

MİKRODENETLEYİCİLİ SMPS VE KONTROL SİSTEMİNİN TERMOELEKTRİK UYGULAMALARI

^aRaşit AHISKA, ^aYılmaz SAVAS, ^bHakan IŞIK,
^aGazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik -Bilgisayar Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA
^bOndokuz Mayıs Üniversitesi, Amasya Meslek Yüksek Okulu,
0504, AMASYA

ÖZET

Birçok termoelektrik uygulamalarda, sıcaklık kontrolü belirleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Buradaki temel problem, sistemin sıcaklığının hassas biçimde ölçülmesi ve kontrol edilmesidir. Buna göre, kontrol sisteminin, sıcaklık kararlılığı açısından kullanılan sensörlerin doğrusal seçilmesi önemlidir. Bu çalışmada, çıkış gerilimi sıcaklığa göre değiştirilebilir özelliğe sahip olarak geliştirilmiş olan Mikrodenetleyicili Sıcaklık Kontrollü SMPS (Anahtarlama Modlu Güç Kaynağı) sistemine bir kontrol sistemi eklenmiş ve gerçekleştirilen sistem, üç farklı termoelektrik sistemine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçların, termoelektrik sistemlerin çalışma standartlarına uygun olduğu tesbit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: SMPS, Mikrodenetleyici, Termoelektrik Sistemler, Sıcaklık kontrolü

THERMOELECTRIC APPLICATIONS OF CONTROL SYSTEM AND SMPS WITH MICROCONTROLLER

ABSTRACT

Controlling of temperature is one of the most selective factors in the most of thermoelectric applications. The main problem is to measure temperature very sensitively and to control it. To overcome this problem, linear sensors must be chosen and the overall system must be stable. In this study, a control system has been added to the SMPS (Switching Mode Power Supply) system, which is with temperature controller with microcontroller which has been developed getting a principal to change out voltage according to the temperature and the realized system have been applied to three different thermoelectric systems. The results obtained are seen to be suitable for the standards.

Key words: SMPS, Micro controller, Thermoelectric Devices, Temperature control

1. GİRİŞ

Birçok elektronik sistemde ve termoelektrik uygulamalarda, sıcaklık kontrolü belirleyici bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Buradaki temel problem sistemin sıcaklığının hassas bir biçimde ölçülmesi ve kontrol edilmesidir. Buna göre kontrol sisteminin sıcaklık kararlılığı açısından, kullanılan sensörlerin doğrusal seçilmesi önemlidir (1,2,3). Termoelektrik sistemlerde giriş parametresi akım ve gerilim, çıkış parametresi sıcaklık olduğundan, termoelektrik modülün girişindeki DC akım ve gerilim, çıkışındaki sıcaklığa göre ayarlanabilmeli ve kontrol edilebilmelidir (4). Termoelektrik sistemlerin uygulamasındaki temel problemi çözebilmek için sıcaklık kontrollü ayarlanabilir, yüksek güçlü, verimi yüksek, dalgalanma ve regülasyonu düşük besleme sistemlerinin tasarımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tip besleme sisteminin gerçekleştirilmesi durumunda sadece termoelektrik sistemlerde değil, birçok elektronik ve bil-

gisayar donanım sistemlerinde de kullanılması mümkün olacaktır.

Bu amaçla, öncelikle termoelektrik uygulamalarda kullanılmak üzere "Mikrodenetleyicili Sıcaklık Kontrollü SMPS Sistemi" tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma esnasında, gerçekleştirilen SMPS sistemine, bir kontrol sistemi eklenerek değişik bölgelerdeki termoelektrik modüllerin sıcaklık kontrolü yapılmıştır. Mikrodenetleyici kullanılarak gerçekleştirilen kontrol sistemi ile 7 ayrı bölgeye ait termoelektrik modül ve bu modüllerin sıcaklığını algılayan sensör seçilebilmektedir. Seçilen bölgeye ait sıcaklık değeri bir LCD ekranda görülebilmektedir ve yine bu bölgeye ait sıcaklık ayar değeri, tasarlanan key-pad'den ayarlanabilmektedir, bu ayar değeri de aynı ekranda görülebilmektedir. Seçilen bölgedeki modülün sıcaklığı oransal olarak kontrol edilebilmektedir. Tasarlanan sistemde, Termoelektrik sistemlerde soğutma amaçlı gerekli olan devir daim su kontrolü da bulunmaktadır. Sistemde yeterli miktarda su bulunmadığında ve sensör hatalarında, alarm sis-

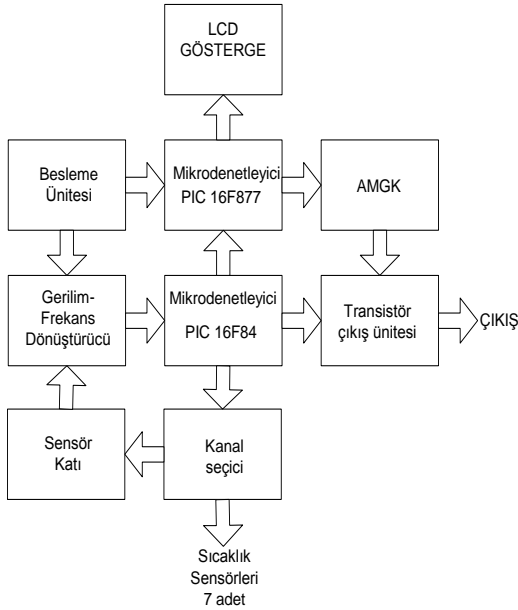
temi etkin olmakta ve sesle uyardır. Hata çeşidi de LCD ekranda görülebilmektedir. Ayrıca sıcaklık değerinin tehlikeli sınırları sisteme girilirse ve sıcaklık değeri tehlikeli sınırlara ulaştığında alarm sistemi yine etkin olmaktadır.

Bu çalışmada, gerçekleştirilen besleme ve kontrol sistemi sistemi, üç farklı termoelektrik sistemine uygulanmıştır.

2. YAPIMI GERÇEKLEŞTİRİLEN KONTROL SİSTEMİ

Termoelektrik sistemlerde giriş parametresi akım ve gerilim, çıkış parametresi sıcaklık olduğundan, girişteki DC akım ve gerilim, çıkıştaki sıcaklığa göre ayarlanabilmeli ve kontrol edilebilir (1,4).

Bu amaçla, Termoelektrik uygulamalarda kullanılmak üzere gerçekleştirilen "Mikrodenetleyicili, Sıcaklık Kontrollü SMPS Sistemine bir kontrol sistemi eklenmiştir" Besleme ve kontrol sistemi için Şekil 1'de görülen temel blok diyagram kullanılmıştır.



Şekil 1. Tasarlanan sistemin blok şeması

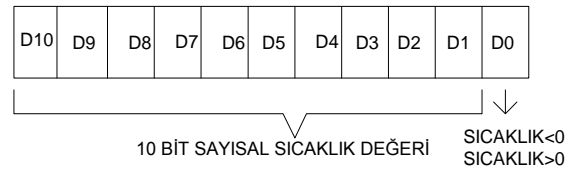
Tasarlanan sistem, 9 ayrı kısımdan oluşmaktadır. Oluşturulan key-pad ile, sıcaklığı algılayacak olan termoelektrik modül, buna ait sıcaklık değeri ve alarm değeri sisteme girilir. Sıcaklık sensörü, modülün sıcaklığını algılayarak gerilim – frekans dönüştürücüye besler. Sıcaklık sensörünün çıkışı 0 °C'de 2,73 V'tur ve bu değer her 1 °C'lik artışta 10 mV değişmektedir. Algılanan sıcaklık

değerinin mikrodenetleyiciyi de sayısal olarak işlenmesi amaçlandığı için bu gerilim değeri, bir gerilimden frekansa dönüştürücü ile frekans değerine dönüştürülmüştür (Şekil 3). Tablo 1' den de görüldüğü gibi gerilim - frekans dönüştürücü analog devre çıkışındaki frekans 0 °C'de 2730 Hz olarak algılanmakta ve her 0,1 °C'lik artışta ise 1 Hz'lik değişim göstermektedir.

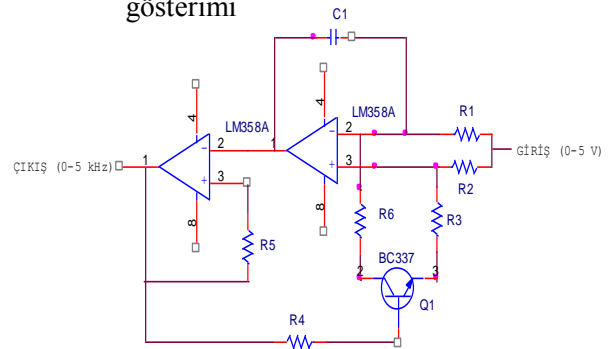
Tablo 1. Sensörden algılanan sıcaklık değerine karşılık, V/F devresi çıkışındaki elde edilen frekans değerleri

Sensörden algılanan sıcaklık (°C)	Sensörden algılanan gerilim (V)	V / F dönüştürücü çıkışı (Hz)
-70	2,03	2030
0	2,73	2730
+70	3,43	3430

Elde edilen gerilim ve frekans değerleri doğrudur. Sensörden elde edilen sıcaklığa karşı gelen frekans değeri, mikro denetleyici (PIC16F84) içinde uygun bir yazılımla 0 °C'nin karşılığı olan 2730 Hz'den çıkartılır. Bu değer +700 ile -700 Hz arasında değişmektedir. Bu değer sayısal 10 bit olarak ilk mikrodenetleyici çıkışından (PIC16F84) elde edilir ve ikinci mikrodenetleyiciye (PIC16F877) beslenir (Şekil 1). 11'nci bit (D0), ölçülen sıcaklığın 0 °C' den büyük mü , yoksa küçük mü olduğunu göstermektedir. 11'nci bit "1" ise ölçülen sıcaklığın sıfırdan büyük olduğunu, "0" ise sıfırdan küçük olduğunu gösterir. Örneğin +70 °C sayısal olarak (1010111001) olarak veya -70 °C (1010111000) olarak kodlanır. Bu aşamada sıcaklık sayısal olarak 10 bit halinde ifade edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Ölçülen sıcaklığın 11 bit sayısal olarak gösterimi



Şekil 3. Sistemde kullanılan V/F dönüştürücünün prensip şeması

Sistemde gerilimden frekansa dönüştürücü olarak Şekil 3'deki analog devre kullanılmıştır. Giriş gerilimi ile çıkış frekansı arasındaki bağıntı 1 no lu Eşitlikte gösterilmiştir.

$$f = \left(\frac{1}{R_1 C_1} \right) \frac{E_i}{V_{ref}} \quad (1)$$

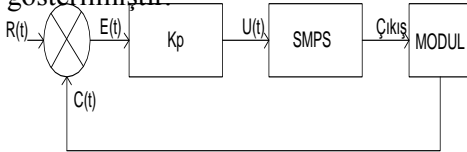
burada;

E_i = giriş gerilimi (sensör çıkışı), V

V_{ref} = referans gerilimi, V

f = V/F analog devre çıkış frekansı, Hz

Devrede R_1 10 K Ω , C_1 10 nF ve V_{ref} değeri 10 V olarak seçilmiştir. 10 bitlik sayısal değer olarak, birinci Mikrodenetleyici (PIC16F84) çıkışından elde edilen sıcaklık değeri, ikinci mikrodenetleyiciyi (PIC16F877) besler (Şekil 1). Uygun yazılımla PIC 16F877 içinde her bölgenin ayar değeri için ayrı ayrı (7 adet) 0-700 arasında up-down olarak ayarlanabilen 10 bitlik bir sayıcı oluşturulmuştur. Her bölgenin sıcaklık değeri kendi sayacından ayar edilir. Bu değer, sisteme key-pad'den girilir. Mikrodenetleyici de oluşturulan uygun bir yazılımla, ayar değeri ile sıcaklık değerinin farkı alınır. Fark değeri yine uygun bir yazılımla sistemin oransal kazanç ile çarpılır. Oransal kazanç değeri key-pad'den girilir. Elde edilen bu oransal gerilim SMPS'in görev süresini (duty - cycle) değiştiren kontrol gerilimi olarak kullanılır. SMPS'in kontrol gerilimi oransal olarak değiştirilerek, çıkışı geriliminin oransal olarak değişimini sağlar. Elde edilen oransal SMPS çıkış gerilimi, seçilen bölgedeki termoelektrik modülü besler. Sistemin kontrol döngüsü Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Sistemin oransal sıcaklık kontrol döngüsü

burada ;

$R(t)$: Set edilen sıcaklık değeri,

$C(t)$: Ölçülen sıcaklık değeri,

$E(t)$: Hata değeri,

K_p : Oransal kazanç,

$U(t)$: Sistemin çıkışı (oransal kontrol gerilimi)

$$E(t): R(t)-C(t) \quad (2)$$

$$U(t):E(t).K(p) \quad (3)$$

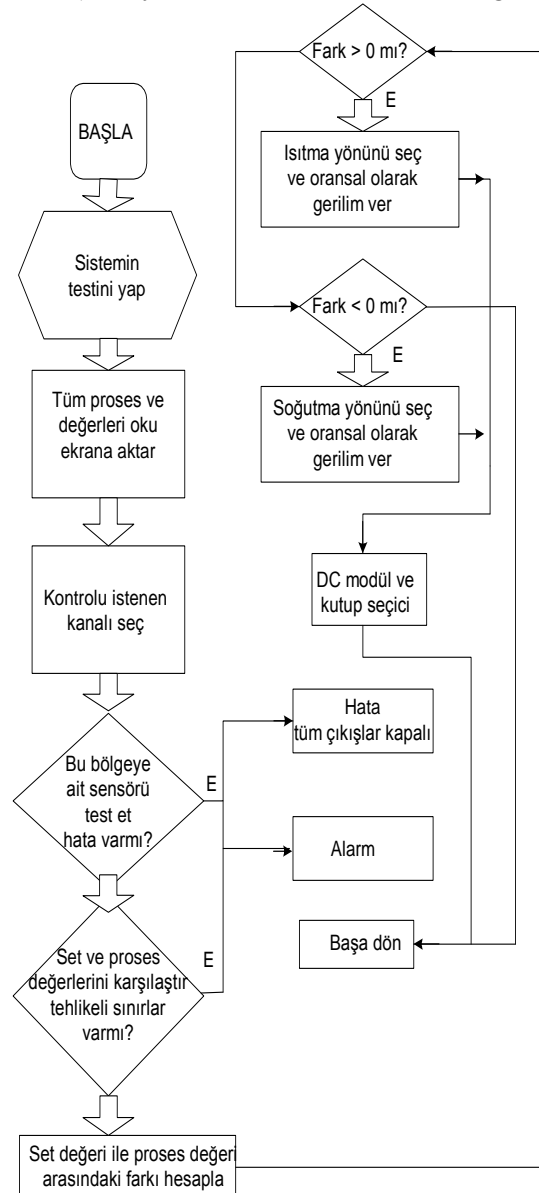
$U(t)$: $[R(t)-C(t)].K_p$

Şekil 5. Gerçekleştirilen kontrol sistemine ait akış şeması

(4)

Sisteme istenilen sıcaklık değeri $R(t)$ bir key-pad ile girilir. Termoelektrik modülün sıcaklığı $C(t)$ sensör tarafından algılanır. 2 no'lu Eşitliğe bakıldığında bu iki sıcaklık farkından $E(t)$ hata sinyali elde edilir. Sistem sıcaklığı set değerine yaklaştıkça $C(t)$ oransal artmakta ve $U(t)$ çıkışını oransal olarak azaltmaktadır. Oransal olarak değişen $U(t)$ çıkışı, SMPS'in kontrol devresinde kontrol gerilimi olarak kullanılmaktadır. SMPS'in kontrol gerilimi oransal olarak değiştiğinden, çıkışı da oransal olarak değişim göstermektedir. K_p oransal kazançtır ve oransal bandı göstermektedir.

Seçilen bölgedeki termoelektrik modülün ısıtma veya soğutma yönü transistör çıkış ünitesi ile seçilip, modül bu ünite üzerinden beslenmiştir (Şekil 1). Ayrıca sensörlerden alınan gerilim



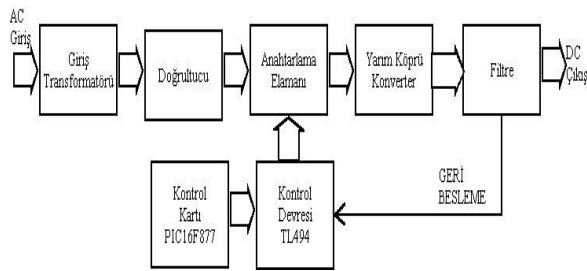
değeri 0 °C' de 2.73 V verecek şekilde ayarlanması gerekir. Bu ayar işlemi için, sensör katında her kanalda bir işlemsel yükselteç kullanılır. İşlemsel yükseltecin kazancı, bir dirençle değiştirilerek ayar işlemi yapılmıştır. Kontrol sistemine ait akış şeması Şekil 5' de verilmiştir.

Sistemde ayrıca termoelektrik sistemlerde gerekli yüzey soğutmasını yapacak bir devir daim su sistemi de bulunmaktadır. Bir kondanser de, oda sıcaklığı seviyesine düşürülen su, bir devir daim pompası ile termoelektrik modülün sıcak yüzeyinden dolaştırılarak, modülün yüzey sıcaklığı (T_H) oda sıcaklığında sabit tutulur.

Seçilen sensör, sıcaklık ayar değeri, ölçülen sıcaklık değeri, termo-elektrik modülün çektiği akım ve gerilim değeri bir LCD göstergeden izlenebilir Sistem +70 °C ile -70 °C arasında çalışabilme özelliğine sahiptir. Sistemin besleme gerilimi 220V, 50 Hz'dir. Sistemin ısıtma veya soğutma gücü 600 W'dır. Küçük bir değişiklikte ambulans ve helikopter gibi nakliye araçlarında da kullanılabilir hale getirilebilir.

2.1. Anahtarlama Modlu Güç Kaynağı (SMPS)

Sistemde kullanılacak Termo-elektrik elamanlar yaklaşık 40A akım çekebilmektedir. Bu amaçla öncelikle 0-12V, 0-50A değerlerine sahip bir SMPS tasarlanmıştır. SMPS' e ait blok şema Şekil 6'da verilmiştir.



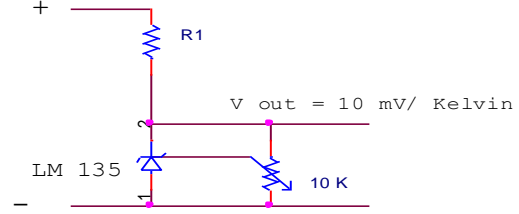
Şekil 6. SMPS'in blok şeması

Kontrol devresi TL 494 entegre devresi ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol devresi ise sistemdeki mikrodenetleyici (16F877) ile kontrol edilmiştir .

2.2. Entegre Devre Sıcaklık Sensörleri

Entegre devre teknolojisinde son yıllardaki gelişmeler, sıcaklık algılayan ve kontrol eden entegre devrelerin geliştirilmesine yol açmıştır (5). Piyasaya sürülen (The National Semiconductor firmasının ürettiği) LM135, LM235 ve LM335

entegre devreleri buna tipik bir örnektir, devreye bir zener diyot gibi bağlanırlar (Şekil 7), çıkış gerilim-sıcaklık katsayısı 10 mV/ °K dir, ölçme aralığı (-135, 150 °C) arasında olup, doğrusaldır. Çıkış gerilimi 0 °C'de 2.73 V'dur.



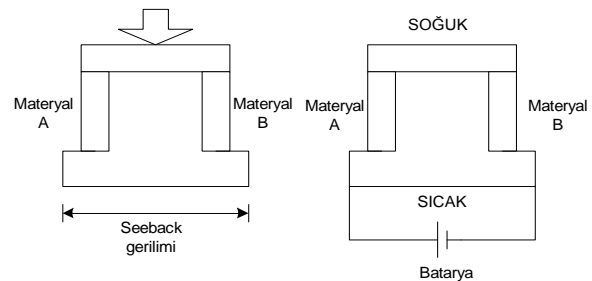
Şekil 7. Entegre devre sıcaklık sensörünün devreye bağlantısı

2.3. Termoelektrik Modüller ve Devreler

Seeback 1822 yılında; iki farklı materyalden oluşan kapalı bir devrede, iki jonksiyon farklı sıcaklıklarda tutulduğunda, devreden bir akım aktığını gözlemledi. Bu gözlemini değişik materyaller kullanarak tekrarladı ve sonuçları seri halde yayınladı (6). 1833 yılında peltier ters etkiyi, yani iki farklı materyalden oluşan kapalı bir devreden akım geçirildiğinde, jonksiyonlardan birinin ısıyı absorbe ederken diğerinin ısı açığa çıkardığını gözlemledi (4).

Yıllarca bu etkilerin pratik uygulamaları sadece Seeback etkisinin, sıcaklık ölçümünde termokupul olarak kullanımıyla sınırlı kaldı. Çünkü metaller küçük Seeback katsayısına sahiptiler. Transistör ve diğer yarı iletken materyallerin keşfi ile bu yolda önemli adımlar atıldı ve yarı iletken fabrikasyona uygun, başarılı sonuçlar alınabilen Peltier elemanlar geliştirildi.

A ve B gibi iki farklı materyalden oluşmuş bir kapalı devreden I akımı geçirilirse, birim zamanda absorbe edilen veya açığa çıkarılan ısı miktarı, I akımı ile doğru orantılıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Seeback ve Peltier devresi

$$Q = \pi_{AB} \cdot I \quad (5)$$

burada;

Q = Birim zamanda transfer edilen ısı miktarı, W

π_{AB} = A ve B materyalleri için Peltier sabiti, V

I = Modüle uygulanan akım, A

Termoelektrik modülün iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı ise;

$$\Delta T = T_H - T_C \quad (6)$$

burada;

ΔT = modülün sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı, °C

T_H = modülün sıcak yüzey sıcaklığı, °C

T_C = modülün soğuk yüzey sıcaklığı, °C

Aynı şekilde sıcak yüzeyden ayrılan ısı miktarı ise;

$$Q = K \cdot \Delta T - 0.5 \cdot I^2 \cdot R \quad (7)$$

şeklinde ifade edilebilir.

burada;

Q = Birim zamanda transfer edilen ısı miktarı, W

I = Modüle uygulanan akım, A

K = Isıl iletkenlik, W / °K

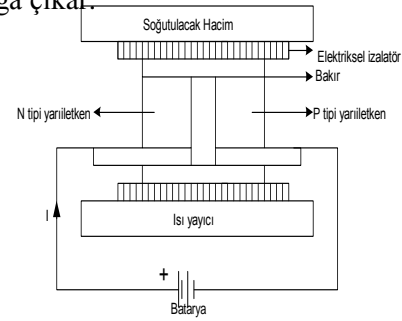
R = Elektriksel direnç, Ω

Soğuk ve sıcak yüzeyler tamamen Peltier etkisi ile oluşan ısı transferinin doğal sonucudur. Yani Peltier etkisiyle ısı, soğuk yüzeyden sıcak yüzeye transfer edilmekte, ayrıca bir ısı üretilmektedir.

Yarıiletken fiziği incelemeleri, termoelektrik soğutucunun, ısıyı transfer etmek için elektronların enerji seviyelerindeki değişimi kullanan bir ısı pompası olduğunu göstermektedir. Elektronlar iki farklı termoelektrik materyalin oluşturduğu jonksiyondan geçerken, bir enerji soğurucu (absorber) veya yayıcı (evolve) değişimine uğramaktadırlar. Akım, düşük enerji seviyesine sahip p-tipi yarı iletken, yüksek enerji seviyesine sahip n-tipi yarı iletken akarken, elektronlar soğuk yüzeyden aldıkları enerjiyi sıcak yüzeyde terk etmektedirler. Dışarıdan verilen elektriksel güç, elektronların sistem içinde hareket etmeleri için gerekli enerjiyi sağlamak ve böylece hareketlenen elektronlar değişen enerji düzeyleri arasında ilerlerken ısı transfer etmekte, başka bir deyişle ısı taşımaktadırlar. Dışarıdan verilen elektriksel güç arttırılırsa, hareketli elektron sayısı da artacağından soğuk yüzey ile sıcak yüzey arasındaki ısı transfer miktarı da artacaktır. Eğer akım yönü ters çevrilirse, bu işlem tersine işleyecek ve dolayısıyla sı-

cak ve soğuk yüzeyler kendi arasında yer değiştireceklerdir.

Şekil 9'daki iki farklı materyalden oluşan eleman çift (couple) olarak isimlendirilir. N-tipi termoelektrik materyal negatif seeback katsayıdır ve elektron fazlalığı vardır. P-tipi termoelektrik materyal ise pozitif Seeback katsayıdır ve elektron eksikliği vardır. Akım yönü bilinen yönde olup, elektronların akış yönünün tersinedir. Termoelektrik materyallerle bakır levhalar arasında dört adet bağlantı noktası olmasına karşın, birisi üstte diğeri altta olmak üzere sadece iki termoelektrik jonksiyon vardır. Üst (veya soğuk) yüzeyden ısı absorbe edilirken, bu ısı alt (veya sıcak) yüzeyden açığa çıkar.



Şekil 9. Yarı iletken materyallerden oluşan bir Pel-tier çift

Termoelektrik soğutma, soğutma süreci boyunca hareketli parçalarının olmaması nedeni ile geleneksel soğutuculardan farklıdır. Sıcak yüzeyinin ısı kanatçıklı yüzeyler (fan ilave edilebilir) veya devir daim pompası kullanan akışkanlı sistemler kullanılarak alınmalıdır (1,3).

Termoelektrik sistemin ısıtma veya soğutma fonksiyonları sadece akım yönünü değiştirerek ters çevrilebilmektedir. Yani aynı düzenele hem soğutma hem de ısıtma yapılabilir. Tek bir termoelektrik eleman ile düşük soğutma kapasiteli sistemler yapılabilir. Infrared dedektörlerin soğutulmasında kaskat bağlantı kullanılarak 135 °K (-128 °C) elde edilmiştir. Paralel bağlantı yapılarak 35,2 kW' a kadar kullanılabilirler (3).

Yarı iletken termoelektrik teknolojisi, Dünyadaki en önemli teknolojilerden birisidir. Bunun uygulama alanları, uzay teknolojilerinden başlamak üzere, beyaz eşya ve elektronik sistemlere kadar uzanmaktadır (3).

Bu çalışmada, bu sistemlerden Termohipoterm Tıp Cihazı, Termohipoterm Mikrotom Tıp

Cihazı ve Termoelektrik Tıp Kiti üzerinde uygulamalar yapılmıştır.

3. TASARIMI GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ SONUÇLARI

Bu çalışmada, gerçekleştirilen “Mikrodenetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi” çeşitli termoelektrik sistemler üzerinde uygulanmış ve performans analizleri yapılmıştır.

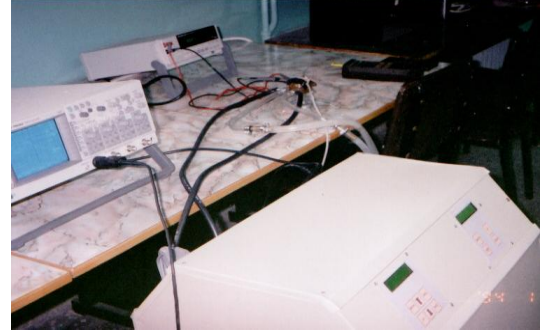
Bu çalışmada yapılan tüm test ve ölçümler Ar-Ge laboratuvarında, 19 °C ‘de, 65 dk süre ile yapılmıştır. Ölçümler her 5 dk’ da bir kaydedilmiştir. Her ölçüm 10 defa yapıp ortalamaları alınmıştır. Böylece ortaya çıkabilecek hatalar önlenmiştir.

3.1. Termoelektrik Tıp Cihazı Model Uygulaması

Bu çalışmada gerçekleştirilen besleme ve kontrol Sistemi’nin bir çok uygulamalarından ilki Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü AR-GE Laboratuvarında geliştirilen 26708 patent no’lu Termohipoterm Tıp Cihazının model uygulaması üzerinde -1°C, 0 °C ve 30 °C’de sıcaklık kontrolü gerçekleştirilmiştir.

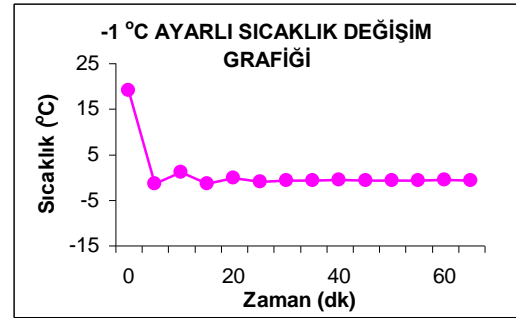
Termohipoterm Tıp Cihazı organizmayı dıştan soğutmak veya ısıtmak için kullanılmaktadır. Bu cihaz bir yarı iletken soğuk başlık (kask) ve bu başlığı çalıştırmak için besleme ve kontrol sistemlerinden oluşur. Termohipoterm cihazı ile kafa dıştan bir kask ile soğutulur. Soğutma işlemi hastanın iyileşme durumuna göre değiştirilmelidir (8). Termohipoterm genellikle acil nörolojide kullanılmaktadır. Özellikle ağır kafa – beyin travması sonucu, beyin ödemi meydana gelmesinden dolayı kalp ve solunum fonksiyonları bozulan hastalarda Termohipoterm Cihazı kurtarıcı ve etkin olmaktadır. Beyindeki sıcaklık 30-32 °C’ ye düşürüldüğünde ve vücut sıcaklığı 36.6 °C seviyesinde muhafaza edildiğinde kalp faaliyetinin ve solunumun kesin iyileşmesi izlenmektedir (9). Bahsedilen nedenlerden dolayı beyin soğutulması büyük önem kazanmaktadır. Termohipoterm Cihazı ile yapılacak soğutma hastanın iyileşme durumuna göre yapılacağından, sıcaklık kararlılığı büyük önem kazanmaktadır.

İlk uygulamada set değeri -1 °C ve 30 °C’ ye ayarlanıp 4 modül seçilmiştir. Böylece sisteme uygulanan gerilim $4 \times 0,1 = 0,4$ V olup, güç kaynağının sağladığı akım 17A civarında olmuştur. Uygulamada kullanılan sistem Şekil 10’da, elde edilen sonuçlar Şekil 11’de gösterilmiştir. Ayrıca deney sonuçlarına göre SMPS’ in dalgalanma, verim,



regülasyonu hesaplanmıştır.

Şekil 10. Termohipoterm cihazının soğutucu modeli ve mikrodenetleyicili sıcaklık kontrollü SMPS besleme ve kontrol sistemi



Şekil 11. -1°C Ayarlı sıcaklık değişim grafiği

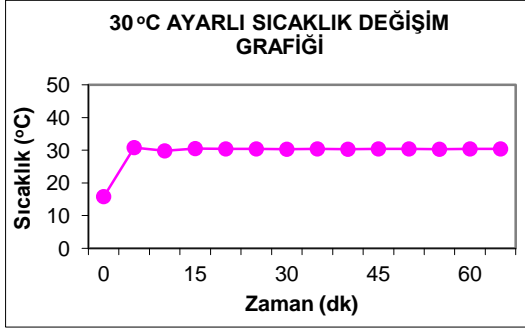
$$\% \text{Regülasyon} = \frac{V_{o \text{ yüksüz}} - V_{o \text{ yüklü}}}{V_{o \text{ yüklü}}}$$

$$= \frac{0,4 - 0,34}{0,34} = \%17,6$$

$$\% \text{Dalgalanma} = \frac{V_r / 2}{V_o} = \frac{0,055 / 2}{0,4} = \%6,7$$

$$\% \text{Verim} = \frac{V_o \cdot I_o}{V_i \cdot I_i} = \frac{0,4 \cdot 16,3}{0,034 \cdot 198} = \%96,8$$

$$\text{Off - set} = +0,3^\circ \text{C}$$



Şekil 12. 30 °C Ayarlı sıcaklık değişim grafiği

$$\% \text{Regülasyon} = \frac{V_{o_{yükse}} - V_{o_{yükli}}}{V_{o_{yükli}}}$$

$$= \frac{0.4 - 0.34}{0.34} = \%17.6$$

$$\% \text{Dalgalanma} = \frac{V_r / 2}{V_o} = \frac{0.055 / 2}{0.4} = \%6.7$$

$$\% \text{Verim} = \frac{V_o \cdot I_o}{V_i \cdot I_i} = \frac{0.4 \cdot 13.5}{0.0285 \cdot 198} = \%95.69$$

$$\text{Off - set} = +0.3^\circ \text{C}$$

Elde edilen sonuçlara göre, "Mikrodenetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi"nin, -1°C ve 30°C 'de model soğutucunun yüzey sıcaklığını sabit tuttuğu ispatlanmıştır. Ayrıca bu çalışma rejiminde SMPS'in verimi yüksek, dalgalanma ve regülasyonunun düşük değerlerde olduğu görülmüştür.

3.2. Termoelektrik Mikrotom Uygulaması

Bu çalışmada, gerçekleştirilen besleme ve kontrol Sistemi'nin ikinci uygulaması, Termohipoterm Mikrotom Şok Dondurucu Tıp Cihazı üzerinde yapılmıştır.

Tıpta histoloji, patoanatom ve sitoloji incelemelerinde biyolojik dokunun ince kesitlerini elde etmek için geniş çapta mikrotomlama metodu kullanılmaktadır. Kaliteli doku kesiti elde etmek için dokuyu daha önce soğutmak gerekmektedir. Mevcut olan soğutucu mikrotomlarda dokunun soğutulması friyon, leküt ve sıvı karbonik asit vasıtasıyla bütün mikrotom aleti soğutulmuş olarak gerçekleştirilmektedir (1).

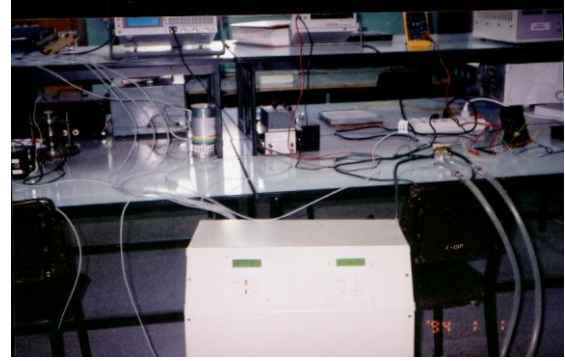
Şu anda, Türkiye'deki hastanelerin patoloji bölümlerinde çok pahalı olan ve friyon gazı ile çalışan mikrotom cihazları kullanılmaktadır. İncelenen dokuların ameliyathaneden ne zaman geleceği belli olmadığından friyonlu mikrotom cihazı

7 gün 24 saat aralıksız çalışmaktadır. Bu durum ekonomik açıdan büyük israfa yol açmaktadır.

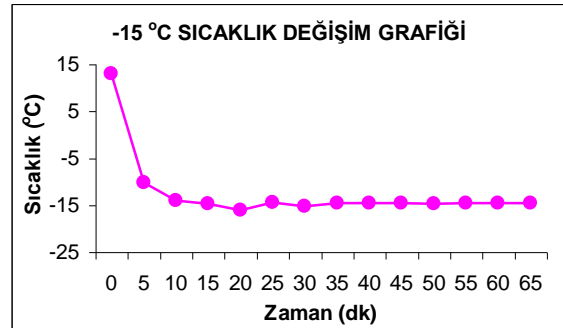
Termoelektrik mikrotom cihazı çok yüksek soğutma hızına sahip olduğundan sürekli çalışma gerektirmemektedir. Bir vaka söz konusu olduğunda, doku ameliyathaneden laboratuvara gelene kadar termoelektrik mikrotom cihazı çalışır hale gelebilmektedir.

Mikrotomların çalışma sıcaklıkları -10°C - -20°C aralığındadır. Bu sıcaklıklarda dokular bozulmadan şok bir dondurmaya tabi tutulup kesitleri sağlıklı olarak alınabilmektedir.

İkinci uygulamada, set değeri -15°C 'ye ayarlanıp 4 modül seçilmiştir. Böylece sisteme uygulanan gerilim $4 \cdot 0.1 = 0.4 \text{ V}$ olup, güç kaynağının sağladığı akım 28 A olmuştur. Uygulamada kullanılan sistem Şekil 13'de, elde edilen sonuçlar Şekil 14'de gösterilmiştir. Ayrıca deney sonuçlarına göre SMPS'in dalgalanma, verim ve regülasyonu hesaplanmıştır.



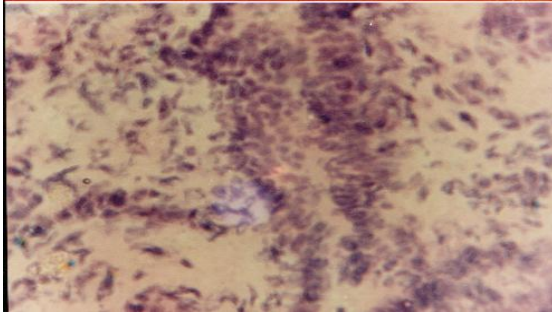
Şekil 13. "Mikrodenetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi" termoelektrik mikrotom soğutucunun genel görünüşü



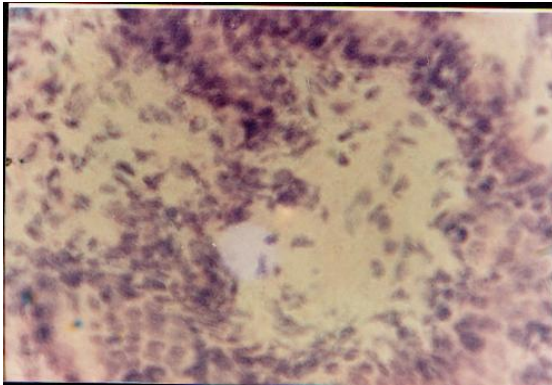
Şekil 14. -15°C Ayarlı sıcaklık değişim grafiği

$$\begin{aligned} \% \text{ Regülasyon} &= \frac{V_{o_{yükstüz}} - V_{o_{yükli}}}{V_{o_{yükli}}} \\ &= \frac{0.5 - 0.42}{0.42} = \%19 \\ \% \text{ Dalgalanma} &= \frac{V_r/2}{V_o} = \frac{0.055/2}{0.42} = \%6.5 \\ \% \text{ Verim} &= \frac{V_o \cdot I_o}{V_i \cdot I_i} = \frac{0,4 \cdot 28.6}{0,075 \cdot 198} = \%96.2 \\ \text{Off - set} &= -0.3^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Bu şekilde yapılan soğutma işlemi ve ithal edilen mikrotom cihazı ile yapılan soğutma işlemi ile Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji Bölümü Laboratuvarında doku kesitleri alınmış ve patoloji uzmanlarınca kıyaslama yapılmıştır.



Şekil 15. İthal Shandom marka Mikrotom cihazı ile alınan doku kesiti örneği



Şekil 16. Gerçekleştirilen besleme ve kontrol sistemi ile kontrol edilen Termoelektrik Mikrotom cihazı ile alınan doku kesiti örneği

İki farklı cihazla örnek olarak alınan doku kesitleri, Şekil 15 ve Şekil 16'da gösterilmiştir. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji bölümündeki uzmanlara göre "Mikrodenetleyicili, Besleme

ve Kontrol Sistemi" ile kontrol edilen Termoelektrik Mikrotom Soğutucu ile elde edilen doku kesitlerinin güvenli bir şekilde kullanılabilmesi tesbit edilmiştir.

3.3. Termoelektrik Tıp Cihazı Uygulaması

Bu çalışmada gerçekleştirilen "Mikro denetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi" nin üçüncü uygulaması, AR-GE Laboratuvarında geliştirilen termoelektrik soğuk zincirinin halkasını oluşturan Termoelektrik Tıp Kiti üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tıbbi maddelerin bozulmasında en büyük etken, içinde buldukları ortamın sıcaklık değerleridir (2,3,10). Bu maddelerin bozulmadan saklanması ve taşınması için ortam sıcaklığı devamlı kontrol altında tutulmalıdır. Kan, aşı, serum ve ilaçların bozulmadan saklanabilmesi için belirli sıcaklık koşullarında bulundurulması gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak geliştirilmiş olan Taşınabilir Termo-elektrik Tıp Kiti ister birey ister toplum sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Yüksek yoğunlukta, kaza alanlarında savaş ortamlarında kan, aşı ve ilaçların saklanması için gelişmiş depolama ünitelerinin kurulması gerekir. Bu merkezlerin bu tip ortamlarda kurulması oldukça zordur. Bu amaçla daha güvenli yerlerde kurulacak merkezler ile hasta ve yaralının bulunacağı yere kan, serum, aşı ve ilaçların naklinin yapılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenmiş olan standartta göre kanın depolanması için gerekli olan ısı ortamı 2°C ile 10 °C arasında olmalıdır (2,10).

Şekil 17'de orta hacimli (40 litre) Termoelektrik Tıp Kitin genel görüntüsü ve deney düzeneği gösterilmiştir.

Gerçekleştirilen, besleme sistemi ile Termoelektrik Tıp Kitin UNICEF standartlarına uygun olarak iç sıcaklığı 6 °C' ye ayarlanarak ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar grafikte gösterilmiştir.



Şekil 17. Termoelektrik Tıp Kitin genel görüntüsü ve deney düzeneği

$$\% \text{ Regülasyon} = \frac{V_{o \text{ yükstiz}} - V_{o \text{ yüklü}}}{V_{o \text{ yüklü}}}$$

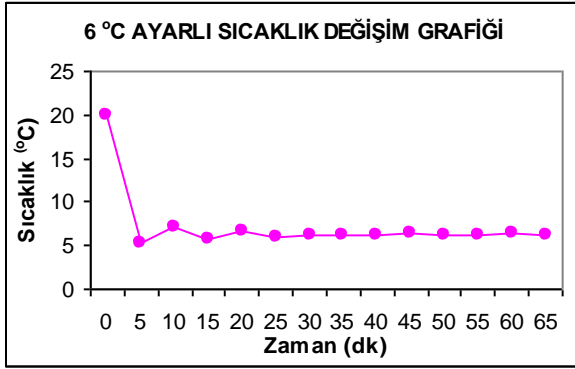
$$= \frac{12 - 11.55}{11.55} = \%3.89$$

$$\% \text{ Dalgalanma} = \frac{V_r / 2}{V_o} = \frac{0.055 / 2}{12} = \%0.2$$

$$\% \text{ Verim} = \frac{V_o \cdot I_o}{V_i \cdot I_i} = \frac{12 \cdot 9.5}{0.67 \cdot 198} = \%85.9$$

$$\text{Off - set} = +0.3^\circ \text{C}$$

Şekil 18. 6 °C Ayarlı sıcaklık değişim grafiği



Elde edilen sonuçlara göre 12V DC, 100 W'lık Termoelektrik Tıp Kitin, gerçekleştirilen "Mikrodenetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi" ile UNICEF standartlarına uygun olarak iç sıcaklığı 6 °C'ye ayarlanarak ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan UNICEF'in standartlarına uygun olarak kitin içindeki sıcaklığın +6 °C'de sürekli ve kararlı bir biçimde sağlandığı görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, çıkış gerilimi sıcaklığa göre değişebilme özelliğine sahip "Mikro denetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi" üç farklı termoelektrik sistemine uygulanmıştır. Mikro denetleyici kullanılarak gerçekleştirilen kontrol sistemi ile 7 ayrı bölgedeki kanala ait sensör seçilebilmektedir. Seçilen kanala ait sıcaklık değeri bir LCD ekranda görülebilmektedir ve yine bu kanala ait ayar değeri bir key-pad' den ayarlanabilmektedir. Bu ayar değeri de aynı ekranda görülebilmektedir. Seçilen bölgenin sıcaklığı, oransal olarak değiştirilebilmektedir. Tasarlanan sistemde, Termoelektrik sistemlerde soğutma amaçlı gerekli olan devir daim su kontrolü da bulunmaktadır. Sistemde ye-

terli miktarda su bulunmadığında ve sensör hatalarında alarm sistemi etkin olmakta, çıkışları kapatıp, sesle uyardır. Hata çeşidi de LCD ekranda görülebilmektedir. Ayrıca sıcaklık değerinin tehlikeli sınırları sisteme girilirse, sıcaklık değeri tehlikeli sınırlara ulaştığında alarm sistemi yine etkin olup çıkışlar kapanmaktadır.

Gerçekleştirilen "Mikrodenetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi" ile SMPS' in çıkış gerilimi sıcaklığa bağlı olarak, oransal şekilde değiştirilebilmektedir. Sistemde, sıcaklık ölçümleri, 0.1°C hassasiyette olup, bu hassasiyet sıcaklık değerine bakılmaksızın gerçekleştirilmektedir. Bütün sıcaklık ölçümlerinde, sistem ortalama (+) 0.3 °C off-set değerine sahiptir.

Gerçekleştirilen "Mikrodenetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi" üç ayrı termoelektrik sistemde denenmiş ve sonuçlar alınmıştır. Bu değerlerin ortalamaları alındığında şu değerler bulunmuştur.

1- Termohipoterm cihazının model uygulamasında 0.4V, 17A çekilmiş ve sıcaklık kontrolü -1°C, 0 °C ve 30 °C' de +0.3 °C'lik off-set değeri ile kararlı bir biçimde yapılmıştır,

2- Termoelektrik Mikrotom Cihazında SMPS sistemi ile 0.4 V, 28 A çekilmiş ve sıcaklık kontrolü -10°C ve -15 °C'de, -0.3 °C' lik off-set değeri ile kararlı bir biçimde yapılmıştır,

3- Termoelektrik Tıp Kit'in çalışması için gereken 12 V, 10 A'lik besleme sağlanmış ve kit'in iç sıcaklığı 6 °C'de, +0.3 °C'lik off-set değeri ile kararlı bir biçimde tutulabilmektedir.

Sonuç olarak gerçekleştirilen "Mikrodenetleyicili, Besleme ve Kontrol Sistemi"nin çeşitli Termoelektrik sistemler için uygulanabileceği tesbit edilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda, bu sistemin ayrıca, bilgisayar CPU soğutma sistemleri, telekomünikasyon cihazları v.b. elektronik kontrol sistemleri için de uygun uygulanabileceğini söylemek mümkündür.

KAYNAKLAR

1. İoffe, A.F., Poluprovodnikoviyie Termoelementi, Rusya Bilim Akademisi Yayınevi, 131-146, RUSYA, 1960.
2. Duncan, H., Monaghan, P., Blood Storage and Transport in the Field Using A Portable

- Thermoelectric Refrigerator: Assessment of Potential Use, Military Medicine, 149, 184-188, U.S.A., 1984.
3. Fidan, U., Ahıska, R., Güler, F.N., Mikrodenetleyici Kontrollü Taşınabilir Termoelektrik Tıp Kiti, ELECO 2000, 255-259, Türkiye, 2000.
 4. Ahıska, R., Güler, F.N., Savaş, Y., Termoelektrik Soğutucunun Özelliklerinin Araştırılması, Politeknik Dergisi, 2, 3, 89-94, Ankara, 1999.
 5. Kaliyugavaradan, S., A Microcontroller - Based Programmable Temperature Control, V.1, IEEE Transactions on Industry Applications, U.S.A., 1997.
 6. Borisov, B.A., Simple Pro-portional Temperature Regulator, Instruments and Experimental Techniques, 29, 6, 1473-1474, USSR., 1986.
 7. National Acquisition Databook, Temperature Sensors, 5.5 - 5.29, U.S.A., 2000.
 8. Mysorski, L.İ., Hypotermia Mosga, Varneş Yayınevi, 145-164, Rusya, 1965.
 9. Miyazawa, T. , Bonnekoh, P. , Widmann, R. , Hossman, A. , Heating of The Brain To Maintain Normothermia During Brain Injury In The Rat, Acta Neuropathologica, P 488-494, Berlin, Germany, 1993.
 10. Duncan, H., Monoghan, P.,Deborah,, Blood Storage and Transport A Portable Thermoelectric Refrigerator: Field Testing, Military Medicine, 153, 86 - 99, U.S.A., 1988.