmesi hem de deneysel veri analizlerinin pratik bir şekilde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metod

2.1 Tasarım

Genel amaçlı bir PC tabanlı kontrol sisteminin blok şeması şekil 2.1 de verilmiştir [6,7]. Böyle bir sistem, fiziksel etkiler, algılayıcılar ve kontrol elemanları, sinyal işleme, veri toplama ve kontrol donanımı ve bilgisayar yazılımından oluşur.



Şekil 2.1. Bilgisayar tabanlı bir kontrol sisteminin blok şeması.

Fiziksel etkiler : Burada, gerçek dünya üzerinde karşılaşılan sıcaklık , basınç, hız, seviye gibi büyüklük değişimleri elektrik sinyallerine dönüştürülerek bilgisayar ortamına aktarılır. Sonra sanal ortamında oluşturulan kontrol bilgisi, tekrar elektrik sinyallerine dönüştürülerek fiziksel sistem gereken şekilde kontrol edilir.

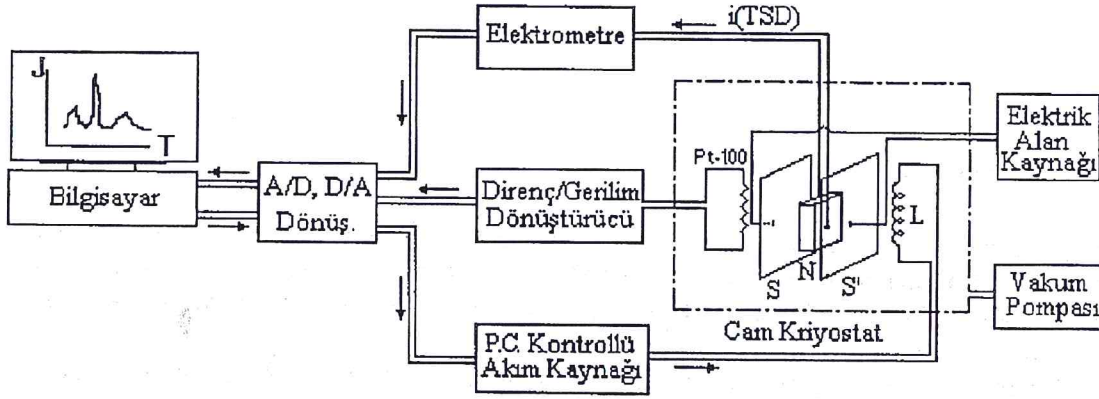
Algılayıcılar : Sözü edilen fiziksel büyüklüklerin değişimini elektrik sinyallerine dönüştüren elemanlardır. Örnek olarak pt-100 direnç termometre, termokupl v.s verilebilir.

Sinyal işleme: Algılayıcılar tarafından üretilen sinyaller Analog / Dijital (A/D) dönüştürücüye girmeden önce doğrusallaştırma, süzme, yükseltme veya ölçeklendirme gibi işlevlerin yerine getirildiği bölümdür.

Veri Toplama ve kontrol: PC nin Bus 'ına bağlanan kompleks kartlardır. Analog ve dijital (A/D veya D/A) giriş/çıkışları (I/O) bulunduran kart üzerinde ayrıca yükselteç, zaman sayıcı, bellek ve önbellek gibi katlarında bulunur.

2.2. Yapım

Isısal uyarımlı süreçler için tasarlanarak gerçekleştirilen sıcaklık kontrol sisteminin blok şeması Şekil 2.2 de verilmiştir.



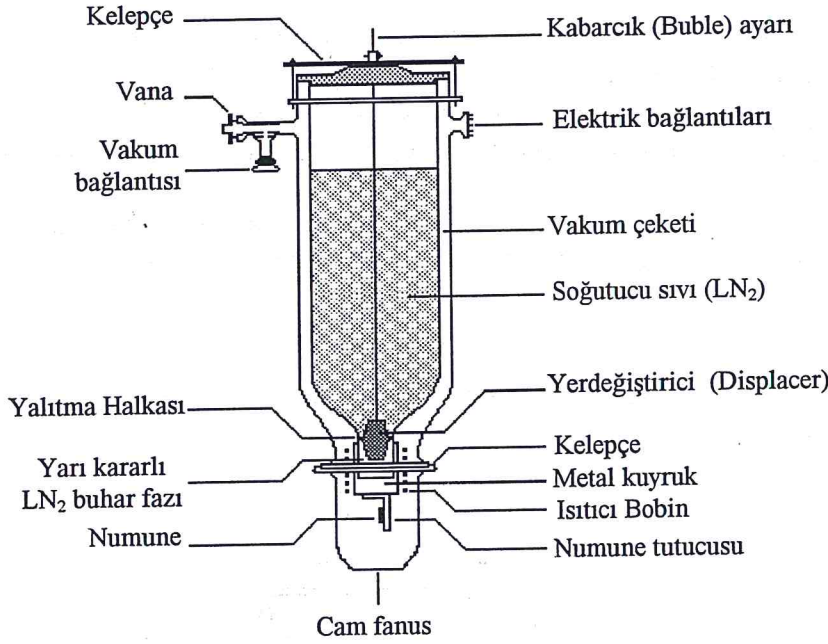
L : Isıtıcı Bobin , S,S' : Elektrik alan elektrotları , Pt-100 : Sıcaklık algılayıcı , N : Numune

Şekil 2.2 Isısal Uyarımlı süreçleri için tasarlanan Bilgisayar kontrollü düşük-sıcaklık ünitesinin blok şeması.

Numunenin bulunduğu ve sıcaklığın kontrol edildiği fiziksel ortam bir cam kriyostat tır. Deney esnasında cam kriyostatın ceketi vakum pompası ile sürekli olarak boşaltılmaktadır. Sistemde numunenin bulunduğu soğuk ucu (cold finger) soğutmak için kriyojenik sıvı olarak sıvı azot (LN_2) kullanılmıştır. Numune sıcaklığını kriyostatın soğuk ucunda bulunan standart bir Pt-100 termometre ile ölçülmektedir. Sıcaklık ile değişen $R(T)$ bilgisi Direnç/Gerilim dönüştürücü kart yardımı ile gerilime dönüştürülerek bilgisayara aktarılmaktadır. Bu gerilim bir bilgisayar programı ile değerlendirilerek ısıtıcı bobin akımını ayarlamak üzere bir kontrol bilgisi üretilir. Bu akım kontrol bilgisi, PC kontrollü akım kaynağını tetikleyerek ısıtıcı bobine gerekli miktarda akım sürülmesi sağlanır. Bu akım ile istenen numune sıcaklığı elde edilir.

Kriyostat:

Oluşturulan bu sistemde kullanılan kriyostat Karlsruhe Glastechnisches Werk firmasının üretmiş olduğu VKS-II cam kriyostat dır [8]. 50 W- 17 Ω luk ısıtıcı bobine sahip kriyostatın yapısı Şekil 2.3 verilmiştir.



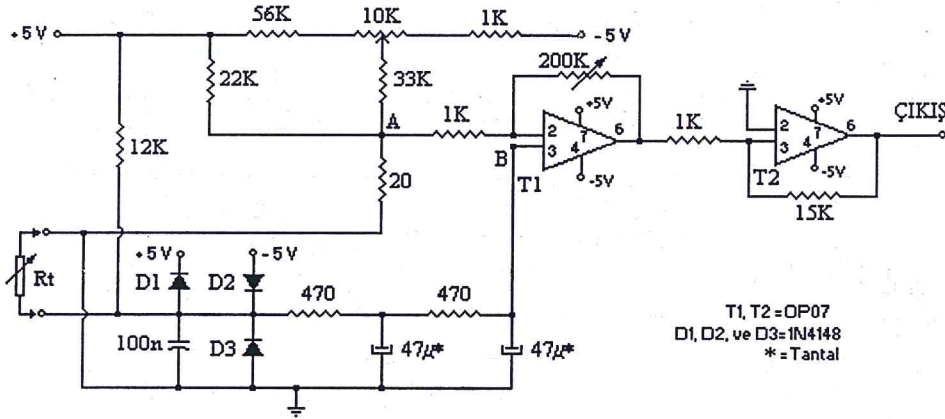
Şekil 2.3 VKS-II Kriyostatin şematik gösterimi.

Kriyostatin temel parçaları a) Kriyojenik sıvının depolandığı hazne b) Haznenin alt ucunda bulunan metal (Cu) kuyruk c) Kuyruk içine gömülü ısıtıcı bobin ile termometreler d) Kuyruğun üstüne yerleştirilmiş hava geçirmez ve kriyostat haznesinden ayrı bir şekilde tasarlanan ısısal yalıtkan yerdeğiştirici silindir.

Kriyostatin sıvı Azot ile doldurulmasının ardından yerdeğiştirici yerine yerleştirilir ve güçlü bir akımın ısıtıcı bobine uygulanması ile kararlı yarı-statik bir buhar fazı oluşturulur. Bu buhar fazı yerdeğiştiricinin hemen üzerindeki sıvının odacığa girmesini engeller. Yerdeğiştiricinin yalıtma halkası (sealing ring) sıvı ile buhar arasında görülür bir faz sınırı oluşturur. Böylece akımın değiştirilmesi ile tek fazlı buhar kabarcığının sıcaklığı, akışkanın kaynama noktasının hemen üzerindeki herhangi bir sıcaklığa kadar kolaylıkla ayarlanabilir. Sistemde hiçbir hareketli parça veya kritik ayar düzeneğinin bulunmaması kriyostatin kontrolü açısından önemlidir.

Direnç / Gerilim Dönüştürücüsü:

Tasarlanan Direnç/Gerilim dönüştürücü devresi Şekil 2.4 verilmiştir. Devre köprü ve yükselteç devrelerinden oluşmuştur. Rt direncindeki değişim köprü devresini AB uçları arasındaki bir gerilim değişimi yol açar. Oluşan değişim miliVolt mertebesinde olduğundan çift yükselt katı ile yaklaşık 3000 defa yükseltilmiştir. Bu devrenin girişine (20–100) Ω bölgesinde 0.1 Ω adımlarla direnç uygulanmış ve çıkış gerilimi, standart Pt-100 direnç termometrenin direnç-sıcaklık tablosu ile fit edilmiştir.



Şekil 2. 4 Direnç-Gerilim dönüştürücü devresi.

Sonuç olarak, okunacak olan sıcaklık

$$T = a + bV + cV^2 + dV^3 + eV^4 \quad (2.1)$$

şeklinde gerilime bağlanmıştır. Böylelikle 0.1 Ω luk direnç değişimi ortalama 8 mV luk bir değişime neden olmaktadır. Bu ise kullanılan A/D dönüştürücü kartın en küçük giriş ayırma gücünden daha büyüktür. Çıkış geriliminin kararlı olması için besleme gerilimlerinin de son derece kararlı olması gerektiği unutulmamalıdır.

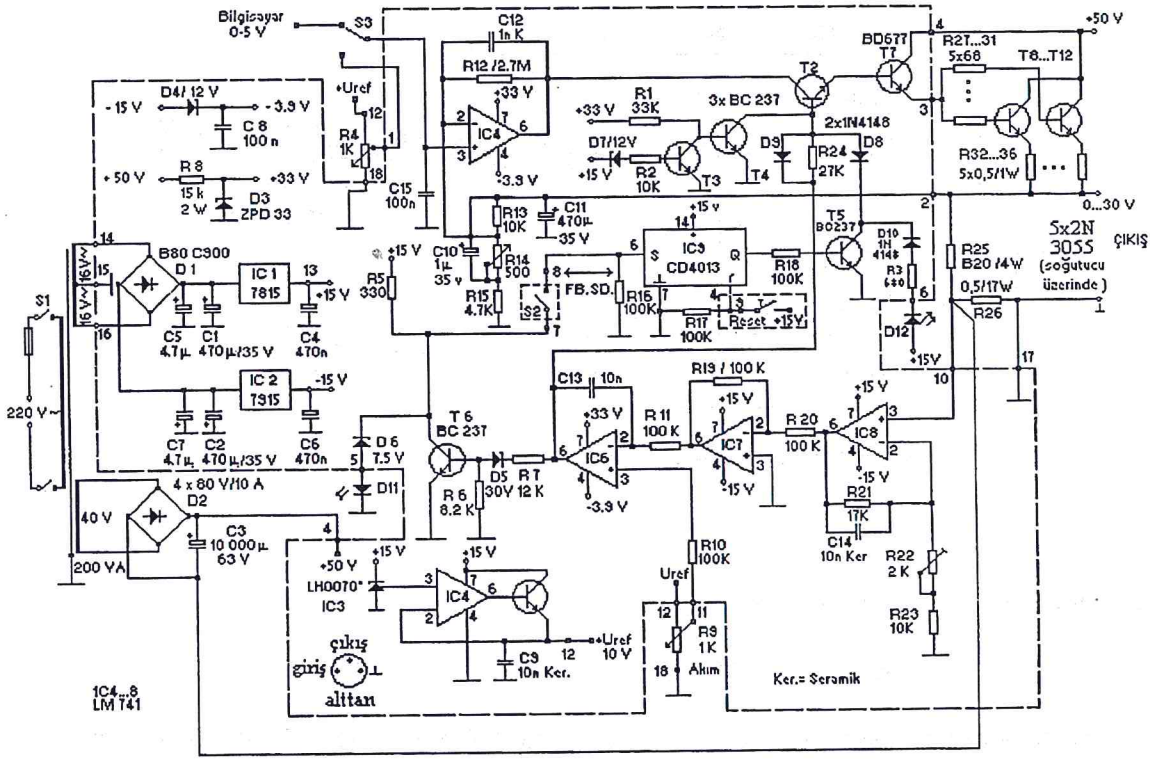
A/D , D/A Dönüştürücü Kart:

Tasarlanan sistemde, ADVENTECH firmasının üretmiş olduğu PCL812-PG çok fonksiyonlu bir A/D ve D/A dönüştürücü kart kullanılmıştır. 12 bit' lik çözünürlüğe sahip kart 16 adet analog giriş 2 adet analog çıkış 16 adet dijital giriş/çıkış kanalına sahiptir.

PC Kontrollü Akım Kaynağı:

Isısal uyarımlı süreçlerin incelendiği deneylerde, numune sıcaklığını değiştirmek için ısıtıcı bobine kontrollü bir akımın sürülmesi gereklidir. Kaynağın, bobine sürdüğü akım, kullanılan kriyostatın tasarımı ve bobinin direnci ile sınırlıdır. Bu amaçla kullanılan bir akım kaynağının açık devresi Şekil 2.5 de verilmiştir [9]. 0-30 volt, 0-5 Amper arasında ayarlanabilen bu güç kaynağı, belirlenen akım sınırının aşılması durumunda, ya akım sabit kalacak şekilde çıkış gerilimini düşürür (Fold-back), ya da çıkış gerilimini keser (Shut-down).

Isısal Uyarımlı süreçler için Programlanabilir Bir Düşük Sıcaklık Kontrol Sisteminin Tasarımı ve Yapımı

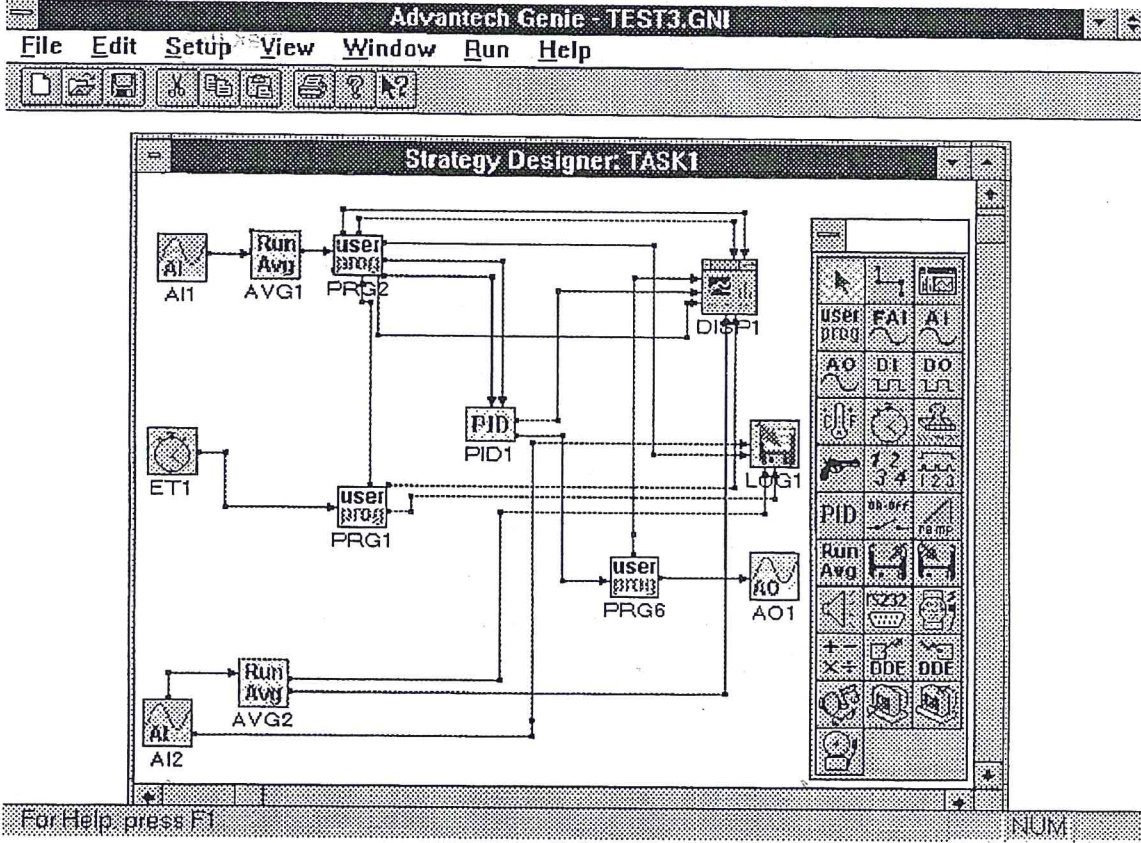


Şekil 2.5 Bilgisayar kontrollü güç kaynağının açık devresi

Çıkışa bağlı olan yükün çekebileceği akım değeri, belirlenen akım sınır değerinden düşük olmak koşuluyla, çıkış gerilimi "Reset" tuşu ile tekrar sağlanabilir.

PC Destekli Kontrol Yazılımı:

Isısal Uyarımlı Süreçlerde elde edilen spektrumların şekli ($I=I(T)$, $J=J(T)$, $\sigma=\sigma(T)$), ısıtma hızının üstel bir fonksiyonudur. Dolayısıyla sıcaklığın zamana göre değişiminin $T(t)$, hassas bir şekilde kontrol edilmesi gereklidir. Böyle bir kontrol, herhangi bir programlama dilini bilmeyi gerektirmeyen ADVANTECH GENIE Veri Toplama ve Kontrol Yazılım 2.0 kullanılarak oluşturulmuştur. Bu yazılımda kontrol, programlama blokları ile sağlanmaktadır. Bu yazılım kullanılarak oluşturulan kontrol programının blok diyagramı Şekil 2.7 de verilmiştir.



Şekil 2. 7 Kontrollü sıcaklık ortamı sağlayan programın blok diyagramı.

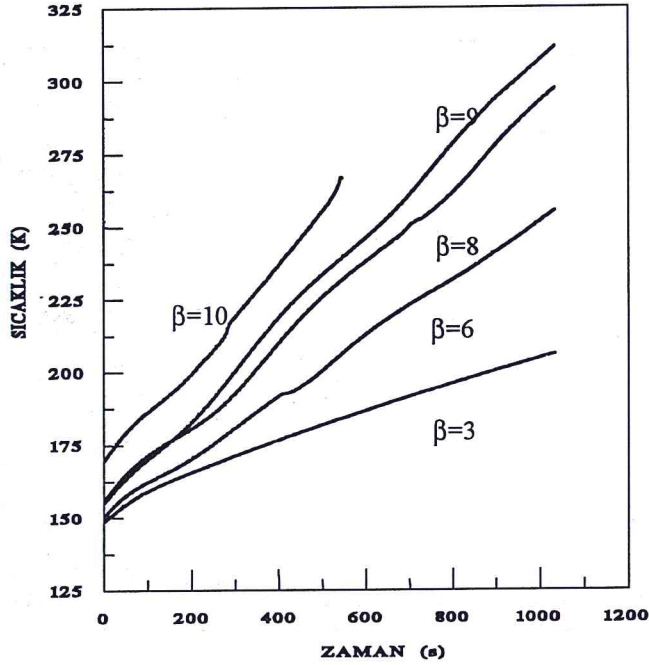
Tasarlanan Direnç/Gerilim dönüştürücü devresinin çıkışı göz önüne alınarak AI1 analog giriş aralığı ± 5 volt olarak seçilmiştir. Sıcaklık bilgisini taşıyan gerilim bu girişten alınarak, PRG2 bloğunda Denklem (2.1) yardımıyla numune sıcaklığına (santigrad ($^{\circ}\text{C}$) veya Kelvin (K)) dönüştürülür. Diğer taraftan, ET1 zaman sayıcı bloğu kullanılarak o andaki *set* sıcaklığı, $T^* = -T_0 + \beta(ET1)$ denklemi ile hesaplanır. Burada T_0 tasarlanan sistem ile inilebilen minimum sıcaklık ve β ise ısıtma hızı ($^{\circ}\text{C/s}$) dir. Hesaplanan T^* set sıcaklığı ile okunan numune sıcaklığı arasındaki fark alınarak PID kontrol bloğuna gönderilir. PID bloğu, PRG2 bloğuna geri besleme yapar ve P, I ve D parametrelerine bağlı olarak ürettiği kontrol bilgisini analog çıkışa (AO1) gönderir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Isısal uyarımlı süreçlerde, parametre belirleme yöntemleri ısıtma hızının büyüklüğü ve şekline bağlı olduğundan çeşitli ısıtma hızı fonksiyonları seçmek mümkündür. Buna rağmen bu tür çalışmaların çoğunda kararlılık ve maliyet göz önünde bulundurulduğundan Lineer ısıtma hızları tercih edile gelmiştir. Diğer taraftan β ısıtma hızının büyüklüğü için kullanışlı değerler 1 ile 10 K/dakika aralığındadır. Bu aralığı aşan β değerleri numune içinde büyük sıcaklık gradyentine yol açtığından spektrumda önemli bazı sert piklerin kaybolmasına neden olabilmektedir [10].

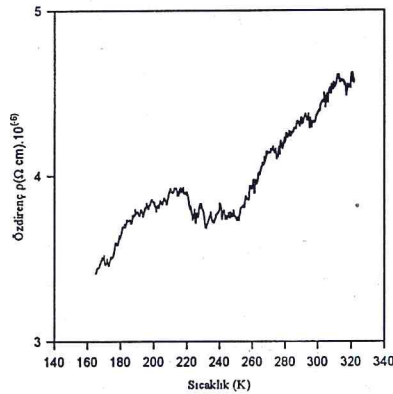
Bu çalışmada tasarlanan sistem ile kullanılan kriyostat ve vakum pompasından gelen

sınırlamalar sonucu inilebilen en düşük sıcaklık 120 K civarında kalmaktadır. Sistemin farklı lineer ısıtma hızlarını ne ölçüde sağlıklı verdiğini test etmek amacı ile ilgili aralıkta kalmak üzere, değişik β değerlerinde kontrol ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu test ölçümlerinin bir kısmı Şekil 4.1 de görülmektedir.



Şekil 4.1 Gerçekleştirilen sistem ile elde edilen farklı β ısıtma hızları.

Örnek ölçümler ise, Seydişehir Alüminyum tesislerinden elde edilen çeşitli ticari Alüminyum numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerde, öz direncin-sıcaklık değişiminin gözlenmesi 130K - 300K sıcaklık aralığında, dört nokta yöntemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değişim Şekil 4.2 de görülmektedir.



Şekil 4.2 11592-A grubuna ait ticari Alüminyum numunesinin öz direncinin sıcaklıkla değişimi

Ticari 11592-A grubuna ait Alüminyum numunesinin öz direncinin sıcaklıkla değişimi açısından literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür [11,12]. Bu işe gerçekleştirilen sistemin çalışmasının kontrolü açısından önemlidir.

Kaynaklar

1. Bayard, J., Grenet, J., Cöbat, C., Dargent, E., **Thermally stimulated depolarisation current measurements and interpretation.** IEE Proc.-Sci.Meas. Technol., 144:168-173 (1997).
2. Özdemir, S., Bozkurt, A., **Design and realization of apparatus for thermally stimulated current studies.** Doğa 11: 180 (1987).
3. Mariani, D.F., Vignola, J., **A simple unit with temperature control for simultaneous measurement of thermoluminescence and conductivity.** J. Phys. E. 15: 990-991 (1982).
4. Mills, A.A., Sears, D.W., Hearsey, R., **Apparatus for the measurement of thermoluminescence.** J. Phys. E. 10:51-56 (1976).
5. Ronarch, D. Testard, O., **A simple apparatus to measure thermally stimulated depolarisation currents above 5 K.** J. Phys. E: Sci. Instrum., 15:636-638 (1982).
6. Ayevev, T., **PC tabanlı veri toplama ve kontrol sistemleri I.** Otomasyon 63. İstanbul (1997).
7. Ayevev, T., **PC tabanlı veri toplama ve kontrol sistemleri II.** Otomasyon 64. İstanbul (1997).
8. Gmelin, E., Alpen, U.v., **A new simple variable-temperature cryostat.**, Fifth international cryogenic engineering conference (ICEC5), Germany (1975).
9. Wolfgang R., **Güçlü ve Kararlı,** Pratik Devreler : Elektronik dergisi, cilt 3, sayı 33 : 39-42 (1992).
10. Mc Jeever S.W.S., Hughes D.M., **Low temperature space charge polarization in alkali halide crystals.** J. Phys. Chem. Solids. 39:211-219 (1977).
11. Ryuji T., Keiko K., Takayuki A., Shin T., **Electrical properties of approximant phases in Al-Pd-(Fe, Ru) system.** Materials Science and Engineering 294-296: 607-610 (1999).
12. Ivkov J., and Radic N., **The electrical resistivity in Al-W amorphous alloys.** Solid state Communications, Vol. 106 No. 5 :273-277 (1998).

