

Termoelektrik Kriyo İğne

Raşit AHISKA*¹, Günay ÖMER², Nurcan Bingöler¹

¹Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 06500, Yenimahalle, Ankara, Türkiye

²Ankara Medipol Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, 06050, Radyoterapi Programı, Ankara, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 07/03/2024
Düzeltilme: 23/04/2024
Kabul: 09/05/2024

Anahtar Kelimeler

Termoelektrik
Kriyo İğne
TEPAS

Article Info

Research article
Received: 07/03/2024
Revision: 23/04/2024
Accepted: 09/05/2024

Keywords

Thermoelectric
Cryo Needle
TEPAS

Grafik Özet (Graphical/Tabular Abstract)

Termoelektrik Kriyo İğnenin parametreleri TEPAS'la ölçülmüştür. TEPAS'la yapılan ölçümlerde modülün parametreleri $\Delta T_{\max} = 62,3^{\circ}\text{C}$, $I_{\max} = 6,23\text{A}$, $V_{\max} = 19,22\text{V}$, $E_{\max} = 3,52\text{V}$, $P = I_{\max} V_{\max} = 120\text{W}$ olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular Şekil A'da gösterilmektedir. Ayrıca bu sonuçlara göre TEKİ'deki kriyo iğneyi soğutmak için gerekli süre en fazla 5dk olmuştur. Böylece cihazın enerji tüketimi $15,1 \text{ V} \times 5,2 \text{ A} = 0,075 \text{ kWh}$ olarak bulunmuştur. / The parameters of the Thermoelectric Cryo Needle were measured with TEPAS. In the measurements made with TEPAS, the change of the module was set as $\Delta T_{\max} = 62.3^{\circ}\text{C}$, $I_{\max} = 6.23\text{A}$, $V_{\max} = 19.22\text{V}$, $E_{\max} = 3.52\text{V}$, $P = I_{\max} V_{\max} = 120\text{W}$. The findings are shown in Figure A. Additionally, according to this procedure, the time required to cool the cryo needle in TEKİ was 5 minutes at most. Thus, the energy consumption of the device changes to $15.1 \text{ V} \times 5.2 \text{ A} = 0.075 \text{ kWh}$.

I(A)	V(V)	T_H (K)	T_C (K)	ΔT (K)	E(V)
3,13	6,00	304,80	263,70	41,10	1,28
4,04	7,66	307,70	260,70	47,00	1,52
4,28	8,13	308,60	260,50	48,10	1,50
4,51	8,59	309,40	260,60	48,80	1,62
4,74	9,07	310,60	261,30	49,30	1,66

Şekil A. Deneysel veriler / Figure A. Experimental data

Önemli noktalar (Highlights)

- Yeşil teknoloji / Green technology
- Termoelektrik soğutucu / Thermoelectric cooling
- Enerji tasarrufu / Electricity saving

Amaç (Aim): Bu çalışmada dünyada ilk kez TES Termoelektrik Ltd. Şti. tarafından üretilen Türk patentli (Patent No.:2020-22699, PCT/TR/2021/051301) termoelektrik kriyo iğnenin parametrelerinin iyileştirilmesine yönelik araştırma yapılmıştır. / In this study, research was carried out to improve the parameters of the Turkish patented (Patent No.:2020-22699, PCT/TR/2021/051301) thermoelectric cryo needle device, which was produced for the first time in the world by TES Thermoelectric Ltd.

Özgünlük (Originality): Çalışmanın özgün yönü kullanılan termoelektrik kriyo iğnenin patentli olmasının yanı sıra bu ürünün parametrelerinin incelenmesi için geliştirilen yeni yöntem ve TEPAS'ın kullanılmış olması gösterilebilir. / The unique aspect of the study is that the thermoelectric cryo needle device used is patented, as well as the new method and TEPAS developed to examine the parameters of this product.

Bulgular (Results): Elde edilen deneysel sonuçların hata sınırları dahilinde teorik hesaplama sonuçlarıyla aynı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada yeni ölçüm yöntemiyle çalışan TEPAS sisteminin yüksek performansı gözlemlenmiştir. / It has been determined that the experimental results obtained are the same as the theoretical calculation results within the error limits. Also, the high performance of the TEPAS system operating with the new measurement method was observed in this study.

Sonuç (Conclusion): Dünya çapında patenti bulunan bu buluş, yalnızca çevre, enerji ve su sorunlarını çözmedi. Aynı zamanda termoelektrik medikal cihaz üretimine yönelik yeni bir çözüm önerisi ortaya koymuştur. / This invention, which has a worldwide patent has not only solved the environmental, energy and water problems. At the same time, it has introduced a solution proposal for thermoelectric medical cryo needle device and production.



Termoelektrik Kriyo İğne

Raşit AHISKA^{*1}, Günay ÖMER², Nurcan Bingörler¹

¹Gazi University, Faculty of Science, Department of Physics, Ankara, Turkey

²Ankara Medipol University, Vocational School of Health Services, Radiotherapy Program, Ankara, Turkey

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 07/03/2024
Düzeltilme: 23/04/2024
Kabul: 09/05/2024

Anahtar Kelimeler

Termoelektrik
Kriyo İğne
TEPAS

Öz

Kriyo uygulamaları, aşırı soğukun canlıların biyolojik yapıları üzerindeki etkilerinden yararlanılarak geliştirilmiş teşhis ve tedavi yöntemleridir. Günümüzde aşırı soğukun biyolojik sistemler üzerindeki iki farklı etkisi kullanılarak tanı ve tedavi amaçlı üç farklı kriyo uygulama yöntemi geliştirilmiş ve ortopedi, göğüs hastalıkları, dermatoloji, üroloji ve karaciğer metastaz cerrahisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanımın sebebi ise dünyada hipotermi ve kriyo cihazların ve medikal soğutma sanayisinin gelişmesiyle mümkün olmuştur. Mevcut ve çok pahalı olan kriyo ürünlerinin tümü çevreyi kirleten cihazlardır ve bir çoğu yasaklanan gazlarla soğutma yapmaktadır. Bu temel sorunları çözmek için çok sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Burada tek kesin ve kalıcı çözüm çevre dostu, enerji ve su tasarruflu, ucuz ve pratik teknoloji ve ürünlerin üretimini sağlayan termoelektrik teknolojiler ve ürünlerdir. Termoelektrik teknolojilerin, cihaz ve sistemlerin çözmesi gereken kendine has problemlerin başında ise bu cihazları oluşturan modüllerin seçilmesi ve parametrelerin araştırılması gelmektedir. Burada bir termoelektrik modülün sadece parametrelerin ölçülmesi değil aynı zamanda bu parametrelerin ölçüm yöntemlerinin ve test cihazlarının araştırılması ve seçilmesi büyük öneme sahiptir. Çünkü klasik yöntemlerle çalışan test cihazları hassas olmasının yanı sıra aşırı pahalı olmasıdır. Bu çalışmada bütün bu problemleri çözen ve Türkiye’de üretilen Türk patentli (Patent No:2020-22699, PCT/TR/2021/051301) yeni nesil termoelektrik kriyo iğne cihazın bütün termoelektrik parametreleri araştırılmıştır ve yeni bilimsel bulgular elde edilmiştir. Bunun için yeni test yöntemleri ve teknolojileri kullanarak geliştirilen Termoelektrik Performans Analiz Sistemi (TEPAS) kullanıldı. TEPAS’la yapılan ölçümlerde cihazın parametreleri $\Delta T_{\max} = 62,3^{\circ}\text{C}$, $I_{\max} = 6,23\text{A}$, $V_{\max} = 19,22\text{V}$, $E_{\max} = 3,52\text{V}$, $P = I_{\max}V_{\max} = 120\text{W}$ olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar teorik sonuçlarla çok yakın olduğu görülmüştür.

Article Info

Research article
Received: 07/03/2024
Revision: 23/04/2024
Accepted: 09/05/2024

Keywords

Thermoelectric
Cryo Needle
TEPAS

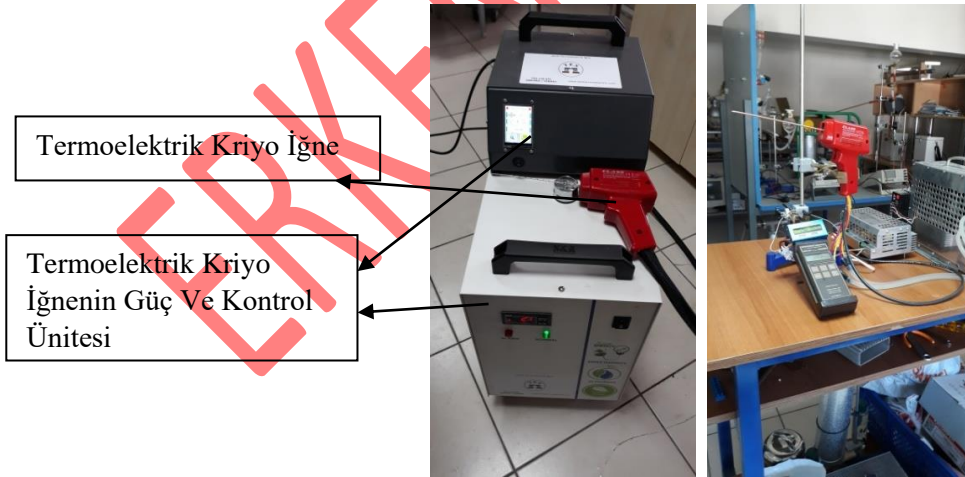
Abstract

Cryo applications are diagnostic and treatment methods developed by taking advantage of the effects of extreme cold on the biological structures of living things. Today, three different cryo application methods have been developed for diagnosis and treatment using two different effects of extreme cold on biological systems and are widely used in orthopedics, chest diseases, dermatology, urology and liver metastasis surgery. The reason for this widespread use has been made possible by the development of hypothermia and cryo devices and the medical cooling industry in the world. All existing and very expensive cryo products are polluting devices, and many burn cooling with banned gases. A lot of work is being done to solve these basic problems. The only definitive and permanent solution here is thermoelectric technologies and products that enable the production of environmentally friendly, energy and water-saving, cheap and practical technologies and products. One of the unique problems that thermoelectric technologies, devices and systems must solve is the selection of the modules that make up these devices and the investigation of the parameters. Here, it is of great importance not only to measure the parameters of a thermoelectric module, but also to research and select measurement methods and test devices for these parameters. Because test devices that work with classical methods are not only not sensitive but also extremely expensive. In this study, all thermoelectric parameters of the new generation thermoelectric cryo needle device with Turkish patent (Patent No: 2020-22699, PCT/TR/2021/051301), which solves all these problems and is produced in Turkey, were investigated and new scientific findings were obtained. For this, Thermoelectric Performance Analysis System (TEPAS), developed using new test methods and technologies, was used. In measurements made with TEPAS, the parameters of the device were measured as $\Delta T_{\max} = 62,3^{\circ}\text{C}$, $I_{\max} = 6,23\text{A}$, $V_{\max} = 19,22\text{V}$, $E_{\max} = 3,52\text{V}$, $P = I_{\max}V_{\max} = 120\text{W}$. These results were found to be very close to the theoretical results.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsan vücudu ısındığında hipertermi soğuduğunda ise hipotermi meydana gelir [1-3]. Hipotermimin, özellikle beyin hipotermisi ve kriyoterapinin sadece bir tedavi yöntemi değil, aynı zamanda bir anestezi ve teşhis yöntemi olduğu İbn-i Sina'dan beri bilinmektedir [4-7]. Travma ve açık kalp ameliyatlarında kalp herhangi bir nedenle durduğunda kısa sürede beyinde hücre ölümü başlar. Bunu önlemek için; beyin hızlı bir şekilde soğutulması gerekir [8-12]. Hücrelerin ve sinirlerin hipotermisine kriyo tedavisi denir [13-17]. Kriyo uygulamaları, hipotermimin canlıların üzerindeki etkileri üzerine yapılmış teşhis ve tedavi yöntemleridir [18,19]. Bundan dolayı hipotermi ve kriyo cihazların ve medikal soğutma sanayisinin gelişmesi çok önemlidir. Maalesef piyasadaki pahalı olan kriyo ürünlerinin tümü gazlarla soğutma yapmaktadır. Buda çevreye çok büyük zarar vermektedir. Aynı zamanda bu, medikal soğutma sanayi ve biliminin en büyük sorununu oluşturmaktadır. Bu temel sorunu çözmek için çok sayıda çalışma yapılmaktadır [20-22]. Bu temel problemin tek kesin ve kalıcı çözümü çevre dostu, enerji ve su tasarruflu, ucuz ve pratik teknoloji ve ürünlerin üretimini sağlayan termoelektrik teknolojiler ve ürünleridir. Termoelektrik teknolojilerin, cihaz ve sistemlerin çözmesi gereken kendine has problemlerin başında ise bu cihazların termoelektrik parametrelerin araştırılması gelmektedir. Bu alanda dünyada çok sayıda teorik ve deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalardan da görülen şey bir

termoelektrik cihazın sadece parametrelerin ölçülmesi değil aynı zamanda bu parametrelerin ölçüm yöntemlerinin ve test cihazlarının araştırılması ve seçilmesi büyük öneme sahip olmasıdır. Bunun sebebi klasik yöntemlerle çalışan test cihazların ve sistemlerin hassas olmaması ve aşırı pahalı olmasıdır. Bu çalışmada bütün bu problemleri çözen ve Türkiye'de üretilen Türk patentli (Patent No:2020-22699, PCT/TR/2021/051301) yeni nesil termoelektrik kriyo iğne cihazın bütün termoelektrik parametreleri araştırılmıştır. Bunun sonucunda termoelektrik kriyo iğne medikal sanayisini oluşturan cihazın parametrelerinin iyileştirilmesi konusundaki yeni bilimsel bulgular elde edilmiştir. [20-23]. Termoelektrik Kriyo İğnenin (TEKİ) bütün parametreleri yüksek teknoloji ürünü olan TEPAS'la incelenmiştir [24-29]. Buna ek olarak bu çalışma TEPAS sisteminin pratik, ucuz ve hassas olması gibi üstünlükleri de gösterilmiştir. Yeni yöntem ve TEPAS diğer klasik yöntem ve cihazların yapamadığı işlem olan çalışan bir modülün dinamik parametrelerinin ölçebilme işlevini yapabildiğinden bu yeni patentli teknoloji termoelektrik bilimine ve sanayisine yenilikçi çözümler sağlamıştır. TEPAS'la yapılan ölçümlerde cihazın dinamik parametreleri $\Delta T_{\max} = 62,3^{\circ}\text{C}$, $I_{\max} = 6,23\text{A}$, $V_{\max} = 19,22\text{V}$, $E_{\max} = 3,52\text{V}$, $P = I_{\max} \times V_{\max} = 120\text{W}$ olarak ilk kez ölçülmüştür. Ayrıca bu çalışmada TEKİ oluşturan güç kaynağı ve devir daim sistemleri araştırılmıştır. Elde edilen bilimsel bulgular teorik sonuçlarla çok yakın olduğu görülmüştür.



Şekil 1. Termoelektrik kriyo iğne ve test düzeneği (Thermoelectric cryo needle and test device)

2. YÖNTEM (METHODS)

Dünya nüfusunun ve buna bağlı olarak sağlık sorunlarının artmasıyla medikal cihaz üretim sektörü yeni yatırımlar ile sürekli büyümektedir.

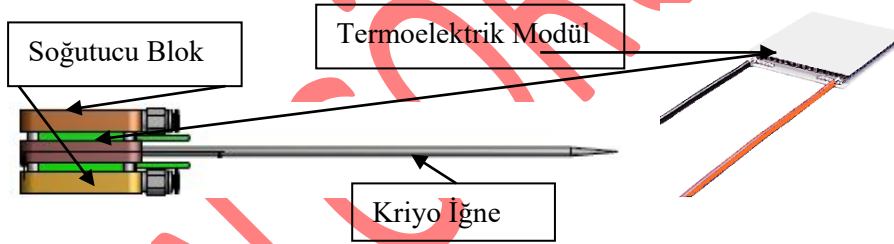
Çevre sorunları ve enerji tüketimindeki buna paralel artış yeni çevreci ve enerji tasarruf yatırımlarını gerektirmektedir. Bu kapsamda medikal sanayide farklı teknolojileri değerlendirilerek yarara dönüştürülmesi son derece

kritiktir. Medikal sanayide çeşitli süreçlerde cihaz üretim hatlarında tasarruf kaynaklarının belirlenmesi ve kullanılabilir hale getirilmesi için verimli yüksek teknolojilere ihtiyaç vardır. Bu teknolojilerin başında termoelektrik teknolojiler ve ürünleri gelmektedir. Bu çalışmada yeni nesil termoelektrik kriyo iğnenin tüm termoelektrik parametrelerinin teorik ve deneysel araştırması yapılmıştır. Tabii ki, ister bilimsel araştırmalar yapmak ister seri üretimi gerçekleştirmek için bu termoelektrik parametrelerin doğru ve hassas bir şekilde ölçülmesi gereklidir. Buna göre ölçüm yöntemleri ve cihazları termoelektrik biliminin ve sanayisinin çok önemli konularını oluşturmaktadır. Burada çözülmesi gereken iki temel problem vardır. Birincisi, hassas ölçüm yapabilmektir. Burada klasik yöntemle çalışan cihazların ölçüm hata payları %30 - %40 civarındadır. İkincisi, bu cihazlar çok pahalıdır. Bu bağlamda, Türkiye’de TES Ltd. Şirketi’nde geliştirilen ve yeni yöntemle çalışan ve çok ucuz olan TEPAS gibi cihazların ölçüm hata payları %5’in altında olduğu bilim dünyasınınca bilinmektedir [30]. Bu çalışmada termoelektrik kriyo iğnenin başta Z olmak üzere

tüm termoelektrik özellikleri TEPAS’la araştırılmıştır. Şekil 1’de TEKİ genel görüntüsü ve deney düzeneği gösterilmiştir.

Şekil 1’deki cihazı incelediğimizde cihazın bir kasa, bir adet özel termoelektrik soğutucu (içine iğne yerleşebilen bakır parça, termoelektrik modül, fanlı sıvı soğutmalı ısı transfer sisteminden yapılmış bir blok), bir adet DC güç kaynağı ve cihazı akıllı kılan özel yazılımla donatılmış, otomatik soğutma-ısıtma yapabilen kontrol ünitesinden yapıldığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmada cihazın fanlı sıvı soğutmalı sistemi ve doğru akım kaynağı da araştırılmıştır. Şekil 2’de üzerinde iğnesi bulunan termoelektrik soğutucu blok ve kullanılan modül gösterilmiştir.

TEPAS’la ölçülen parametrelerin içinde Q_C , Q_H , T_C , T_H , P , COP , K , R , Z ile V_{max} , I_{max} ve E_{max} olarak adlandırılan deneysel parametreleri de vardır [24]. TEPAS’ın çalışma prensipleri yeni yöntemle dayanmaktadır [24-29]. TEPAS’la ölçülen parametrelerin tanımı Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2. Üzerinde iğnesi bulunan termoelektrik soğutucu blok (Thermoelectric cooler block with needle on it)

Tablo 1. TEPAS’la ölçülebilen parametreler. (Parameters that can be measured with TEPAS)

Simge	Birim	Açıklama
COP		TE modül performans katsayısı
E_{max}	V	TE modülün ürettiği termoemk (ΔT_{max} iken)
I_{max}	A	TE modülün çektiği akım (ΔT_{max} iken)
K	$W.K^{-1}$	TE modülün toplam termal iletkenliği
P	W	TE modülün tükettiği güç
Q_C	W	TE modülün soğuk yüzeyinden soğurulan toplam ısıl yük
Q_H	W	TE modülün sıcak yüzeyinde açığa çıkan toplam ısı miktarı
Q_L	W	Birim zamanda TE modüle gelen toplam ısıl yük
Q_{Cmax}	W	TE modülün maksimum soğutma kapasitesi ($I = I_{max}$ ve $\Delta T = 0$ iken)

R	Ohm	TE modül elektriksel direnci
T _C	K	TE modül soğuk yüzey sıcaklığı
T _H	K	TE modül sıcak yüzey sıcaklığı
V _{max}	V	TE modül gerilimi (ΔT _{max} iken)
Z	K ⁻¹	TE modülün kalite katsayısı (Figure-of-merit)
ΔT	K	TE modül yüzeyler arası sıcaklık farkı (□T = T _H - T _C)
ΔT _{max}	K	TE modülde elde edilebilecek maksimum sıcaklık farkı (I = I _{max} ve Q _C = 0 iken)
K	Wm ⁻¹ K ⁻¹	TE yarıiletkenin termal iletkenliği
A	VK ⁻¹	TE yarıiletkenin Seebeck katsayısı
P	Ohm.cm	TE yarıiletkenin öz direnci
Z	K ⁻¹	TE yarıiletken kalite katsayısı

Burada teorik bulgular da yeni yöntemle göre elde edilmiştir. Yeni teorik formüller aşağıda verilmiştir. Üretilen TEKİ’de tek bir 4x4cm’lik termoelektrik modül kullandığından modülün özellikleri cihazın özelliklerini oluşturmaktadır. Dolayısıyla cihazın watt olarak Q_C ve Q_H,

$$Q_C = V_{max} I - \frac{0,5I^2(V_{max} - E_{max})}{I_{max}} - \left[I + \frac{0,5(V_{max} - E_{max})I_{max}}{E_{max}} \right] E \quad (1)$$

$$Q_H = V_{max} I + \frac{0,5I^2(V_{max} - E_{max})}{I_{max}} - \frac{0,5(V_{max} - E_{max})I_{max} E}{E_{max}} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir.

Modülün çektiği güç şöyle hesaplanabilir:

$$P = \frac{I^2(V_{max} - E_{max})}{I_{max}} + EI \quad (3)$$

Buradan modülün verimi,

olur. Bunlara ek olarak modülün Z parametresi,

$$Z = \frac{V_{max} E_{max}}{0,5(V_{max} - E_{max})^2 T_H} \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir.

Cihazda kullanılan modülün yüzeylerindeki sıcaklığın ölçülmesi çok zordur. Burada modülün

sıcak tarafı cihazın dışında olduğu için bu tarafın

$$COP = \frac{Q_C}{P} = \frac{V_{max} I - \frac{0,5I^2(V_{max} - E_{max})}{I_{max}} - \left[I + \frac{0,5(V_{max} - E_{max})I_{max}}{E_{max}} \right] E}{\frac{I^2(V_{max} - E_{max})}{I_{max}} + EI} \quad (5)$$

T_H sıcaklığı rahatlıkla bulunur.

Yeni teoriye göre, T_C ve T_H sıcaklıkları için

yazılabilir. Buna göre T_C direkt ölçmeden sadece T_H ve E’den bulabiliriz. Aynı denklemden,

Böylece T_C ve E den kolayca T_H ölçülebilir.

Termoemk E’nin Q_C’e göre fonksiyonu aşağıdaki formülle ifade edilecektir:

$$T_C = T_H \left(1 - \frac{E}{V_{max}} \right) \quad (6)$$

$$T_H = \frac{T_C}{\left(1 - \frac{E}{V_{max}} \right)} \quad (7)$$

$$E = \frac{V_{\max} I - \frac{0,5I^2 (V_{\max} - E_{\max})}{I_{\max}} - Q_C}{I + \frac{0,5(V_{\max} - E_{\max}) I_{\max}}{E_{\max}}} \quad (8)$$

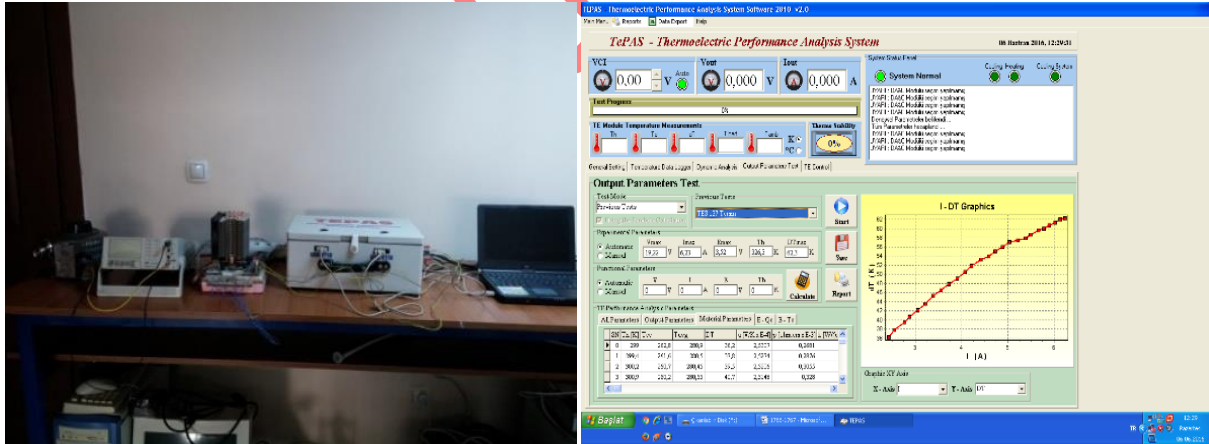
Elde edilen (1) – (8) denklemler çalışan bir termoelementin veya bir termoelektrik modülün çıkış özelliklerini verir. Burada $Q_C = Q_C(I,E)$, $Q_H = Q_C(I,E)$, $P = P(I,E)$, $COP = COP(I,E)$, $T_C = T_C(I,E)$ akım ve EMK fonksiyonları olup çalışma rejimine göre değişecektir [2].

Çalışmadaki TEPAS'ın görüntüleri Şekil 3' te verilmiştir. Yeni nesil termoelektrik iğnenin veya cihazın termoelektrik bloğunun testi için Şekil 4' daki düzenek kurulmuştur. TEPAS'la yapılan ölçümlerde modülün parametreleri $\Delta T_{\max} = 62,3^{\circ}\text{C}$, $I_{\max} = 6,23\text{A}$, $V_{\max} = 19,22\text{V}$, $E_{\max} = 3,52\text{V}$, $P = I_{\max} \times V_{\max} = 120\text{W}$ olarak bulunmuştur. TEPAS'la elde edilen birçok veriden bir kaç numune sonuç Tablo 2, Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.

3. BULGULAR VE TARIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)



Şekil 3. TEPAS'ın görünümü (TEPAS's view)

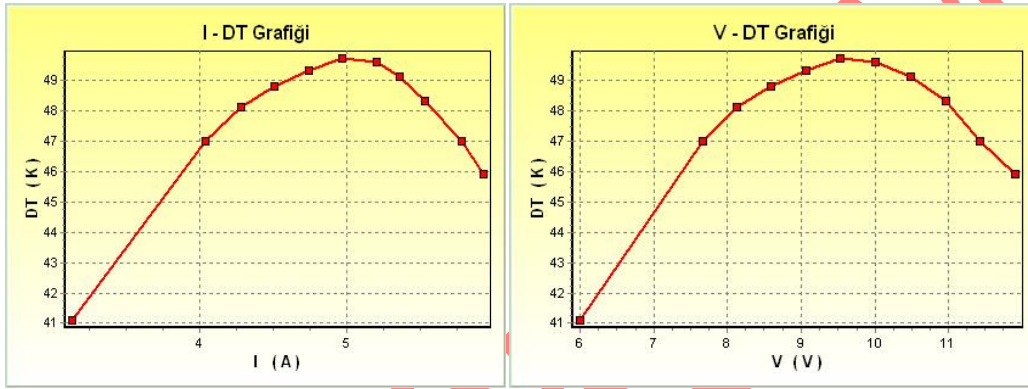


Şekil 4. TEKİ'nin TEPAS'la test düzeniği (Test setup of TEKİ with TEPAS)

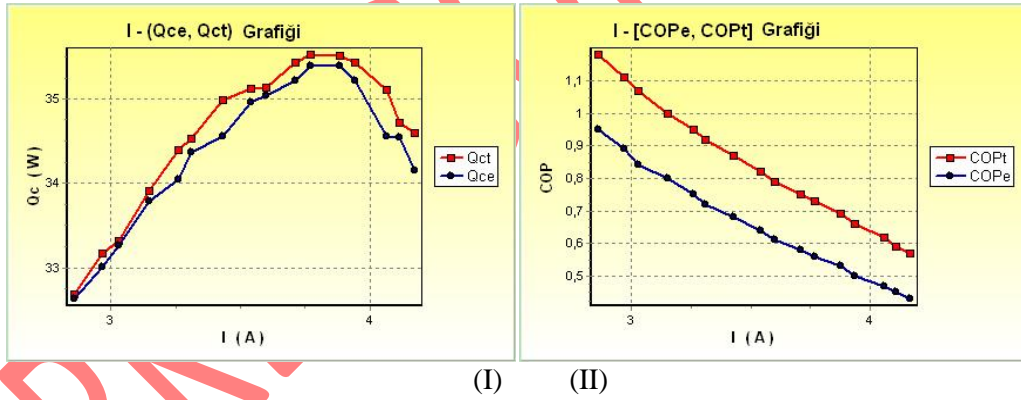
Tablo 2. T_{Cmin} rejiminde, termoelektrik bloğun çıkış parametrelerinin akım ve gerilime göre değişimi (Variation of output parameters of thermoelectric block according to current and voltage in T_{Cmin} regime)

I (A)	V (V)	T_H (K)	T_C (K)	ΔT (K)	E (V)
3,13	6,00	304,8	263,7	41,1	1,28
4,04	7,66	307,7	260,7	47,0	1,52
4,28	8,13	308,6	260,5	48,1	1,50

4,51	8,59	309,4	260,6	48,8	1,62
4,74	9,07	310,6	261,3	49,3	1,66
4,97	9,53	311,8	262,1	49,7	1,68
5,20	10,01	313,0	263,4	49,6	1,73
5,36	10,49	314,3	265,2	49,1	1,75
5,53	10,96	315,4	267,1	48,3	1,74
5,78	11,43	316,2	269,2	47,0	1,77
5,93	11,9	317,1	271,2	45,9	1,81



Şekil 5. TEKİ'n DT(I) ve DT(V) Grafikleri (TEKİ's DT(I) and DT(V) Graphs)



Şekil 6. TEKİ'n Q_{cmax} rejimdeki I, Q_c (I) Ve II, COP(I) grafikleri

(TEKİ's Q_{cmax} regime I, Q_c (I) and II, COP(I) graphs)

Burada Q_{ce} deneysel Q_{ct} teorik bulguları göstermektedir. Bunların birbirine çok yakın olduğundan TEPAS'n %5'lik hata payıyla ölçtüm yaptığı tespit edilmiştir.

Benzer başarı TEKİ'de üretiminde kullanılan CP1.4-127-10 ve TEC1-12705 kodlu modüllerin katalog verilerinin TEPAS ile ölçülenlerle

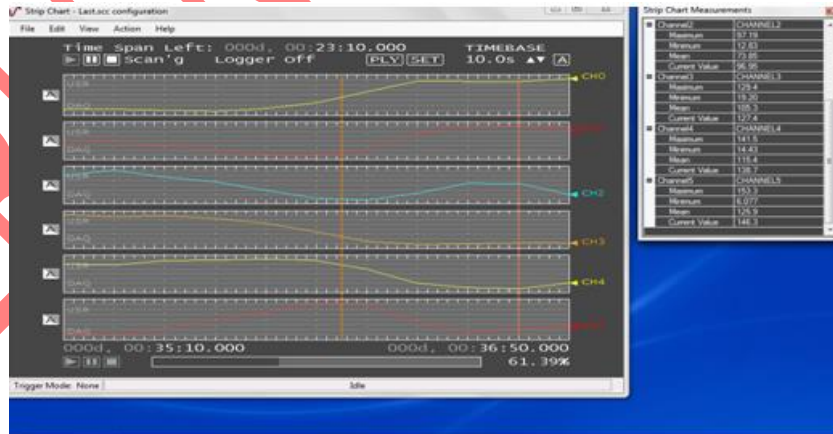
karşılaştırıldığında görülmüştür. Bu sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Bu tabloya göre TE modüllerin karakteristikleri değişmektedir. Bunun nedeni modüldeki yarıiletkenlerin özelliklerinin gerçek şartlarda değişmesi ve soğutucunun yalıtımının, ısı transfer sisteminin performansının farklılık göstermesidir [24].

Tablo 3. TE modül ile TE sistem parametrelerinin karşılaştırılması (Comparison between TE module and TE system parameters)

Özellik	TEKİ (CP1.4-127-10)		TEKİ (TEC1-12705)	
	TEPAS	Üretici Katalogu	TEPAS	Üretici Katalogu
T_{max} (°C)	67,90	68,10	49,80	66,10
I_{max} (A)	3,94	3,91	4,98	5,40
V_{max} (V)	17,32	15,41	9,54	14,30
E_{max} (V)	3,08	-	1,69	-
Q_{Cmax} (W)	31,60	33,41	37,60	43,10
R (°C)	3,46	3,45	1,59	2,41

Bu çalışmada yeni nesil termoelektrik kriyo iğnenin termoelektrik modül kadar önemli olan sıvı devir-daimli ünitesi de araştırılmıştır. TEKİ’de kullanılan modülün $Q_{Cmax} = 50$ W ve $Q_H = 100$ W olduğuna göre Şekil 1’de gösterilen fanlı sıvı devir-daim sisteminin toplam ısı atma kapasitesi 150W olup TEKİ’de kullanılan modülün yüzeyler arasında meydana getirdiği sıcaklık farkı en az 55°C olarak bulunmuştur. Bu bulgu 25°C’li bir ortam için tespit edilmiştir. Şekil 7’de sıvı devir-daimli test özel sıcaklık ölçüm sistemiyle elde edilen sonuçlar verilmiştir. Devir daim sisteminin debisi= $(300/33,25) \times 10^{-6} = 9,02 \times 10^{-6}$ olarak

bulunmuştur. Burada devir daim sisteminde 300ml su ortalama 33,25 sn’de dolmaktadır. Devir daim sisteminin attığı ısı $Q = dxCxd\Delta T$ formülüyle hesaplanır. Burada $d = 1000$ kg/ m^3 suyun yoğunluğu, $C = 4180$ j/kg°C suyun öz ısısı, ΔT ise termokupul ile ölçülen devir daim içindeki suyun sıcaklık farkıdır. Elde edilen sonuçlara göre devir daim sisteminin attığı ısı güç 150 W olarak bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada yeni nesil termoelektrik kriyo cihazın SMPS DC güç kaynağı araştırılmıştır. TEKİ’de bulunan Proline 2420 Battery Changer 24VDC- 20A güç kaynağını araştırmak için Şekil 8’deki düzenek kullanılmıştır.

**Şekil 7.** TEKİ’de kullanılan devir-daim test sonuçları (Circulation test results used in TEKİ)



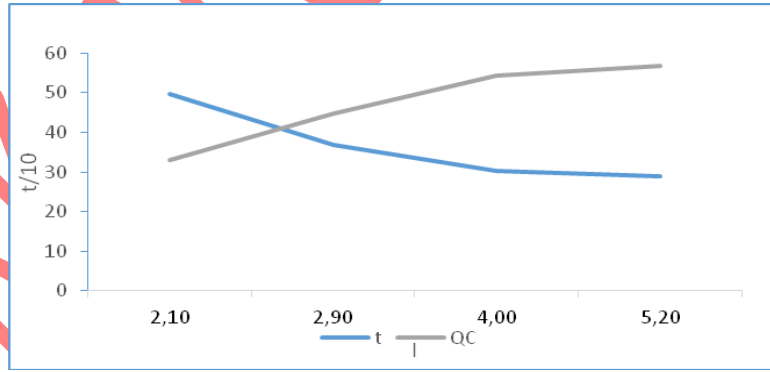
Şekil 8. TEKİ kullanılan güç kaynağı (TEKİ used power supply)

Burada DC Wattmetre ile elde edilenler; 4,90A-13,8V- 66,5W- 0,7Wh- 1,3Vh-12,98Vm-0,07Ah-75,4Wp değerleri olmuştur. Böylece TEKİ’de bulunan termoelektrik modülün çektiği güç 66,5W iken TEKİ’n tükettiğini toplam güç 80W olmuştur. Buna göre TEKİ’n ne kadar enerji tasarruflu olduğunu görülmüştür.

TEKİ’de iğnenin donma zamanlarını bulmak için farklı iğneler denendi ve sırası ile 2, 3, 4, 5 Amperler için iğnenin donma zamanları bulunmuştur. Bulunanlar Tablo 4’de verildi. I’ya göre Q_c ve t grafikleri Şekil 9’da verilmiştir. Burada t, saniye olarak iğnenin donma zamanıdır.

Tablo 4. Deneysel veriler (Experimental data)

I (A)	V (V)	Q_c (W)	t (dk)
2,10	5,95	33,10	498
2,90	9,10	44,80	368
4,00	11,70	54,30	303
5,20	15,10	56,80	290



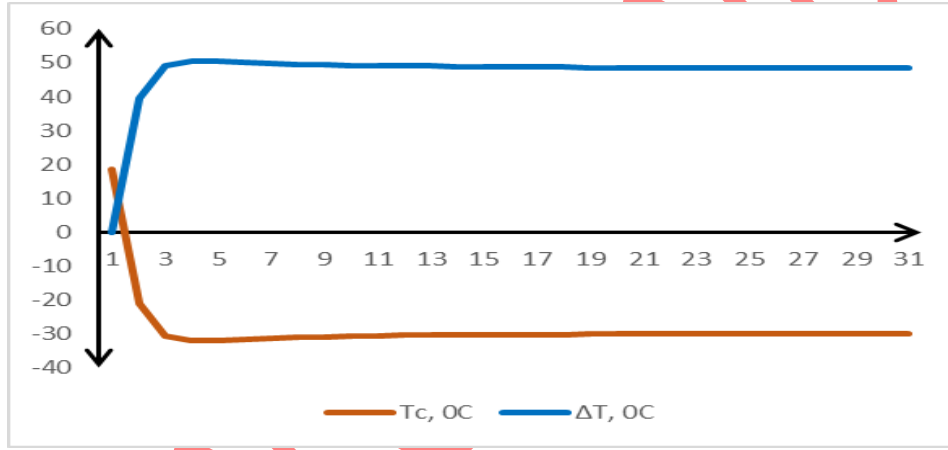
Şekil 9. I- Q_c Ve I-t Grafikleri (I- Q_c and I-t graphics)

Grafikler incelendiğinde 10,1 A akımda, 180 saniyede bakır -32,2 °C’ye kadar donmuştur. Ölçümler 18,4 °C’lik ortamda yapılmıştır. I artıkça Q_c ’ler artarken iğnenin donma süreleri

azalmaktadır. Ayrıca Şekil 10’da $T_H = 18,4$ °C, Bakırın sıcaklığı $T_{bakır} = T_C$ ve $\Delta T = T_H - T_C$ için zaman grafikleri verilmiştir.

Tablo 5. T_c , T_H Ve $T_{bakır}$ zaman grafiklerinin deneysel bulguları (T_c , T_H and T_{copper} Experimental findings of time graphs)

t, dk	T_c , °C	ΔT , °C
0	18,40	0
1	-21,10	39,50
2	-30,80	49,20
3	-32,20	50,60
4	-32,10	50,50
5	-31,80	50,20
6	-31,40	49,80
7	-31,20	49,60
8	-31,00	49,40
9	-30,80	49,20
10	-30,70	49,10

**Şekil 10.** T_c , T_H ve $T_{bakır}$ zaman grafikleri. (T_c , T_H and T_{copper} time graphics)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Dünyada ilk kez Türkiye’de üretilen Türk patentli (Patent No:2020-22699, PCT/TR/2021/051301) yeni nesil termoelektrik kriyo iğne cihazın parametrelerini iyileştirmek amacıyla araştırmalar yapılmıştır. Bunun için yeni soğutma yöntemleri ve teknolojileri kullanılarak üretilen çevre dostu, ucuz, pratik ve kullanışlı termoelektrik kriyo iğnenin tüm termoelektrik parametreleri teorik ve deneysel olarak incelenmiştir. TEPAS’la yapılan ölçümlerde cihazın parametreleri $\Delta T_{max} = 62,3^\circ\text{C}$, $I_{max} = 6,23\text{A}$, $V_{max} = 19,22\text{V}$, $E_{max} = 3,52\text{V}$, $P = I_{max} \times V_{max} = 120\text{W}$ olarak ölçülmüştür. Bu sonuçların teorik sonuçlarla çok yakın olduğu görülmüştür. Buna ek olarak TEPAS sisteminin pratik, hızlı ve hassas olması gibi üstünlükleri de gösterilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre TEKİ’deki kriyo iğneyi soğutmak için gerekli süre en fazla 5dk olmuştur. Böylece cihazın enerji tüketimi $15,1\text{ V} \times 5,2\text{ A} =$

0,075 kWh olarak bulunmuştur. Buna göre TEKİ’nin modülü soğutma kapasitesi 56,8W olarak hesaplanarak seçilmiştir. Termoelektrik modülün sıcak tarafını oda sıcaklığında bulundurmak amacıyla su devir-daimli ünitesi yapılmış ve test edilmiştir. TEKİ’de bulunan fanlı su devir-daimli sistemin gücü 150W olup modülde meydana getirdiği sıcaklık farkı 55°C olmuştur. TEKİ’de bulunan SMPS DC güç kaynağının, verimli ve yüksek güvenilirlikte olduğu görülmüştür. Ayrıca Kriyo cihazında cihazı akıllı kılan bir PID sıcaklık kontrol ünitesi bulunmaktadır. Bunun için ise TEKİ’de ATMEGA328 tabanlı bir yazılım kullanılmıştır. Böylece teori ile deneysel bulguların karşılaştırılması sonucunda 4 akım değeri için ölçülen ve hesaplanan COP’n arasındaki farklarının ortalama hata payı % 1,7 olarak bulunmuştur.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma Gazi Üniversitesi BAP projesi kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: FYL/2023-8542

This study was supported by Gazi University BAP project.
Project No.: FYL/2023-85442

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Raşit Ahıska: Deneyleri yapmış, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

The author of this article declares that the materials and methods they use in their work do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study.

SIMGELER (ICONS)

°C: Santigrat derece

ΔT : Sıcaklık farkı

TEKİ: Termoelektrik kriyo iğne

TEM: Termoelektrik modül

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Yavuz, A.H. (2009). Bulanık Mantık Denetimli Termoelektrik Beyin Soğutucusu. (Doktora Tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No:245595)
- [2] Kwon, B. K., Mann, C., Sohn, M. H., (2008). Hypothermia for spinal cord injury. The Spine Journal, 8(2), 859-874
- [3] Kiyatkin, E. A., Sharma H. S., (2009). Permeability of the blood-brain barrier depends on brain temperature. Journal Of Neuroscience, 10(1), 10-16
- [4] Arrica, M., Bissonette, B., (2007). Therapeutic hypothermia. Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 11(1), 6-15
- [5] Inamasu, J., Ichikizaki, K., (2002). Mild hypothermia in neurologic emergency: an update. Annals of Emergency Medicine, 40(3), 220-230
- [6] Katz, L. M., Younga, A.S., Franka, J.E., Wanga, Y., Park, K., (2004). Regulated hypothermia reduces brain oxidative stress after hypoxic-ischemia. Brain Research, 1017(1), 85-91
- [7] Gal, R., Cundrle, I., Zimova, I., Smrcka, M., (2002). Mild hypothermia therapy for patients with severe brain injury. Clinical Neurology and Neurosurgery, 104, 318-321
- [8] Clifton, G.L., (2000). Hypothermia and severe brain injury. Journal of Neurosurgery, 93(4), 718-719
- [9] Clifton, G.L., Steven. A., Berry, J., Koch, S. M., (1992). Systemic hypothermia in treatment of brain injury. Journal of Neurotrauma, 9(2), 487-495
- [10] Pekka, M., (1992). Changes in Human Intracerebral Temperature in Response to Different Methods of Brain Cooling. Neurosurgery, 31(4), 671-677
- [11] Ovul, I., Nadirzade, R.S., Oner, K., Nadirzade, S.M., (1997). A method for monitoring intracerebral temperature in neurosurgical patients. Technology-Surgical Approaches, 3(2), 354
- [12] Ovul, I., Nadirzade, R.S., Oner, K., Nadirzade, S.M., (1997). A new technique for brain hypothermia. Technology-Surgical Approaches, 3(3), 353
- [13] Ahıska, R., Güler, İ., Kaymaz, M., Yavuz, A.H., (2008). Control of a thermoelectric brain cooler by adaptive neuro-fuzzy inference system. Instrumentation Science and Technology, 36(3), 636-655
- [14] Ahıska, R., Güler, İ., Yavuz, A. H., Toprak, A., (2008). Neuro-Fuzzy Inference System For Control Of A Thermoelectric Brain Cooler. Journal of Thermoelectricity, 4(2), 64-70
- [15] Yavuz, A. H., Ahıska, R., "Bulanık mantık kontrollü termoelektrik beyin soğutucusu", ELECO'2006 5. Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı, Bursa (2006).

- [16] Yavuz, A. H., Ahıska, R., “Modelling of a thermoelectric brain cooler by adaptive neuro-fuzzy inference system”, ELECO’2007 5th International Conference on Electrical and Electronics, Bursa (2007).
- [17] Steven, B., Michael, D., Darwin, G., Sandra, R., (2001). Rapid (0.5°C/min) minimally invasive induction of hypothermia using cold perfluorochemical lung lavage in dogs. *Journal of Resuscitation*, 50(3), 189–204
- [18] Zafer Aktaş, Kriyo Uygulamaları, Bölüm A-5b, 2014
- [19] Trescot, A. M., (2003). Cryoanalgesia in Interventional Pain Management. *Pain Physician*, 6, 345-360.
- [20] Ahıska R, Akıllı Termoelektrik Beyin Hipotermi Termohipoterm ve Beyin Termografi Cihazı, TR Patent No: 2020-22699, 31.12(2020)
- [21] Ahıska R, TR Patent, Masaüstü Termoelektrik Buz Makinesi, 2014-14588, 02.12(2017)
- [22] Ahıska R, TR Patent, Akıllı Termoelektrik Buz Makinesi ve Su Soğutucu Cihazı, 2022-015244, 14.10(2022)
- [23] Ahıska R, TR Patent, Termoelektrik Araç Sıvı Soğutucusu, 2017-11700, 22.06(2020)
- [24] DİŞLİTAŞ, S. (2009) Bilgisayar Kontrollü Termoelektrik Performans Analiz Sistemi, (Doktora Tezi). Ulusal Tez Merkezi (Tez No: 287463)
- [25] Ahıska, R., (2004). A New Test Method And System For The Measurement Of Z-Parameter Of Standard Peltier Modules. *Gazi Univ. Müh. Mim. Fak. Der.*, 19(2), 467-473
- [26] Ahıska, R., (2005). The Study of Thermoemf Effect on Exit Parameters of Thermoelectric Modules. *International Conference “Fizika – 2005”*, 7-9 June, Baku, Azerbaijan, 33(3): 144-148
- [27] Ahıska, R., “New Method for Investigation of Dynamic Parameters of Thermoelectric Modules”, *Turkey J. Elec. Engin.*, TUBİTAK, 15(2): 51-65 (2007).
- [28] Ahıska, R., “New Method For Study Dynamic Exit Properties Of Thermoelectric Modules”, *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 22(3): 709-716 (2007).
- [29] Ahıska, R., Ahıska, G., Ahıska, K., (2009). Analysis of a new method for measurement of parameters of real thermoelectric module employed in medical cooler for renal hypothermia. *Instrumentation Science and Technology*, 37(1), 102-123
- [30] KAPIDERE, M. (2005). Mikrodenetleyici Kontrollü Termohipoterm Tıp Cihazı Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi. (Doktora Tezi) Ulusal Tez Merkezi. (Tez No:165926)