

STANDART TERMoeLEKTRİK MODÜLÜN Z PARAMETRESİNİN ÖLÇÜLMESİ İÇİN YENİ YÖNTEM VE YENİ SİSTEM

Raşit AHISKA*, **Bünyamin CİYLAN**, **Yılmaz SAVAŞ** ve **İnan GÜLER**

Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500, Teknikokullar,
Ankara, *ahiska@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, bir termoelektrik modülün soğutma performansını gösteren kalite faktörü (figure of merit - Z) parametresinin belirlenmesi için termoemk, gerilim ve sıcak yüzeyin sıcaklığının ölçümüne dayalı yeni bir yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemle göre çalışan yeni bir mikrodenetleyici test sistemi gerçekleştirilmiştir. Yeni test sistemiyle Melcor firmasının ürettiği standart (CP 1.4-127-10L) modülün Z değeri ölçülmüştür. Bu değerler Melcor tarafından verilen Z değerleri ile kıyaslanmıştır. Bu değerler birbirine oldukça yakın çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Termoelektrik modül, Figure of Merit, test sistemi, ölçüm.

A NEW TEST METHOD AND SYSTEM FOR THE MEASUREMENT OF Z-PARAMETER OF STANDARD Peltier MODULES

ABSTRACT

In this study, a new method for the measurement of figure of merit, Z, of a thermoelectric module has been introduced. The new method depends on the measurement of thermoemf, voltage and hot side temperature of the module. A new microcontroller test system has been designed and realized using this new method. Then, the realized new test system has been used to measure the Z of a standard thermoelectric module (Melcor CP 1.4-127-10L). Measured values have been found to be in close range with the manufacturer's catalog data.

Keywords: Figure of Merit, Measurement, test system, Peltier Module, method.

1. GİRİŞ

Bir termoelektrik modülün soğutma performansı kalite faktörü (figure of merit - Z) katsayısı ile gösterilir. Bu parametre, termoelektrik (TE) modülün toplam elektriksel direnci (R), termal iletkenliği (K) ve Peltier katsayısına (α) bağlıdır. Bir TE modülün Peltier katsayısı ve kalite katsayısı doğrudan ölçülebilen bir parametre değildir [1,2].

Bir TE modülün kalite katsayısının belirlenebilmesi için Eş. 1'de görülen formül kullanılmaktadır.

$$Z = \frac{\alpha^2}{RK} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de görülen α , R, K büyüklüklerinin ölçülebilmesi için bir deney düzeneği geliştirilmiştir [3]. Geliştirilen düzeneğe bir yarıiletkenin Seebeck katsayısı, elektriksel direnci ve termal iletkenliğini

aynı düzeneğe içerisinde ve bir defada ölçmek mümkün olmuştur. Ancak, kullanılan ölçüm cihazlarının yeterince hızlı olmamasından dolayı geliştirilen bu test düzeneği tekrarlanabilirlik ve doğruluk bakımından yeteri kadar iyi sonuçlar vermemiştir [4, 5]. Bu nedenle bilgisayar ve gelişmiş elektronik elemanların kullanıldığı yeni sistemler geliştirilmiştir [6-8].

Bir yarıiletkenin veya TE modülün Z parametresinin belirlenmesi için geliştirilen yöntem ve cihazların çalışma temellerinde Eş. 1'de görülen denklem kullanılmaktadır. Bu klasik yöntemle yapılan hesaplamalardan elde edilen Z parametresi bir modülün gerçek şartlardaki dinamik parametresi değildir. Ayrıca çalışan bir modülün Z parametresinin klasik yöntemlere göre değerlendirilmesi gerçek değerlerden farklı sonuçlar verecektir. İdeal bir TE modülden farklı olarak gerçek bir TE modülün

performansı ve Z parametresi modülün geometrik faktörü ve sıcaklığına göre değişmektedir [9-11]. Ayrıca bu parametreler, TE modülün üretiminde kullanılan arabirim katmanların fiziksel özelliklerine göre de değişmektedir [12, 13].

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, bir TE modülün sahip olduğu gerçek Z parametresini araştırmak için düşük maliyetli ve pratik bir yöntem ortaya çıkarılmıştır. Önerilen yeni yöntemin temelini Eş. 2 oluşturmaktadır. Fakat bu denklem eşdeğer değişikliklere uğratarak TE modülün Z parametresi sadece üretilen termoemk'nın (E), modül uçlarındaki voltajın (V) ve sıcak yüzey sıcaklığının (T_H) ölçülmesiyle otomatik olarak hesaplanabilmektedir. Önerilen yöntemin teorik modeli aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Yüksüz çalışan bir ideal TE modül için toplam ısı yük $Q_L = 0$ iken modülün soğuk yüzeyinden emilen ısı miktarı $Q_C = 0$ olur. Soğuk yüzeyin sıcaklığı T_{Cmin} ve sıcaklık farkı da ($\Delta T = T_H - T_C$) ΔT_{max} 'a eşit olacaktır. Bu durumda modülün çektiği akım I_{max} , modül voltajı V_{max} ve modülün ürettiği termoemk E_{max} 'tır. Ayrıca [5]'e göre;

$$V_{max} = \alpha T_H \quad (2)$$

Diğer taraftan maksimum gerilim [14]'e göre

$$V_{max} = I_{max} R + \alpha \Delta T_{max} = I_{max} R + E_{max} \quad (3)$$

Burada

$$\alpha \Delta T_{max} = \alpha (T_H - T_{Cmin}) = E_{max} \quad (4)$$

dir.

Böylece

$$R = \frac{V_{max} - E_{max}}{I_{max}} \quad (5)$$

olacaktır.

Bu şartlar için ısı denge denklemi, [13]'e göre, Eş. 6 daki gibi olacaktır:

$$\alpha I_{max} T_{Cmin} - 0,5 I_{max}^2 R - K \Delta T_{max} = 0 \quad (6)$$

Ayrıca Eş. (4)'den soğuk yüzeyin sıcaklığı minimum değerde olup Eş. 7 'deki gibidir.

$$T_{Cmin} = T_H - \frac{E_{max}}{\alpha} \quad (7)$$

Elde edilen Eş. 5 ve Eş. 7 ifadeleri Eş. 6'da yerine konularak

$$(V_{max} - E_{max}) I_{max} - 0,5 (V_{max} - E_{max}) I_{max} = \left(\frac{K E_{max}}{\alpha} \right) \quad (8)$$

denklemi bulunur ve buradan da K elde edilebilir.

$$K = \frac{0,5 \alpha (V_{max} - E_{max}) I_{max}}{E_{max}} = \frac{0,5 V_{max} (V_{max} - E_{max}) I_{max}}{T_H E_{max}} \quad (9)$$

Buradan modülün Z parametresi, Eş. 2, Eş. 5 ve Eş. 9 denklemlerine göre

$$Z = \frac{V_{max} E_{max}}{0,5 (V_{max} - E_{max})^2 T_H} \quad (10)$$

şeklinde yazılabilir.

Bu çalışmada, ATMEGA128 mikrodenetleyici tabanlı bir TE modül test sistemi gerçekleştirilmiştir. Bu test sisteminin çalışma prensibi TE modülün ürettiği termoemk, sıcak yüzey sıcaklığı ve gerilimin ölçülmesine dayanmaktadır. Yeni test sistemi kullanılarak standart modülün dinamik Z parametresi ölçülmüştür.

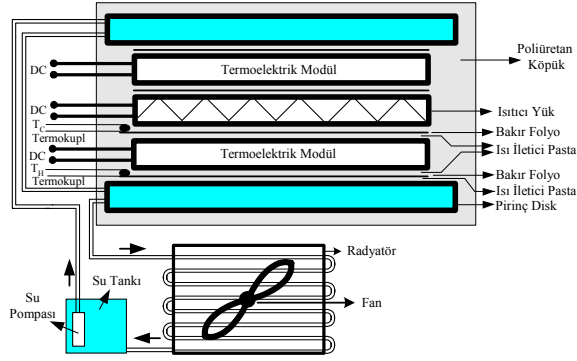
3. MİKRODENETLEYİCİ KONTROLLÜ TERMoeLEKTRİK TEST SİSTEMİ

TE test sistemi, güç kaynağı, soğutma sistemi ve elektronik kontrol sisteminden oluşmaktadır. Güç kaynağı olarak anahtarlama mod güç kaynağı kullanılmıştır. Soğutma için su devir daimli ısı transfer sistemi kullanılmıştır. Sıcak yüzey sıcaklığını ölçmek için K tipi termokupl kullanılmıştır. Bütün test sistemini kontrol etmek ve hesaplamaları yapmak için Atmel ATmega128 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Mikrodenetleyici için C dilinde özel bir program yazılmıştır. Ölçüm ve hesaplama sonuçlarını gösterebilmek için LCM (Liquid Crystal Module-Sıvı Kristal Modül) kullanılmıştır.

3.1. Soğutma Sistemi ve Güç Kaynağı

Test sisteminin mekanik kısmının genel görüntüsü Şekil 1'de gösterilmiştir. TE modülün ısınan yüzeyini soğutmak için sulu soğutma sistemi kullanılmıştır. TE modülün yüzeylerinde tam bir ısı dağılımı sağlanması amacıyla soğuk ve sıcak yüzeylerle pirinç disk arasına ince bakır folyo yerleştirilmiştir. Bu folyoların uç kısmına lehimlenen termokupullar sayesinde soğuk ve sıcak yüzey sıcaklıkları da kolayca ölçülebilmektedir. TE modüllerin soğuk yüzeyleri arasına ısı yük oluşturmak için bir ısıtıcı bağlanmıştır. Birbirine eşit iki TE modül sırt sırta bağlanmıştır. Böylece ısıtıcı tarafından oluşturulan ısı yükün tamamının modüllere eşit iki parçaya bölünerek dağıtılması sağlanmıştır [1].

Sistemi dış ortamdan yalıtım için, TE modül düzeneği, 5 cm kalınlıkta poliüretan köpüklerle kaplanmıştır. TE modüller ve ısıtıcıya akım sağlamak üzere yine bu sistem içerisinde 3 adet 40 Volt, 10



Şekil 1. Mikrodenetleyicili test sistemi soğutma ünitesi

Amper ayarlı anahtarlamalı güç kaynağı (Switching Mode Power Supply- SMPS) kullanılmıştır.

3.2. Elektronik Ölçüm ve Kontrol Sistemi

Test sisteminin en önemli ünitesi elektronik ölçüm ve kontrol ünitesidir. Bu devrelerin bağlantı şekilleri Şekil 2’de blok şema olarak gösterilmiştir. Elektronik ölçüm ve kontrol sisteminde kullanılan devreler aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Yükselteç devresi

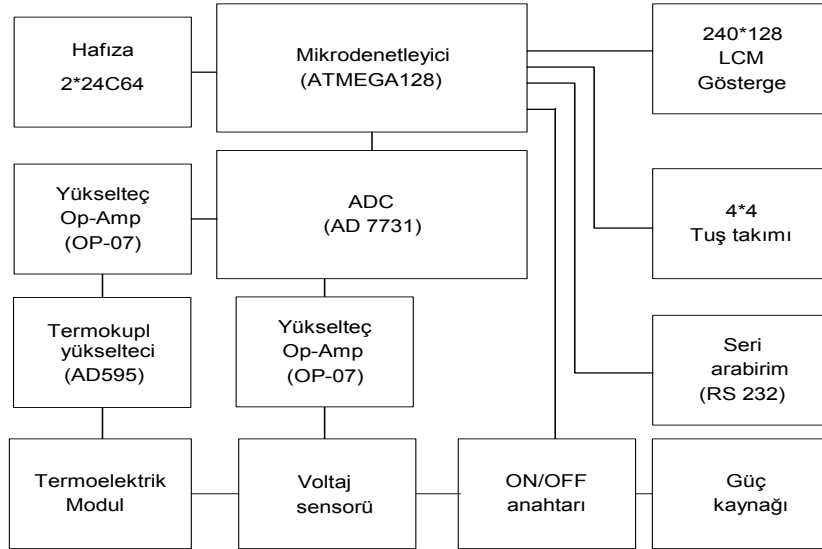
Yükselteç devresinin açık devre şeması Şekil 3’de verilmiştir. Devre OP-07 op-ampları ile

gerçekleştirilmiştir. Devre, $\pm 1.28V$ aralığında değişen girişleri A/D dönüştürücünün $1,22-3,78 V$ ‘luk giriş aralığına uyduran bir devredir. İlk kat eviren tarzda çalışan bir zayıflatıcıdır ve güçlü giriş sinyallerini zayıflatır. Termokupl yükselticiden gelen sinyaller, gerilim algılayıcıdan gelen sinyallerden daha zayıf olduğundan dolayı zayıflatma oranı 0,5 olarak belirlenmiştir. Gerilim algılayıcıdan gelen sinyaller için ise zayıflatma oranı 0,05 olarak ayarlanmıştır. İlk katın çıkışında görülen V_1 gerilimi Eş. 11 de görülen formülden bulunur:

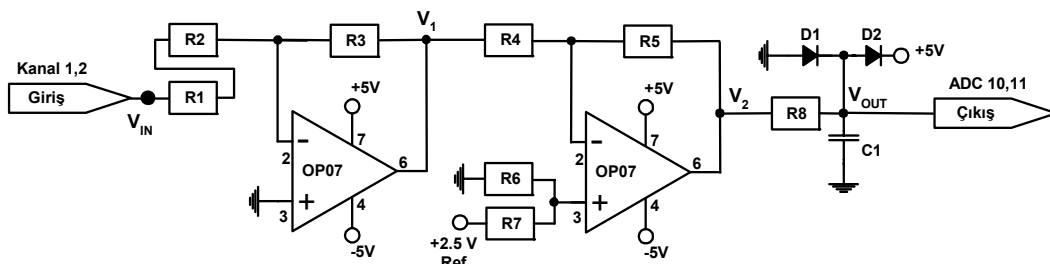
$$V_1 = -V_{IN} \frac{R_3}{R_1 + R_2} \quad (11)$$

Burada gerilim algılayıcı için $R_1=R_2=47K$, $R_3=4,7K$ seçilmiştir. Termokupl yükseltici için ise $R_1=R_2=R_3=47K$ seçilmiştir. İkinci kat birim kazançlı çıkarıcı devresidir. Bu devre, pozitif girişine uygulanan $V_{ref}= 2,5V$ geriliminden V_1 gerilimini çıkarır. Elde edilen V_2 geriliminin formülü Eş. 12’deki gibidir:

$$V_2 = 2,5V \left(1 + \frac{R_5}{R_4} \right) \left(\frac{R_6}{R_6 + R_7} \right) - V_1 \left(\frac{R_5}{R_4} \right) \quad (12)$$



Şekil 2. Ölçüm ve kontrol sistemi blok şeması



Şekil 3. Yükselteç devresi

Bu devrenin amacı, zayıflatıcı çıkışında görülen ve $\pm 1,28V$ aralığında değişen V_1 gerilimini, A/D dönüştürücünün ihtiyaç duyduğu $2,5V \pm 1,28V$ 'luk giriş aralığına uydurmaktır. Böylece A/D dönüştürücüden elde edilen veriler işaretli ikili sayılar halinde olmaktadır. $R_4=R_5=R_6=R_7= 4,7K$ olarak seçilmiştir.

V_2 gerilimi A/D dönüştürücüye uygulanmadan önce bir alçak geçiren filtreden geçirilir. Bu filtre A/D dönüştürücüye sadece ilgilenilen frekans bandında bulunan (0- 33 Hz) sinyallerin gönderilmesine izin verirken, gürültünün filtre edilmesini sağlamaktadır. Filtre devresi ayrıca çıkışında yer alan kenetleyici devre ile birlikte statik elektrik deşarjından kaynaklanabilecek zararları önleyici ek bir tedbir olmaktadır. Filtrenin kesim frekansı Eş. 13'deki formülden bulunur:

$$f_{üst} = \frac{1}{2\pi R_8 C_1} \quad (13)$$

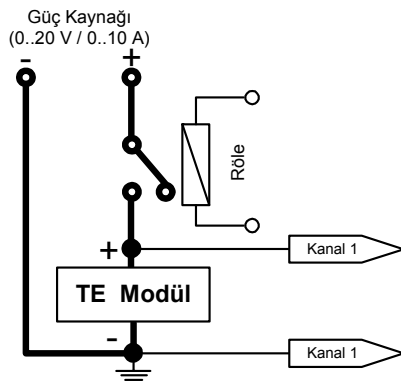
A/D dönüştürücünün yüksek giriş empedansı sayesinde R_8 direncini oldukça yüksek tutmak mümkün olmaktadır. Burada $R_8=47K$ ve $C_1= 100$ nF değerleri kullanarak $f_{üst}=33Hz$ olarak ayarlanmıştır.

Filtrelenmiş gerilim, A/D dönüştürücünün girişine statik gerilimi önleyen ve iki adet silikon diyottan oluşan kenetleyici devresi üzerinden verilir. Böylece A/D dönüştürücü girişlerine gelebilecek gerilim değeri $-0,7 - +5,7$ V aralığında sınırlandırılarak A/D dönüştürücü girişleri korunmuş olur.

3.2.2. Gerilim algılayıcı

Gerilim algılayıcı ile TE modülün sisteme olan elektriksel bağlantıları Şekil 4'te görülmektedir. Devrede, gerilim algılayıcı olarak ek bir düzenek kullanılmamıştır. TE Modül uçlarına bağlanan ekranlı bir kablo üzerinden gerilim sinyali kanal 1 yükselteç girişine verilmiştir.

Devredeki röle, modülün akımını kontrol etmek için konulmuştur. TE modül ve ölçüm sisteminin

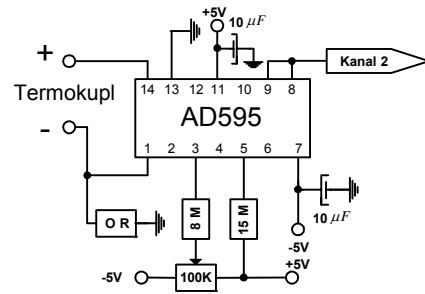


Şekil 4. Gerilim algılayıcı ile TE modülün sisteme olan elektriksel bağlantı şekilleri

beslemesi için birbirinden izole edilmiş farklı güç kaynakları kullanılmıştır.

3.2.3. Termokupl yükselteci

Termokupl giriş yükselteci olarak, soğuk nokta kompanzasyonu da yapabilen Analog Devices AD595 entegresi kullanılmıştır. Termokupl yükseltecinin şeması Şekil 5'de verilmiştir. $+25$ °C'lik ortam sıcaklığı için K-tipi termokupla elde edilen çıkış gerilimi $10mV/°C$ 'dir. $0-50$ °C'lik ortam sıcaklığı aralığında sistemin ölçüm hatası $\pm 0,6$ °C'dir. Termokupla beraber sistemin toplam ölçüm hatası $\pm 1,2$ °C olmuştur. Çıkış gerilimi yükselteç devresi üzerinden A/D dönüştürücünün 2. kanalına uygulanmaktadır.

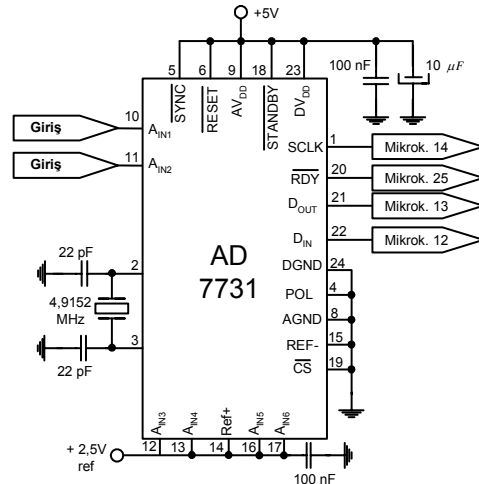


Şekil 5. Termokupl yükselteç devresi

3.2.4. A/D Dönüştürücü

Kullanılan A/D dönüştürücü, 24-bitlik bir Sigma-Delta dönüştürücüdür. Yapılan örneklemeler 3 telli bir seri iletişim hattı üzerinden kaydedildikleri kaydedicilerden alınarak sistemin mikrodenetleyicisine aktarılmaktadır. A/D dönüştürücü olarak, şeması Şekil 6'da verilmiş olan ve Analog Devices AD7731 entegresi etrafında kurulu bir devre kullanılmıştır.

A/D dönüştürücü, 24-bit çözünürlükte 600 Hz hızında örnekleme yapacak şekilde programlanmış olup,



Şekil 6. A/D Dönüştürücü devresi

girişler $\pm 1,28V$ aralığında bipolar sinyalleri kabul edecek şekilde ayarlanmışlardır. Kanallardan sadece üçü kullanılmış olup diğer ikisi referans gerilim seviyesine verilerek katlama işleminden hariç tutulmaları sağlanmıştır. Böylece örnekleme hızındaki gereksiz kayıp önlenmeye çalışılmıştır. 5-kanal yalancı farksal giriş operasyonunu sağlamak üzere diğer farksal ortak ucu oluşturan A_{IN6} ucu referans gerilimine verilmiştir. Böylece $\pm 1,28V$ aralığına karşılık gelen sinyallerin girişlerden $+1,22V - +3,78V$ şeklinde alınması sağlanmıştır. Sonuçta $-1,28V - 0V - +1,28V$ giriş sinyal aralığı çıkıştaki ikili örnek kelimesinde sırasıyla 00...00 – 10...00- 11...11 ikili rakamlarına karşılık gelmektedir. Bu durum aynı zamanda A/D dönüştürücünün tek bir $+5V$ gerilim kaynağından beslenmesi kolaylığını da sağlamaktadır.

3.2.5. Mikrodenetleyici

Mikrodenetleyici, tüm sistemin kontrolünü sağlar; TE modülün akımını bir röle üzerinden kontrol eder, gerilim ve sıcaklık algılayıcılardan gelen verileri A/D dönüştürücü üzerinden alır, bunları E2PROM hafıza çiplerine kaydeder, gerekli olduğu takdirde LCM ekranda gösterebilir veya bir seri arabirim üzerinden harici bir bilgisayar ünitesine gönderir, işlem esnasında verileri ve uyarıları sesli ve görüntülü olarak kullanıcıya iletir ve kullanıcıdan gelen komutları bir tuş takımı üzerinden kabul eder.

Bu yoğun işlem yükünü kaldırmak üzere RISC mimarisine dayalı olarak geliştirilmiş 8-bitlik Atmel ATmega128 işlemcisi seçilmiştir (Şekil 7).

Ölçülen değerlerin ve yapılan hesaplamaların sonucunu göstermek amacıyla 240×128 nokta çözünürlüklü LCM (Liquid Crystal Module-Sıvı

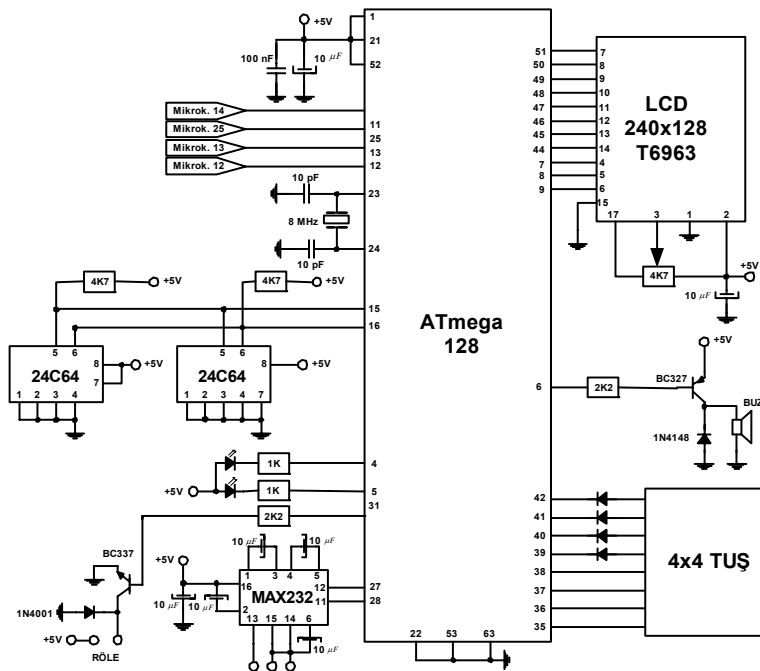
Kristal Modül) kullanılmıştır. Yapılan işlemler sonucunda V_{max} , E_{max} , herhangi bir an için E değeri, T_H ve modülün kalite katsayısı (Z) değerleri bu ekranda görülebilmektedir. Sıcaklık ve gerilim örnekleme değer aralığının mikrodenetleyiciye girilebilmesi, sıcaklık ve gerilim değerlerini ölçen sistemin dijital olarak kalibrasyonu için, 4×4 matris taramalı bir tuş takımı kullanılmıştır.

Test sistemi tarafından ölçülen sıcaklık ve gerilim değerleri daha sonradan bilgisayar ortamına aktarılabilir. Ölçüm sistemindeki bilgileri bilgisayar ortamına aktarabilmek amacıyla Maxim MAX232 entegre devresiyle gerçekleştirilen bir seri iletişim arabirimi bulunmaktadır.

Bir modülün Z parametresinin ölçülmesi için, TE modül uçlarında görülen gerilimin (V_{max}), sıcak yüzey sıcaklığı T_H ve akım kesildikten sonra TE modül uçlarında meydana gelen termoemk (E_{max}) değerinin ölçülmesi gerekir. Bu veriler algılayıcı-veri toplama sistemi üzerinden mikrodenetleyiciye aktarılmaktadır. Böylece ölçülen V_{max} , E_{max} ve T_H değerleri mikrodenetleyici tarafından Eş. 10'da yerine konularak Z parametresi hesaplanır ve ekrana yansıtılır. İstenirse V_{max} , E_{max} ve T_H değerleri klavyeden de girilebilir.

4. TARTIŞMA

Standart TE modülün Z parametresini ölçmeden önce test sisteminin performansı üzerinde deneyler yapılmıştır. Deneyde Melcor firmasına ait iki adet TE modül (CP 1.4-127-10L) kullanılmıştır. Test sistemi, doğrudan modüllere uygulanan gerilimi, modülün sıcak yüzey sıcaklığını ve üretilen emk'yu ölçmektedir. Bu değerlerin ne kadar doğru



Şekil 7. Mikrodenetleyici devresi

ölçüldüğünü kontrol etmek için ölçümler aynı anda ve aynı noktalardan Hewlett Packard Model Agilent 34970A veri toplama cihazıyla ölçülmüştür. Bu ölçümler farklı ısı yükleri için yapılmıştır. Karşılaştırma sonucu gerilim ölçümleri arasındaki farkların ortalama değeri 0,01V sıcaklık için ise 0,5°C olmuştur.

Ayrıca test esnasında Hewlett Packard Model Agilent 34970A veri toplama sistemiyle modülün soğuk yüzey sıcaklık değeri de sürekli olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Ölçüm sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı ısı yükleri için ölçülen E ve sıcaklık değerleri

Q_L (W)	E (V)	E* (V)	T_H (°C)	T_H^* (°C)	T_C (°C)	T_C^* (°C)
3,88	3,20	3,23	29,73	30,40	-33,20	-31,70
5,82	3,00	3,03	31,18	31,24	-28,24	-26,90
6,78	2,90	2,91	31,50	31,71	-25,74	-24,40
10,64	2,50	2,51	32,32	32,80	-17,26	-16,10
12,54	2,30	2,30	33,20	33,93	-12,53	-11,47
15,42	2,00	2,01	34,00	34,40	-5,87	-4,59
17,31	1,80	1,80	35,80	35,28	-0,29	0,80
19,23	1,60	1,60	35,80	35,66	3,72	4,85
21,13	1,40	1,40	36,00	35,86	7,91	8,20
22,09	1,30	1,30	35,80	36,00	9,73	10,12
23,95	1,10	1,10	35,90	36,10	13,84	14,00
25,87	0,90	0,91	36,20	36,24	18,13	18,35
26,83	0,80	0,81	36,80	36,63	20,71	20,80
28,68	0,60	0,60	37,00	36,72	24,92	24,94
30,60	0,40	0,40	37,10	36,80	29,05	29,10
32,51	0,20	0,20	37,30	37,11	33,27	33,30
33,43	0,10	0,11	37,50	37,11	35,48	35,60
34,38	0,00	0,01	37,70	37,49	37,70	37,70

*: Hewlett Packard Model Agilent 34970A veri toplama sistemiyle yapılan ölçüm sonuçları.

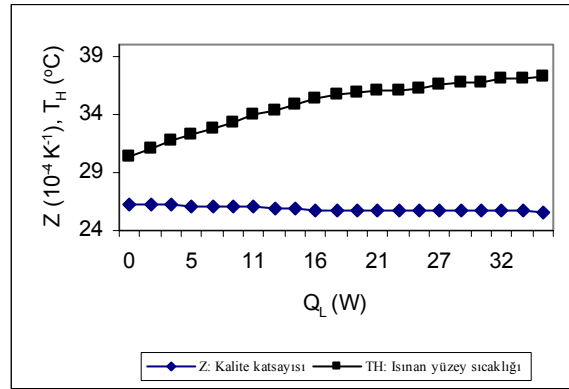
Mikrodenetleyici test sistemi kullanılarak standart TE elemanın Z parametreleri araştırılmıştır. Deneyler, çevre sıcaklığı 25°C olan laboratuvar ortamında yapılmıştır. TE modülün V_{max} değeri 15,4 V, E_{max} değeri 3,6V olarak ölçülmüştür. TE modülüne çeşitli ısı yükleri uygulanarak Z parametresi araştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

Şekil 8’de T_H ile Z’nin Q_L ye göre değişim grafiği gösterilmiştir. Şekil 8 deki grafikten de görüldüğü gibi ısı yükü 3,38 ile 34,38 Watt arasında değiştiğinde Z değeri sadece $0,07 \cdot 10^{-3}$ W/K azalmıştır.

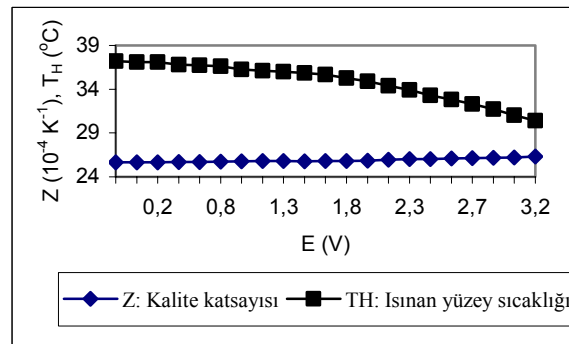
Ayrıca mikrodenetleyicili test sistemi kullanılarak T_H ve Z parametresinin termoemk ya göre değişimi araştırılmıştır. Sonuçlar Şekil 9’da gösterilmiştir. Şekil 9’da görüldüğü gibi termoemk’ya göre Z lineer olarak değişmektedir. Deneyler sonucunda elde edilen Z parametresi standart modülün katalog değerleriyle çok yakın olduğu görülmüştür [11].

Tablo 2. Farklı ısı yükleri için ölçülen ΔT ve Z değerleri

Q_L (W)	ΔT (°C)	Z (10^{-3} K $^{-1}$)
3,88	-62,93	2,63
5,82	-59,42	2,62
6,78	-57,24	2,62
10,64	-49,58	2,61
12,54	-45,73	2,60
15,42	-39,87	2,59
17,31	-36,09	2,58
19,23	-32,08	2,58
21,13	-28,09	2,58
22,09	-26,07	2,58
23,95	-22,06	2,58
25,87	-18,07	2,58
26,83	-16,09	2,57
28,68	-12,08	2,57
30,60	-8,05	2,57
32,51	-4,03	2,57
33,43	-2,02	2,56
34,38	0,00	2,56



Şekil 8. Mikrodenetleyici test sistemiyle modül parametrelerinin ölçüm sonuçları



Şekil 9. Çalışan TE modül parametrelerinin emk’ya göre değişimi

6. SONUÇ

Bir TE modülün performansı TE modülün Z parametresine bağlıdır. Z parametresinin ölçülmesi TE modüllerin tasarımı açısından önem taşımaktadır. TE modül çalışırken, modülün Z değeri, statik

değerlerinden farklıdır. Bir TE modülün Z değerinin klasik yöntemlerle değerlendirilmesi doğru sonuçlar vermemektedir.

Bu çalışmada gerçek ve çalışan bir modülün Z değerini ölçmek için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemin temelini çalışan modülün emk. değerinin ölçülmesi oluşturmaktadır. Yeni yöntem kullanılarak Z parametresini kolay ve doğru ölçebilmek için yeni denklem çıkarılmıştır. Bu denklemi temel alarak mikrodenetleyicili, termokupullu, LCD göstergeli, hafızalı, bilgisayar bağlantılı, taşınabilir, pratik ve güvenilir bir test sistemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen test sisteminin sıcaklık ve gerilim ölçüm devresinin performansı Hewlett Packard Model Agilent 34970A veri toplama cihazıyla değerlendirilmiştir. Buna göre iki ölçüm sistemi ile ölçülen gerilim değerleri arasındaki farkların ortalama değeri 0,01V'u sıcaklık değeri ise 0,5°C'yi geçmemiştir.

Mikrodenetleyicili test sistemini kullanarak Melcor firmasının ürettiği standart (CP 1.4-127-10L) modülün $Z(Q_L)$ ve $Z(E)$ grafikleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Z, Q_L ve E ye göre lineer bir değişim göstermiştir. Ölçülen Z parametresi Melkor'un verdiği değerlerden %5 daha az olmuştur. Bunun sebebi, Melkor firmasının Z parametresini hesaplamak için kullandığı, modül gerçek şartlarda çalışırken oluşan değişimleri hesaba katmayan, yöntemden kaynaklanmaktadır. Melkor firmasının kullanmış olduğu yöntem ideal ortamda çalışan ideal modüller için kullanılabilir. Gerçek şartlarda çalışan gerçek modüllerde ise modülün geometrik faktörü ve dinamik parametrelerinin hesaba katılmasından dolayı Z parametresinde azalma söz konusudur.

KAYNAKLAR

- Heylen, A. E. D., "Figure of Merit determination of Thermo-electric Modules", **Energy Conversion**, Cilt 15, pp 65-70, 1975.
- Bowley A E, Inst A., Cowles L E J., Williams G J., Goldsmid H J, Inst F, "Measurement of the figure of merit of a thermoelectric material", **Journal of Scientific Instruments**, Cilt 38 pp 433-435, 1961.
- Harman T. C., "Special Techniques for measurement of thermoelectric properties", **J. Appl. Phys.**, Cilt 29, pp 1373-1379, 1958.
- Goldsmid H. J., "A simple technique for determining the Seebeck coefficient of thermoelectric materials", **Journal of Physics E: Scientific Instruments**, Cilt 19, pp 921-922, 1986.
- Buist R. J., "Methodology for testing thermoelectric materials and devices" **CRC Handbook of Thermoelectrics** Editör: Rowe, D. M., CRC Pres. Inc., Florida, ABD., 189-209, 1995.
- Summasekera G. U., Grigorian L., Eklund P. C., "Low-Temperature thermoelectrical power measurement using analogue subtraction", **Measurement of Science and Technology**, Cilt 11, pp 273-277, 2000.
- Waclawek W., and Zabkowska M., "Apparatus for the measurement of thermoelectrical properties", **Journal of Physics E: Scientific Instruments**, Cilt 14, pp 618-620, 1981.
- Huang B. J., Chin C. J., Duang C. L., "A design method of thermoelectric cooler" **International Journal of Refrigeration**, Cilt 23, pp 208-218, 2000.
- Min G., Rowe, D. M., "Improved model for calculating the coefficient of performance of a Peltier module", **Energy conversion and management**, Cilt 41, pp 163-171, 2000.
- Min G., Rowe D. M., "A novel principle allowing rapid and accurate measurement of a dimensionless thermoelectric figure of merit", **Measurement of Science and Technology**, Cilt 12, pp 1261-1262, 2001.
- <http://www.melcor.com> homepage of Melcor, USA.
- Xuan X. C., Ng K. C., Yap C., Chua H. T., "A general model for studying effects of interface layers on thermoelectric devices performance", **International Journal of Heat and Mass Transfer**, Cilt 45, pp 5159-5170, 2002.
- Xuan X. C., "Investigation of thermal contact effect on thermoelectric coolers", **Energy conversion and management**, Cilt 44, pp 399-410, 2003.
- Ioffe A. F., **Polucenie holoda Poluprovodnikovie Termoelementı** ed P V Gultef Moskov Pres., Moskov, Rusia, 1960.