



TERMOELEKTRİK MALZEME İLE SU SOĞUTMA UYGULAMASI

Nuran ALBAYRAK, Abdullah KEÇECİLER

Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA, abdullah.kececiler@dpu.edu.tr

ÖZET

Termoelektrik malzemeler, iki yüzeyi arasında meydana gelen ısı farkı ile uçlarında gerilim meydana gelen ya da üzerinden akım geçirildiğinde akımın yönüne bağlı olarak bir yüzeyi ısıtırken diğer yüzeyi soğuyan yapılardır. Teknolojinin gelişmesi ve maliyetlerin azalması ile birlikte, mali açıdan, her geçen gün daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Basit bir yapıya sahip ve üzerinde ki ısı değişiminin akım vasıtasıyla kolay kontrol edilebilir olması nedeniyle uygulaması oldukça kolaydır. Bu çalışmada Peltier kullanarak portatif bir su soğutucu üzerinde çalışılmıştır. Isıl iletken olarak kullanılan iki alüminyum soğutucu arasında Peltier yerleştirilmiştir. Su soğutucu kısım portatif olarak tasarlanmış ve soğutulacak sıvı modül içerisinden periyodik çevrimle çalıştırılmaktadır. Sistemin sıcaklığı tasarlanan panelden izlenmektedir. Çalışmanın sonunda yeterince hızlı bir şekilde sıvı soğutulmasını sağlayan sistem tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Termoelektrik, peltier modül, su soğutma sistemi*

A COOLER APPLICATION WITH THERMOELECTRICS METARIAL

ABSTRACT

A Thermoelectric material is a semiconductor product which generates current, when a temperature difference between occurs two surfaces or while one face is getting hotter, the other face is getting cooler when a current flows through it. It is used in many fields because of increasing cost depending on the improvement on the technology. Its usage is considerably easy because the temperature difference is controlled by the current that flows between its two terminals. In this application, it is studied on a portable cooler. A peltier is placed between two aluminum blocks as a thermal conductor. The cooler is designed as a portable device and it is used as plunging into the water. The system temperature is sent to a terminal computer by the control card which is designed to measure the temperature and to control the peltier current. At the end of the study a system is designed for cooling the liquid at an enough speed

Keywords: *Termoelectric, Peltier, water cooling systems*

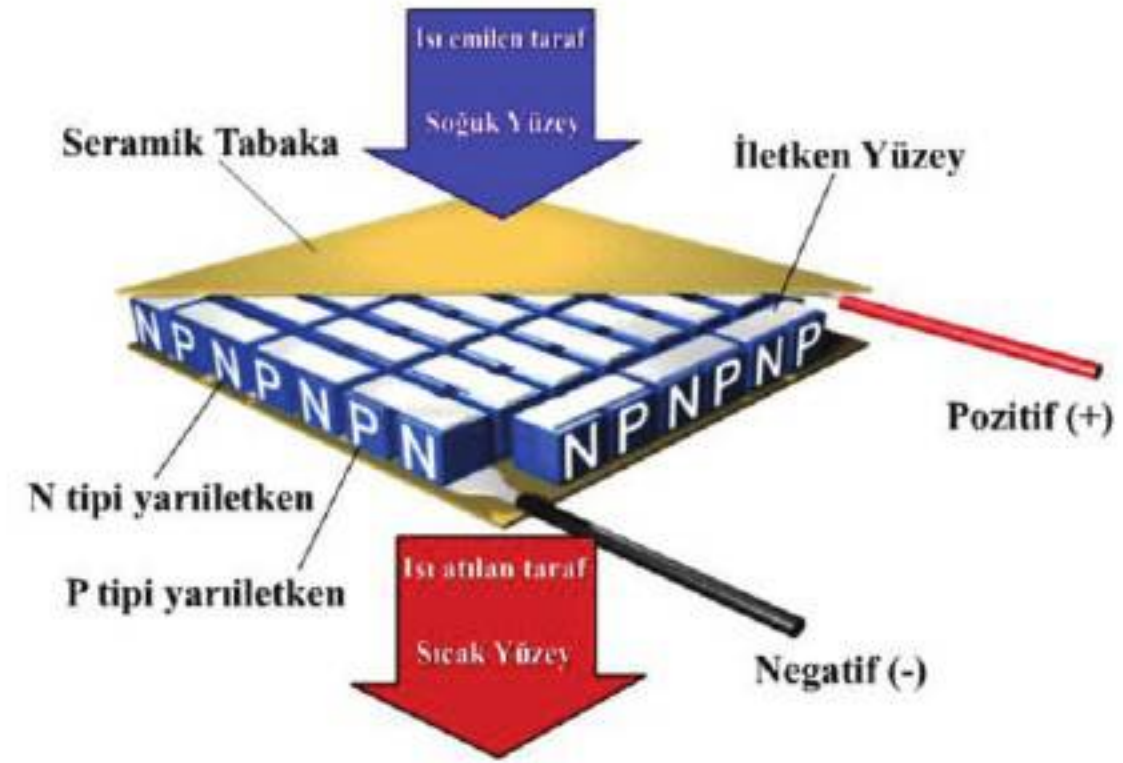
1. GİRİŞ

Konut ve işyerlerinde, endüstriyel tesislerde, alış-veriş merkezlerinde, araçlarda, soğuk hava depo vb gibi birçok yerlerde, alışlagelmiş basınçlı gazla çalışan kompresörlü soğutma sistemlerine alternatif olarak, soğutma etkisi yanında iki yönlü çalışabilen Termoelektrik soğutucular ortaya çıkmışlardır. Yarı-iletken

malzemeyle üretilen termoelektrik modüller (Şekil-1) hareketli parça içermediklerinden bakım gerektirmezler. Ayrıca sessiz ve çok uzun ömürlü olduklarından tıbbi, askeri, bilimsel ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Mikro işlemcilerin soğutulmasından mini-buzdolabı uygulamalarına, kızılötesi kameralardan uzay araçlarına kadar pek geniş bir yelpazede karşımıza çıkan termoelektrik modüller, özellikle düşük ısı güçlerinde tercih edilmektedirler. Termoelektrik soğutmanın teorisi çok eskilere dayanmakla birlikte yaygın kullanımı, yarı-iletken teknolojisindeki gelişmeye paralel olarak ancak son yıllarda mümkün olabilmektedir. Bugün otomobillerde düşük muhafaza sıcaklığı istenen torpidolarda, soğuk zincirle ilaç naklinde ve seyyar piknik türü soğutma kutularında oldukça yaygın kullanıma başlanmıştır.



Şekil 1. Termoelektrik modül.

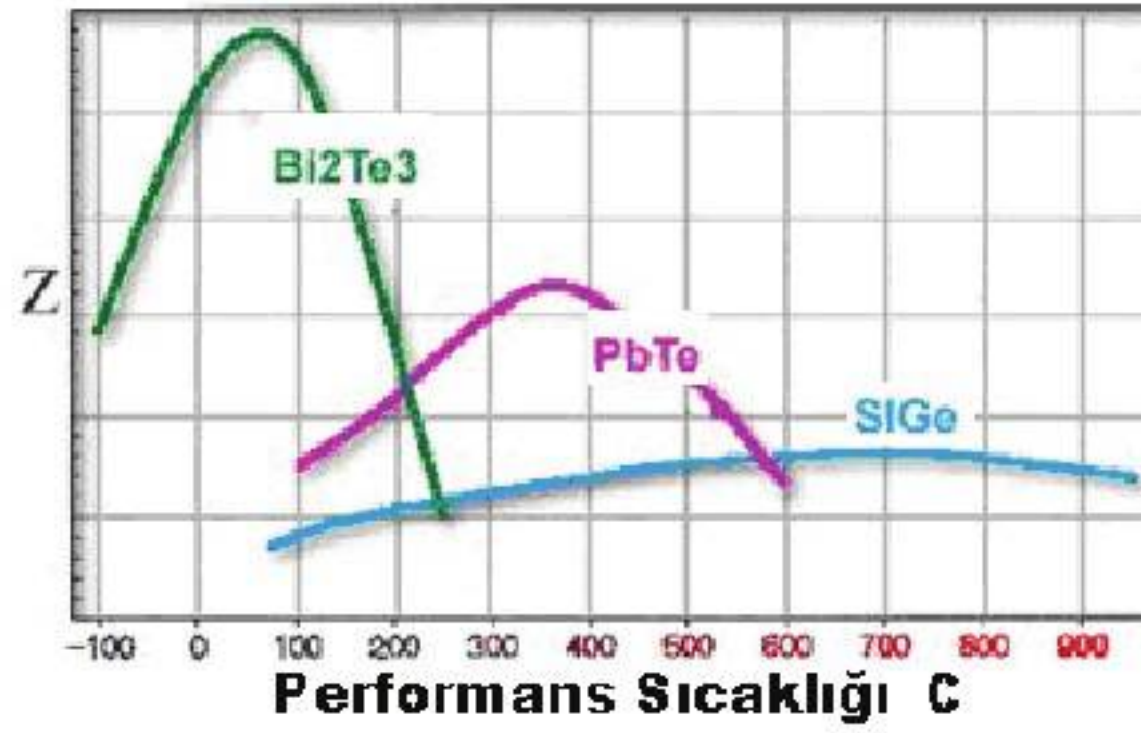


Şekil 2. Termoelektrik modül yapısı.

Günümüzde medikal, askeri yada tüketiciye yönelik bir çok uygulamada ısınma problemleriyle karşı karşıyayız. Problemin başlıca kaynakları güç tüketiminin artması ve gittikçe küçülen elektronik donanımlar üzerinde ki ısının kalsik yöntemler ile verimli bir şekilde uzaklaştırılmamasıdır. Problemin çözümü için daha az yer kaplayan ve daha verimli çalışan alternatif soğutucu sistemlere ihtiyaç vardır. Bugün bu ihtiyacı karşılamak için 'Peltier' adı verilen Termo Elektrik Konvertörler (TEC) yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Peltier kullanılarak tasarlanan sistemler klasik yöntemlerin aksine daha az bakım gerektirmekte, daha sessiz çalışmakta ve uzun ömürlü olmaktadır [1]. Termoelektrik soğutma işleminde ise sıcak eleman olarak modülün sıcak yüzeyi, soğuk eleman olarak modülün soğuk yüzeyi, aktarım işlevi için elektronlar ve pompa olarak bir güç kaynağı kullanılır. Elektronların hareketi ile meydana gelen kinetik enerji sayesinde soğutma işlemi gerçekleştirilir. Termoelektrik modüller ile her geçen gün artan, birçok uygulama yapılmaktadır. Bu çalışmada da TEC ile portatif bir su soğutucusu üzerinde çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Tüm termoelektrik soğutma sistemlerinin temel yapı taşı, bir DC gerilim kaynağından beslenen termoelektrik elemandır. Bu eleman, yüksek katkılı bir yarı-iletken malzemenin, sıcak ve soğuk yüzeyleri oluşturan iki plaka arasına preslenmesinden meydana gelir. Yarı-iletken malzeme olarak en çok bizmut-tellürit (Bi_2Te_3) kullanılmakla birlikte, bazı özel uygulamalarda kurşun-tellürit (PbTe), silisyum-germanyum (SiGe) ya da bizmut-antimon (Bi-Sb) alaşımlarından da faydalanılmaktadır. Bizmut-tellürit, yüksek termoelektrik verimi ve uygun sıcaklık aralığı nedeniyle tercih edilmektedir (Şekil-3).

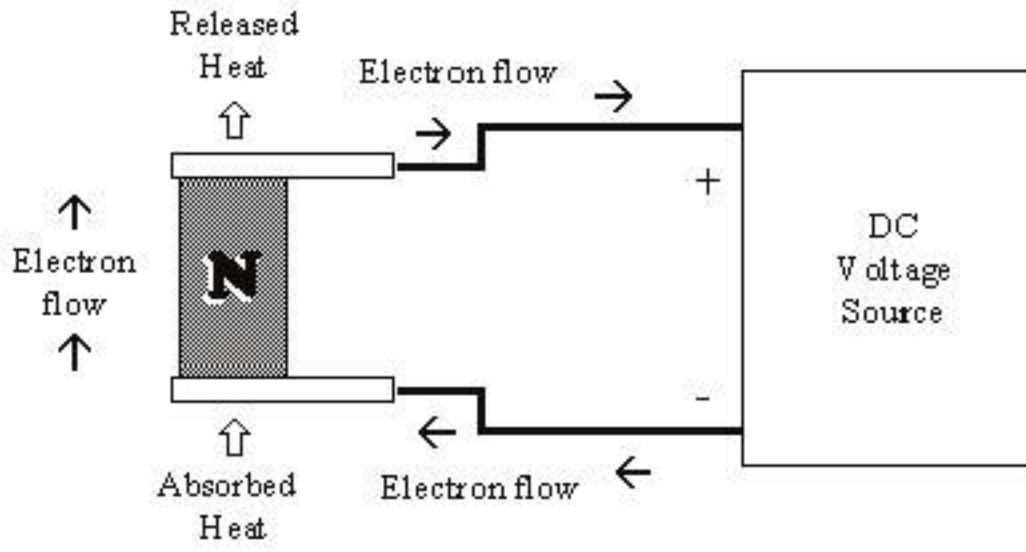


Şekil 3. Farklı Yarı-iletken Malzemelerin Sıcaklığa Bağlı Verimleri.

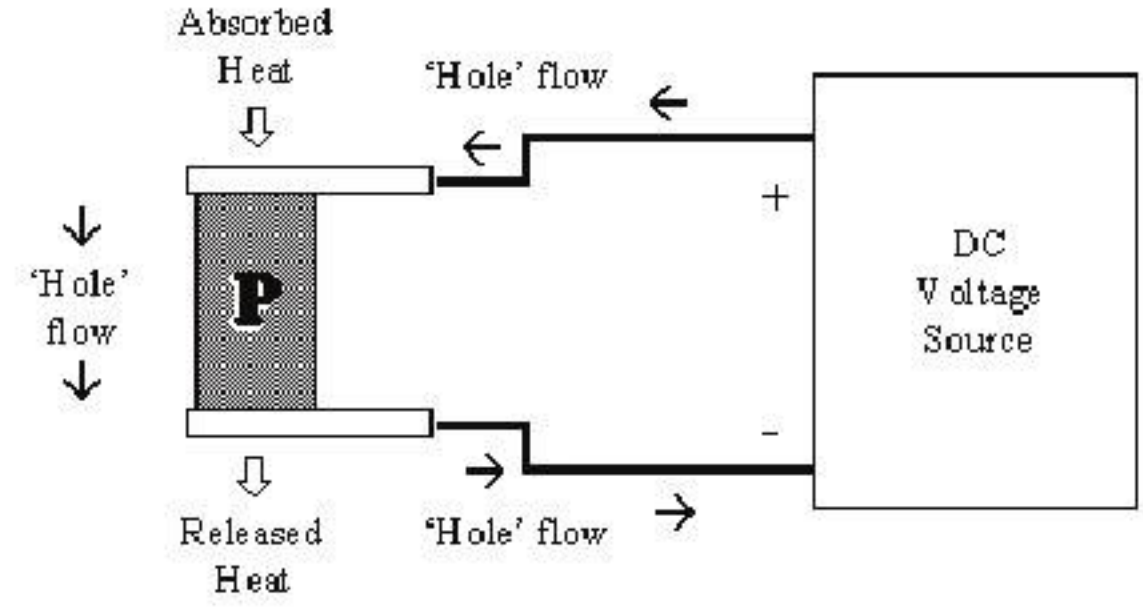
Bi_2Te_3 kristalleri, altıgen tabakalar teşkil ederler. Kristalin elektrik ve ısı iletim özellikleri, yöne bağımlı olarak değişmektedir (anizotropi). Kristallerin ısı akış yönünde oluşturulması halinde termoelektrik verim 2 katına çıkmaktadır. Bu durumda malzemenin ısı iletkenliği $15 \text{ mW/cm}^2\text{K}$, Bi_2Te_3 kristalleri seebeck katsayısı $200 \mu\text{V}/^\circ\text{K}$, elektriksiz öz direnci $1 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ civarındadır.

N- katkılı malzemenin özelliği çok miktarda serbest elektronlar içermesidir. Bu elektronlar uygulanan gerilimin etkisiyle bir plakadan diğerine akarken, plakanın ısını da beraberlerinde taşırlar. Bu nedenle ısı akımı, elektron

akımıyla aynı yöndedir. (Şekil.4)



Şekil 4. N-tipi Termoelektrik Eleman



Şekil 5 P-tipi Termoelektrik Eleman

P-katkılı malzemeye üretilen elemanlarda ise elektrik akımı serbest “delikler” tarafından taşınmaktadır (Şekil-5). Isı akımı da “delik” hareketiyle aynı yönde gerçekleşmektedir. Dikkat edilecek olursa, aynı yönde uygulanan gerilim altında P ve N-katkılı malzemeler ısıyı zıt yönde iletmektedir. Termoelektrik elemanların bir araya getirilmesi ile termoelektrik modüller elde edilir. Elemanlar, ısı akımı hep aynı yönde kalacak şekilde birbirlerine seri olarak bağlanır. Aynı tip katkılı malzemenin kullanılması bağlantı zorluğuna neden olacağı için, N- ve P-katkılı malzemeler ardışık olarak kullanılır. Bu durumda elektrik akış yönü zikzak çizerken, ısı akış yönü değişmez [2, 3].

Modülün çalışması esnasında sıcak yüzey genişip soğuk yüzey büzülmesinden, modül üzerinde termal kökenli bir mekanik gerilim meydana gelmektedir. Kırılgan yapıya sahip yarı-iletken malzemeye zarar verebilecek bu gerilim, modül boyutlarıyla doğru orantılı olduğundan, çok büyük modüllerde bozulma oranı oldukça yüksek çıkmaktadır. Bu sebeple pratikte modül boyutu yaklaşık 50x50 mm ile sınırlı tutulmaktadır. Bu ebatta bir modül, yüzden fazla eleman içerebilmekte ve 100W gücünde soğutma yapabilmektedir. Daha büyük soğutma gücüne ihtiyaç duyulduğunda birden fazla modül, ısı açıdan birbirine paralel bağlanmaktadır. Çalışma ömrü 200.000 saate (>20 yıl !) kadar çıkabilen termoelektrik modüllerin soğutma performansı 3~6 W/cm² olup, yüzeyleri arasında 70°C'a varan sıcaklık farkı oluşabilmektedir.

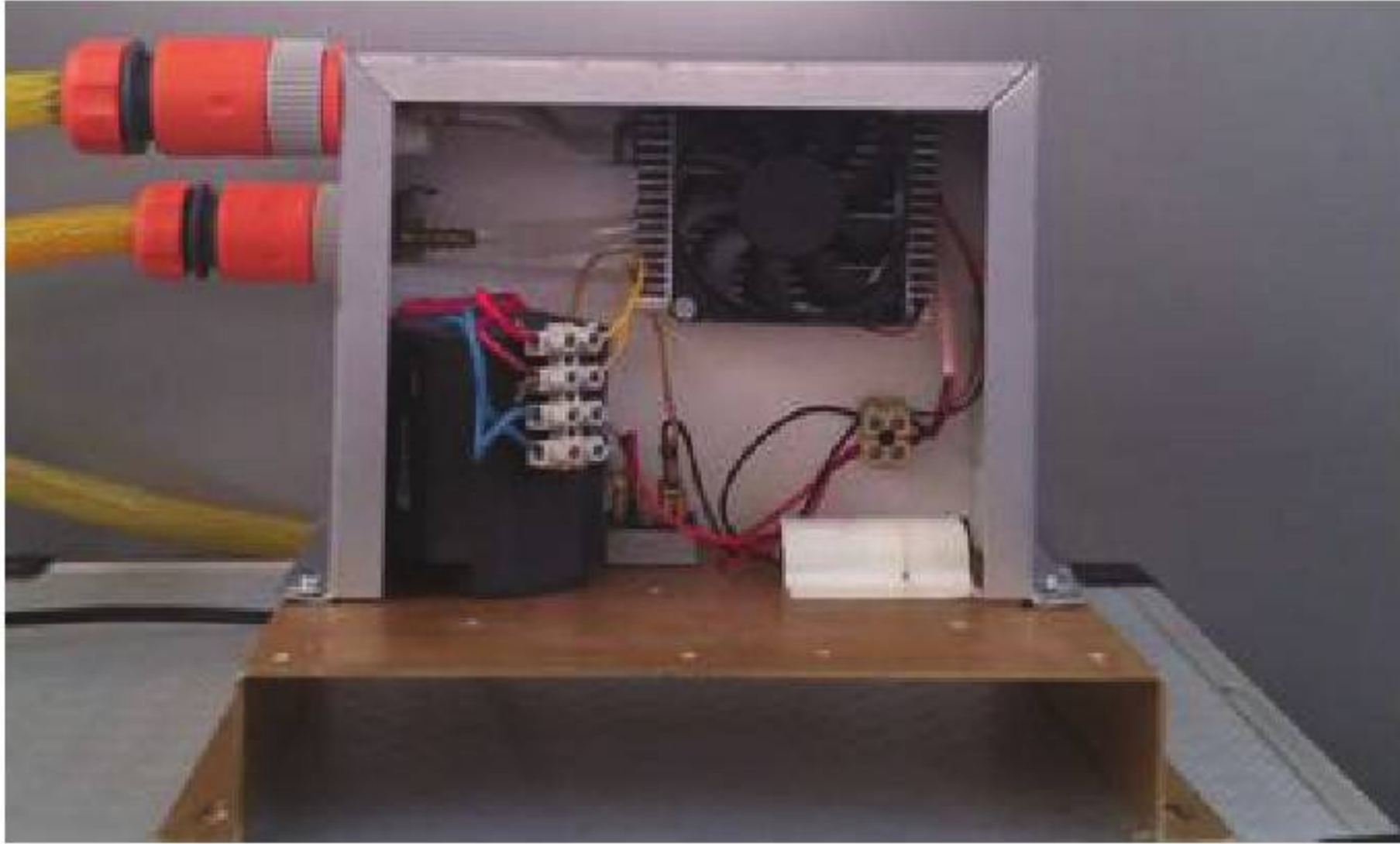
Termoelektrik prensibine dayalı bir soğutucunun pratik olarak gerçekleştirilebilmesi için, yapısını yukarıda açıkladığımız modüllerin, ısı transferi yapılacak yüzeylere termik ve mekanik olarak bağlanması gerekmektedir. Başka bir deyişle, modülün soğuk yüzeyi soğutulacak nesne ile, sıcak yüzeyi ise ısıyı pasif olarak taşıyacak ortam ile (hava veya su) irtibatlandırılır. Isıyı taşıyan bağlantı elemanlarının ısı direnci nedeniyle her zaman, soğutulan cisim modülün soğuk yüzeyinden daha sıcak, pasif soğutmada kullanılan hava ya da su ise sıcak yüzeyden daha soğuk olacaktır. Başka bir deyişle soğuttuğumuz nesne ile ortam arasındaki sıcaklık farkı, modülün yüzeyleri arasında oluşturulan sıcaklık farkından daha düşük kalacaktır. Bu nedenle ısı aktarma elemanlarının mümkün olduğunca düşük ısı direncine sahip bulunması arzulanır. Termoelektrik soğutma sistemi üzerindeki sıcaklık dağılımını uygulama yönüyle doğrudan ilişkilidir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

Termoelektrik soğutma işleminde sıcak eleman olarak modülün sıcak yüzeyi, soğuk eleman olarak modülün soğuk yüzeyi, aktarım işlevi için elektronlar ve pompa olarak bir güç kaynağı kullanılır. Elektronların

hareketi ile meydana gelen kinetik enerji sayesinde soğutma işlemi gerçekleştirilir. Termoelektrik modüller ile her geçen gün artan, birçok uygulama yapılmaktadır. Bu çalışmada da TEC ile portatif bir su soğutucusu üzerinde çalışılmıştır. Uygulamada Peltier üzerinde oluşan sıcaklığı uzaklaştırmak için sıcak yüzeyine alüminyum bir soğutucu yerleştirilmiştir. Peltier ile alüminyum soğutucu arasına, ısı iletiminin daha stabil gerçekleşmesi için, ısıl iletken krem sürülmüştür. Peltier üzerinden geçen akım fazla olduğu için (3.5 A /12 V) alüminyum soğutucu tek başına yetersiz kalmaktadır; bu nedenle bir fan ile desteklenmiştir. Soğuk yüzeye ise soğutulacak sıvıdaki ısının daha rahat emilebilmesi ve soğutucunun amacına uygun çalışması için termal sıvı sürülmüştür. Böylece ısıl iletkenlik artırılmıştır.

Fotoğraf.1 de görüldüğü gibi, alüminyumdan yapılmış bir ısıl iletken malzeme içerisine boru yerleştirilmiştir. Isı akışının stabil olabilmesi için boru içerisinden soğutulan su sürekli dolaştırılmaktadır. “Sudan-havaya” iletim ise, en çok içecek soğutucularında kullanılır. Soğutulacak sıvı, bir pompa yardımıyla sürekli soğuk yüzey üzerinden geçirilir. Sıvı soğutma amacına yönelik böyle bir sistem sunulmaktadır. Bu sistem, tersten çalıştırıldığında ise “havadan-suya” soğutma sağlanabilir. Sıcak yüzeyinden musluk suyu geçirilmesiyle yüksek bir soğutma gücü elde edilebilir. Fan ve pompa gerekmeyen bu sistemin verimi de yüksektir. Yapılan uygulama sonucunda Peltier yaklaşık 20W güç ile beslenerek, 0.5L suyun sıcaklığında 16°C'lik bir değişim 50 dk'lık zaman içerisinde gerçekleşmiştir. Uygulama sonucunda oluşturulan sistemin portatif bir sıvı soğutucu olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Sistemin bir güneş paneli ile birleştirilmesi sonucunda piknik alanlarında kullanılabilir ya da araba çakmak yuvasına adapte edilerek araçlar için mobil bir soğutucu elde edilmiş olur.



Fotoğraf 1. Termoelektrik su soğutma sistemi uygulaması.

Diğer bir iletim metodu ise “soğuk plaka” uygulamasında görülür. Burada termoelektrik modülün soğuk yüzeyi, bir plaka aracılığıyla doğrudan soğutma elemanına (örneğin metal kazanlı bir soğuk içecek dolabına) bağlanır. “Soğuk plakalı” soğutuculara iyi bir örnek, CPU soğutucularıdır. Özellikle yüksek frekansta çalıştırılan (overclocked) mikro işlemcilerin soğutulmasında kullanılan bu tip termoelektrik sistemler, doğrudan entegre devre üzerine monte edilir.

3.1. Tasarım Kriterleri

Termoelektrik soğutucu tasarımına geçmeden önce, modül parametrelerini açıklamak yerinde olacaktır. Bir TEC modülünün en önemli 4 parametresi vardır : DT, Q, I ve V :

· **DT (°C), Sıcaklık Farkı** : Modülün sıcak ve soğuk yüzeyleri arasında oluşan sıcaklık farkıdır. Soğutma sisteminin sıcaklık farkı, DT değerinden daima daha küçüktür. DT, modülün pompaladığı ısı gücüne bağlı bir parametre olup, en yüksek değerine (DT_{max}), ısı aktarımı yokken ulaşır ($Q = 0$). DT_{max} , modüle bağımlı bir sabittir. · **Q (W), Isı Aktarım (Pompalama) Gücü** : Modülün yüzeyleri arasından birim zamanda aktarılan ısı miktarı; yani modülün net soğutma gücüdür. Bu da DT'ye bağımlı bir değişken olup, DT arttıkça azalmaktadır. En yüksek değerine (Q_{max}), $DT = 0$ iken ulaşır. Q_{max} da yine modüle bağımlı bir sabittir.

· **I (A), Modül Akımı** : Modülün içinden geçen akımdır. Soğutma gücü (Q), I akımıyla doğrudan orantılıdır; bu nedenle sıcaklık kontrolü yapılan uygulamalarda modül akımına kumanda edilir. Ancak akım arttıkça modülde oluşan $I^2 \cdot R$ kaybı artarak modülün ısınmasına neden olur. Dolayısıyla I değeri belli bir değeri aşınca soğutma gücü düşmeye başlar. İşte soğutma gücünün azami olduğu andaki akım değeri I_{max} olarak adlandırılır. Modüle bağımlı bir sabit olan I_{max} , modülün dayanabileceği en yüksek akım değil, pratik değeri olan maksimum akımdır. Bir başka deyişle I_{max} , modülün Q_{max} veya DT_{max} sınırında çalışması için gerekli optimum akımdır.

· **V (V), Modül Gerilimi** : Modülün içinden I akımı akarken terminalleri arasında oluşan gerilimdir. $I = I_{max}$ iken oluşan gerilim V_{max} olarak adlandırılır. Bu da modüle bağımlı bir sabittir.

3.2 Kullanım Alanları

Termoelektrik soğutucular, çok farklı alanlarda karşımıza çıkmaktadırlar. İşte bunlardan birkaçı :

- **Elektronik** : Güç elemanları ve IC soğutma, düşük gürültülü yükselteçler, lazer diyotu (veri anahtarlama, tarayıcılar, ataletsel güdüm sistemleri)
- **Elektro-optik** : IR detektörler (gece görüş ve güdüm), siyah cisim referansı, lazer kolimatörler, CCD kameralar (askeri/uzay), foto-yükselteçler, vidikon tüpleri
- **Fizik** : Kalorimetre, ısı şartlandırma odaları, nem gidericiler, yoğuşma tipi nemölçerler, buz (donma noktası) referansı, kalibrasyon banyoları
- **Kimya** : elektroforez hücresi soğutma, ısı bataryası (termo-pil)
- **Biyomedikal** : DNA ve kan tahlil cihazları, tıbbi tanı cihazları
- **Diğer** : Taşınabilir mini buzdolapları, bardak soğutucular, daldırma ve karıştırma tipi soğutucular, cihaz içi iklimlendirme

4. SONUÇLAR

Termoelektrik modüllü içme suyu soğutucusu tasarımı, imalatı yapılmış ve deneysel olarak incelenerek sistem verimi ve sistem içindeki Termoelektrik modüllerin soğutucu verimi hesaplanmıştır. Termoelektrik modüllerin verimi literatürdeki verimi %25 olarak belirlenmiştir. Tasarlanan su soğutucusu sisteminde modüllerin soğutma verimi de % 32 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla modüllerin soğutucu verimi böyle bir sistemin uygulamada başarılı olduğunu göstermektedir. TSE standartlarına göre içme suyu sıcaklığı 12 °C' dir [16]. Tasarladığımız sistem ise 33 dakika sonunda en düşük 13 °C' ye kadar soğutma yapmıştır. Bu sonuç itibariyle TSE standartlarının vermiş olduğu değere 1 °C farkla yaklaşmış bulunmaktayız. 33. dakikadan sonra içme suyu sıcaklığı sabit olarak 13 °C arasında seyir etmektedir. Yapılan bu çalışma sadece su soğutma amaçlı olmayıp, gerekli iyileştirme ve dizaynlar yapılarak farklı yerlerde kullanımı mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] Sloman, A. W., Buggs, P., Molley, J., Stewart, D., "A microcontroller-based driver to stabilize the temperature of an optical stage to within 1 mK in the range 4-38 °C, using a Peltier heat pump and a thermistor sensor", Measurement Science and Technology, 7:1653-1664 (1996).
- [2] Cıylan B., "Termoelektrik Modüller İçin Mikrodenetleyici Kontrollü Yeni Bir Test Sisteminin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, Ankara, 55-84 (2009)
- [3] Yalçınkaya, G., "Termoelektrik modülle Soğutma ve deneysel Elektrik Üretimi " DPU .Fen Bilimleri Enstitüsü. Yük.Lis. Tezi. 2008
- [4] Sara Godfrey, Melcor Corporation " An introduction to thermoelectric coolers " Articles september (1996).
- [5] Godfrey, S. An introduction to thermoelectric coolers, 1996 <http://www.electronics-cooling.com>
- [6] Tim Wilmshurst, "Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers", Newnes, 2010
- [7] Microchip Web Sitesi, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292c.pdf>
- [8] Maxim Web Sitesi, <http://www.maxim-ic.com/reliability/product/DS1820.pdf>
- [9] Aydoğan, B., "LabView Görsel Grafik Programı İle Peltier Yarıiletkenine Enerji Verildiğinde Sıcaklık Performansının İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli (2006)
- [10] Fidan, U., "Mikrodenetleyici kontrollü taşınabilir termoelektrik tıp kiti cihazı tasarımı ve uygulanması", G.Ü Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2000.
- [11] Zhang H.Y., Mui Y.C., Tarin M., "Analysis of thermoelectric cooler performance for high power electronic packages", Applied Thermal Engineering, 30(6-7): 561-568, (2010)

- [12] Khattab N.M., El Shenawy E.T., "Optimal operation of thermoelectric cooler driven by solar thermoelectric generator", *Energy Conversion and Management*, 7(4): 407-426, (2006)
- [13] R. Chein, G. Huang, "Thermoelectric cooler application in electronic cooling", *Applied Thermal Engineering*, 25(17-18): 2983-2997, (2005)
- [14] H.Y. Zhang, "A general approach in evaluating and optimizing thermoelectric coolers", *International Journal of Refrigeration*, 33(6): 1187-1196, (2010)
- [15] J. Li, B. Ma, R. Wang, L. Han, "Study on a cooling system based on thermoelectric cooler for thermal management of high-power LEDs", *Microelectronics Reliability*, 51(12): 2210-2215, (2011)
- [16] Döşkaya, E. "Güneş ve Atık ısı ile Termoelektrik modülle Elektrik Üretimi" MKU.Fen Bilimleri Ens. Yük.Lis.Tezi 2010