

DC YÜKSEK GERİLİM BÖLÜCÜLERDE DİRENÇSEL ISINMANIN ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİNE ETKİLERİ

Serhat YILMAZ
Kocaeli Üniversitesi
E.H.S.A.M
serhaty@kou.edu.tr

Hasan DİNÇER
Kocaeli Üniversitesi
E.H.S.A.M
hdincer@kou.edu.tr

İdris HACİVELİOĞLU
Kocaeli Üniversitesi
E.H.S.A.M
idrishvo@kou.edu.tr

Anahtar Sözcükler: DC Yüksek Gerilim Bölücüler, PID Denetim, Sıcaklık Denetimi, Modelleme

ABSTRACT

As to the effect of temperature, resistive dividers for high voltages are caused to error in measurements. The most significant influence is arisen from the self-heating of the resistors. Therefore the temperature should be kept at some certain degree and the temperature coefficients of the resistors have to be approximated to zero.

In this study, a PID controller will be used to eliminate the self-heating effect, which increases uncertainties in the measurement of the resistors. The temperature is aimed to be fixed constant at 25⁰ C by the controller.

1. GİRİŞ

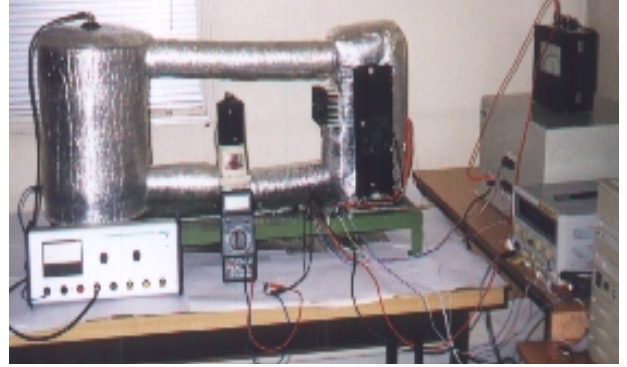
Bu çalışmada, ısı kararlılığı PID denetimiyle sağlanacak olan dirençsel bir gerilim bölücünün tasarımı verilmektedir. Bu ölçüm cihazı, 5 kV'a kadar olan DC gerilimleri çok düşük belirsizlikle ölçmek amacıyla kullanılacaktır. Sıcaklık denetimi, ölçümdeki belirsizliği arttıran ve ölçüm hatalarına neden olan dirençlerdeki ısınma etkisini büyük ölçüde ortadan kaldıracaktır.

PID denetleyici, sıcaklığı 25⁰ C'de sabit tutmaktadır. Buna ek olarak gerilim bölücü boyunca dirençler arasındaki sıcaklık farkı, 1 dereceyi geçmeyecek şekilde denetlenmektedir. Peltier elemanlarıyla soğutulan yağ, dirençlerin yerleştirildiği yalıtkan tüpe gönderilir.

2. SİSTEMİN TASARIM ÖZELLİKLERİ

10 V'un üzerindeki DC gerilimlerin hemen hemen hepsinde hatasız ölçüm için kullanılabilir tek yöntem, yüksek bir R₁ direnci ve ona seri bağlı düşük bir R₂ direncinden oluşan dirençsel gerilim bölme prensibine dayanır.

Yüksek Gerilim Bölücü Sistemi'nde sıcaklık denetimi için iki tanktan meydana gelen kapalı bir düzenek oluşturulmuştur. Sol tarafta gerilim bölücü dirençlerin yerleştirildiği, yüzeyleri yalıtılmış bir polyemil silindir bulunmaktadır.



Şekil.1. YG Bölücü Deney Düzenegi

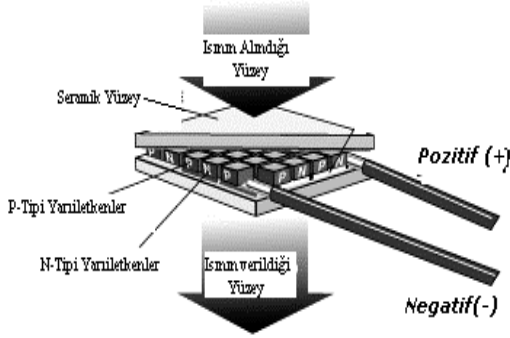
Sağ tarafta ise dirençlerin ürettiği ısıyı peltier etkili ısı pompaları aracılığıyla sistemden uzaklaştıran alüminyum soğutma tankı vardır. Soğutma tankının dış yüzeyi, peltierlerin bulunduğu kısımların dışında kalan yerler yalıtımlıdır. İçerde bulunan yağ, bir devir daim motoru ile iki tank arasında ısı iletimini sağlayan akışkan olarak kullanılmıştır.

İki tank arasındaki iletim boruları ısı yalıtımlıdır ve hacimleri ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Peltierin bir yüzeyinden alınan ısı diğer yüzeyindeki kanat aracılığıyla dış ortama iletilmektedir.

Ölçüm cihazının özellikleri aşağıdaki gibidir [6]

- En büyük gerilim 5 kV'tur
- Toplam direnç 5 MΩ'dur ve 4x1 MΩ+9x100 KΩ+10x10KΩ luk dirençlerden oluşmaktadır.
- Gerilim bölme oranı; 1 000:1'dir ve çıkışta 5V elde edilir.

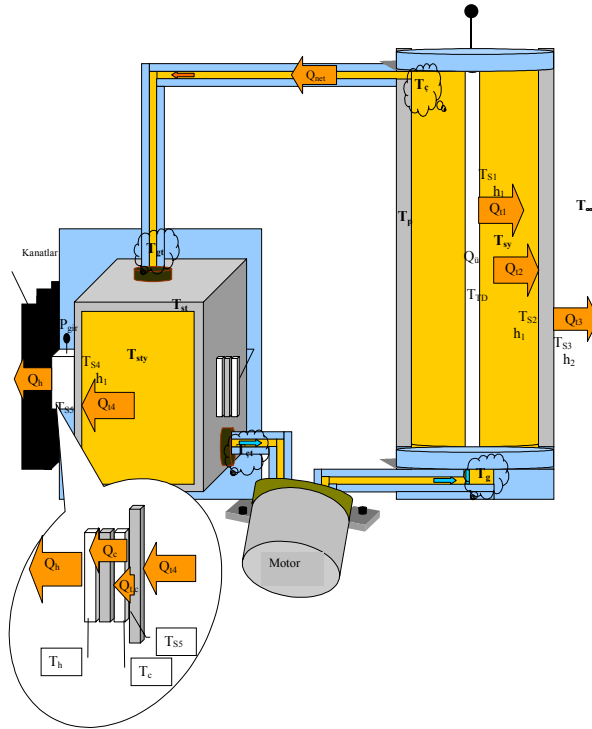
2.1.) Peltier Etkili Isı Pompaları



Şekil 2. Bir Peltier Elemanının Yapısı

Peltierler yarıiletken termoelektrik cihazlardır. Uygun bir elektrik akımında ısıtma veya soğutma yapabilirler. Isı cihazın bir yüzeyi tarafından emilir ve diğer yüzeyinden atılır. Böylece birinci yüzey soğurken ikinci yüzey ısınır. [8]

3. GERİLİM BÖLÜCÜ SİSTEMİN ISI MODELİ



Şekil 3. YG Bölücü Sisteminde Isı Dağılımı

Şekil3'te,

T_{TD} : Dirençlerin iç sıcaklığı (K),
 T_{S1} : Dirençlerin yüzey sıcaklığı (K),

T_{sy} : Silindirdeki yağın sıcaklığı (K),

T_{S2} : Silindirin iç yüzey sıcaklığı (K),

T_P : Polyemit silindirin içindeki sıcaklık (K),

T_{S3} : Silindirin dış yüzey sıcaklığı (K),

T_g : Silindire gelen akışkanın giriş sıcaklığı (K),

T_c : Silindirden çıkan akışkanın çıkış sıcaklığı (K),

T_{sty} : Soğutma tankındaki yağın sıcaklığı (K),

T_{S4} : Soğutma tankının iç yüzeyinin sıcaklığı (K),

T_{st} : Soğutma tankının içindeki sıcaklık (K),

T_{∞} : Dış ortamın sıcaklığı (K),

T_{gt} : Soğutma tankına gelen akışkanın giriş sıcaklığı (K),

T_{ct} : Soğutma tankından çıkan akışkanın çıkış sıcaklığı (K),

T_{S5} : Soğutma tankının dış yüzeyinin sıcaklığı (K);

T_C : Peltierin soğuk yüzeyinin sıcaklığı (K)

T_h : Peltierin sıcak yüzeyinin sıcaklığı (K)

T_k : Kanatçığın sıcaklığı (K)'dir.

Enerjinin korunumu yasasına göre;

- Dirençler üzerinde depolanan ısı;

$$C_{TD} \frac{dT_{TD}}{dt} = Q_{ii} - Q_{r1} \quad (1)$$

Burada;

Q_{ii} : Üretilen ısı (W) ve

$$Q_{r1} = \frac{T_{S1} - T_{sy}}{R_1} : \text{Dirençlerden akışkana}$$

taşıyımına geçen ısıdır (W).

- Silindir içindeki akışkanda depolanan ısı;

$$C_{sy} \frac{dT_{sy}}{dt} = Q_{r1} - Q_{r2} + Q_g - Q_c \quad (2)$$

Burada;

$$Q_{t2} = \frac{T_{sy} - T_{S2}}{R_2} : \text{Akışkandan silindire}$$

taşınımla geçen ısıdır (W).

$$Q_g = m c_y T_g : \text{Silindire giren ısı (W)}$$

$$Q_{\zeta} = m c_y T_{\zeta} : \text{Silindirden çıkan ısı (W)}$$

m: Kütleli akış hızıdır (kg/s)

T_g : Silindirin giriş noktasındaki sıcaklık

T_{ζ} : Silindirin çıkış noktasındaki sıcaklık olmak üzere

$$\Delta T = T_g - T_{\zeta} \quad \text{olarak ifade edilirse ;}$$

$Q_{net} = m c_y \Delta T$: Silindirden zorlamalı taşınımla uzaklaştırılan net ısı (W) olur. $T_g < T_{\zeta}$ olduğundan işareti (-) olarak alınabilir, bu durumda silindirden ısı çekileceği görülmektedir. Böylece denklem;

$$C_{sy} \frac{dT_{sy}}{dt} = Q_{t1} - Q_{t2} - Q_{net} \quad (3)$$

şeklini alır.

- Polyemit silindirin yan duvarlarında depolanan ısı;

$$C_{ps} \frac{dT_p}{dt} = Q_{t2} - Q_{t3} \quad (4)$$

Burada;

$$Q_{t3} = \frac{T_{S3} - T_{\infty}}{R_3} : \text{Silindirden çıkan ısı (W)'dir.}$$

1.1.1. Soğutucu Tank Kısmında Isının Dağılımı:

- Soğutucu tank içindeki akışkanda depolanan ısı;

$$C_{sty} \frac{dT_{sty}}{dt} = Q_{gt} - Q_{\zeta t} - Q_{t4} \quad (5)$$

Burada;

$$Q_{t4} = \frac{T_{sty} - T_{S4}}{R_4} : \text{Soğutma Tankındaki akışkandan}$$

soğutma tankına taşınımla geçen ısıdır (W).

Soğutma tankına giren net ısı, silindirden zorlamalı taşınımla uzaklaştırılan net ısıya eşit olacaktır ;

$$Q_{netst} = -Q_{net} = -m c_y \Delta T \quad (6)$$

Böylece denklem (5);

$$C_{sty} \frac{dT_{sty}}{dt} = Q_{net} - Q_{t4} \quad (7)$$

şekline dönüşür.

- Soğutucu tankın gövdesinde depolanan ısı;

$$C_{st} \frac{dT_{st}}{dt} = Q_{t4} - Q_{t,c} \quad (8)$$

Burada;

$$Q_{t,c} = \frac{T_{S5} - T_C}{R_{2t,c}} : \text{Soğutma tankının dış yüzeyinden,}$$

peltierin temas eden soğuk yüzeyine geçen ısıdır (W).

$R_{t,c}$ çok düşük olduğundan $T_{S5} \cong T_C$ 'dir. Soğutma tankının dış yüzeyindeki ısının tamamı peltierin soğuk yüzeyinden peltierin sıcak yüzeyine aktarılır. Bu nedenle $Q_{t,c}$ yerine doğrudan peltier tarafından sistemden çekilen ısı yük olan Q_C kullanılabilir. Peltierin katalog bilgilerinden;

$$Q_C = Q_{enb} \left(1 - \frac{T_h - T_c}{\Delta T_{enb}} \right) \quad \text{peltier tarafından yüzeyden}$$

çekilen ısı yük bulunur (W);

Böylece denklem (5)'in yeniden düzenlenmiş hali şöyle olur;

$$C_{st} \frac{dT_{st}}{dt} = Q_{t4} - Q_C \quad (9)$$

- Peltierin girişine verilen elektriksel güç;

$$P_{gir} = Q_h - Q_C \quad \text{’dir.}$$

Burada;

$$Q_h = \frac{T_h - T_\infty}{R_k} \quad \text{: Peltier tarafından sıcak yüzeyden}$$

ortama iletilen toplam ısıdır (W);

Eğer,

$$x_1 = T_{TD} \cong T_{S1}, \quad x_2 = T_{sy} = T_c,$$

$$x_3 = T_p \cong T_{S2} \cong T_{S3}, \quad x_4 = T_{sty} = T_g$$

$$x_5 = T_{st} \cong T_{S4} \cong T_{S5} \cong T_c, \quad \text{ve } x_6 = T_h \cong T_k$$

durum değişkenleri olarak düşünülürse gerekli kabullenmeler yapıldıktan sonra, sistemin durum denklemleri düzenlenerek aşağıdaki ısı modeli oluşturulur.

$$\dot{x}_1 = \frac{1}{C_{TD}} \left[Q_{ii} - \frac{1}{R_1} (x_1 - x_2) \right] \quad (10)$$

$$\dot{x}_2 = \frac{1}{C_{sy}} \left[\frac{1}{R_1} (x_1 - x_2) - \frac{1}{R_2} (x_2 - x_3) + m c_y (x_2 - x_4) \right] \quad (11)$$

$$\dot{x}_3 = \frac{1}{C_{ps}} \left[\frac{1}{R_2} (x_2 - x_3) + \frac{1}{R_3} (T_\infty - x_3) \right] \quad (12)$$

$$\dot{x}_4 = -\frac{1}{C_{sty}} \left[\frac{1}{R_4} (x_4 - x_5) + m c_y (x_2 - x_4) \right] \quad (13)$$

$$\dot{x}_5 = \frac{1}{C_{st}} \left[-Q_{enb} - \frac{1}{R_4} (x_4 - x_5) - \frac{Q_{enb}}{\Delta T_{enb}} (x_5 - x_6) \right] \quad (14)$$

$$\dot{x}_6 = \frac{1}{C_k} \left[\frac{Q_{enb}}{\Delta T_{enb}} (x_5 - x_6) + \frac{1}{R_k} (T_\infty - x_6) + P_{gir} + Q_{enb} \right] \quad (15)$$

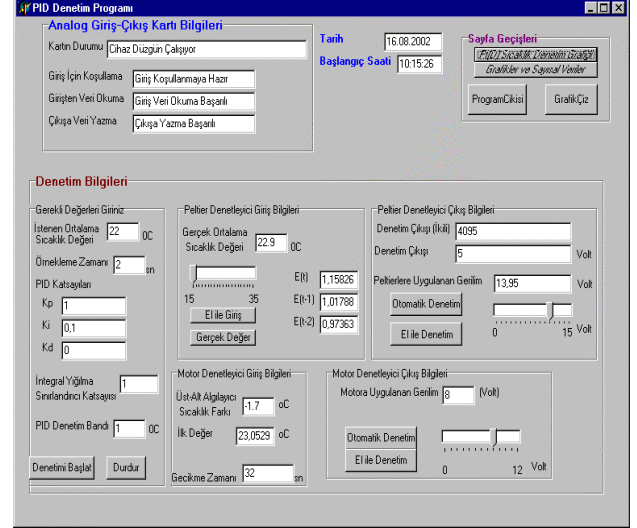
Giriş olarak peltierlere uygulanan P_{gir} gücü, çıkış olarak ise dirençlerin bulunduğu silindir tanktaki yağın sıcaklığı T_2 alınır. Motor hız denetimi için de benzer şekilde motor hızı m giriş, üst ve alt sensörler arasındaki sıcaklık farkı ΔT çıkış olarak alınır.

4.ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİNİ AZALTMAK İÇİN SICAKLIK DENETİMİ

5 kV’luk DC YG Ölçüm Düzenliğinin sıcaklığını denetleyebilmek için bir PID Denetim Programı hazırlanmıştır. Program, 12 bitlik bir ADC-DAC kartı

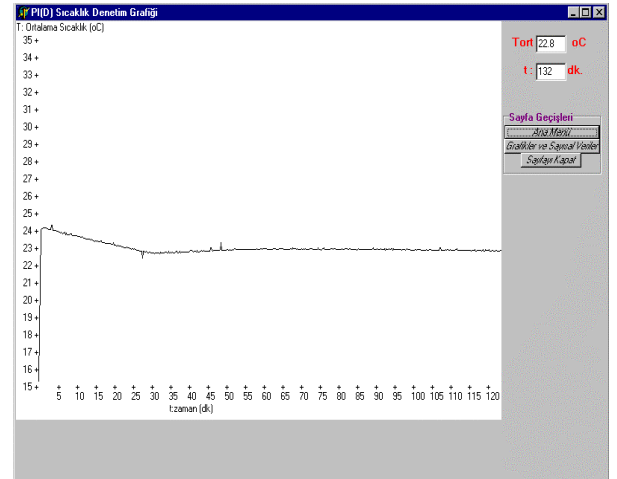
yardımla 6 ayrı noktadan sıcaklık bilgisi alır. Peltierleri ve devir daim motorunu denetlemek için iki ayrı denetim işareti üretir. Kartın denetim çıkışlarından biri, bilgisayar denetimli 0-12V (0-2A)’lık güç kaynağı ile motoru sürer. Diğer çıkış, 0-14.5V(0-15A)’lık başka bir kaynak üzerinden peltierleri sürer.

Modelden yararlanılarak PID katsayıları belirlenir.

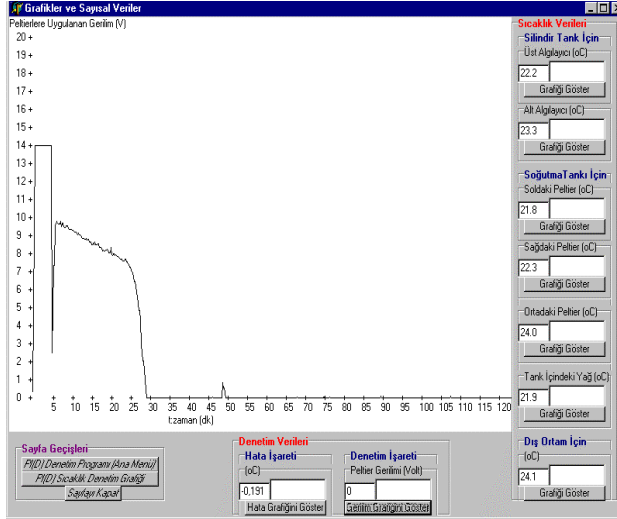


Şekil.4. PID Denetim Programı Giriş Arayüzü

Sistemin sıcaklık denetimine ilişkin deneysel ölçüm sonuçlarından bazıları aşağıda verilmiştir.



Şekil.5. YG Bölücünün Bulunduğu Tankın Ortalama Sıcaklığı



Şekil6. Peltierlere Uygulanan Gerilim

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, gerilim bölücü sisteminde belirsizliği azaltmak için dirençlerin ısınması denetim altına alınmaya çalışılmıştır. PI denetim ile ($K_d=0$), sıcaklık istenen belirli bir değerde tutularak direnç değerlerindeki ve gerilim bölme oranlarındaki değişime azaltılmıştır.

Belirsizliği daha çok azaltmak için PI denetimdeki salınımları ortadan kaldırmak gerekir. Bu çalışmada iki adet 51.4W'lık, bir adet 33.4 W'lık peltier kullanılmıştır. Peltier elemanlarının sayısı artırılarak daha etkin ve daha hızlı soğutma sağlanabilir. Bunun dışında, kaçak akımlardan, koronadan ve elektromanyetik etkilerden kaynaklanan belirsizliklerin denetim altına alınması ölçümdeki doğruluğu arttırmada etkili olacaktır.

Teşekkür: Yazarlar, katkılarından dolayı, Sn. Okan YILMAZ, Sn. Saliha S. TURHAN, Sn. Ahmet MEREV ve Sn. Yakup GÜLMEZ'e teşekkürlerini sunar.

6. REFERANSLAR

- [1] J.H. Park, "Special Shielded Resistor for High-Voltage D-C Measurements", Journal of Research of the National Bureau of Standards-C. Engineering and Instrumentation, January 1962, pp.19-24
- [2] N.F. Ziegler, "Dual Highly Stable 150-kV Divider", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Nov.1970, pp.281-285
- [3] C.B. Childers, R. Dziuba, L. Lee, "A Resistive Ratio Standard for Measuring Direct Voltages to 10 kV", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Dec.1976, pp.505-508

- [4] D. Peier, V. Graetsch, "A 300 KV DC Measuring Device with High Accuracy", Third International Symposium on High Voltage Engineering, August 1979, pp. 1-4
- [5] Wu S.L., K. Schon, "Investigation into The Self-Heating Effect of HV DC Dividers", Fifth International Symposium on High Voltage Engineering, August 1987, pp. 1-4
- [6] K. Shimizu, T. Inoue, K. Shishido, M. Miyakoda K. Yonesu, K. Nagai, H. Hirayama, "Development of HV DC Standard in the JEMIC, International Symposium on High Voltage Engineering, 1999
- [7] M.Russo, "FuGeNeSys- A Fuzzy Genetic Neural System for Fuzzy Modelling, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 6, No 3, August 1998, pp.373-388
- [8] <http://www.tellurex.com>
- [9] D. Halliday, R. Resnick, "Physics for Students of Science and Engineering", John Wiley & Sons, Tokyo, 1962
- [10] Fousett L.,1994. Fundamentals of Neural Networks Architectures, Algorithms, and Applications. Prentice-Hall Inc.,New Jersey