

## ORTAMDAKİ SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN DİRENÇ DEĞERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

*Levent Sözen, Handan Sakarya, Denizhan Ateşalp Orhan, Mehmet Çınar*

TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)  
PK.21 41470 Gebze/KOCAELİ  
E-Mail:resistance@ume.tubitak.gov.tr

### ÖZET

Standart dirençlerin değerleri, yapısal özelliklerinden dolayı, ölçümün yapıldığı ortamın sıcaklığına ve direncin üzerine uygulanan akım değerine göre değişiklik gösterir. Bu yüzden standart dirençler, belli akım ve sıcaklık değerlerinde ölçülür ve bu değerler, dirençlerin kalibrasyon sertifikalarında belirtilir. Direnç üzerine uygulanan akım değerinin değişmesi de, direncin üzerinde bir sıcaklık değişimine sebep olacaktır. Standart dirençlerin ortamdan ve de direnç üzerinde oluşan güç dağılımından meydana gelecek sıcaklık değişimlerinden etkilenmesini en aza indirmek amacıyla yağ ya da sıcaklık kontrollü hava banyoları kullanılır. Ancak bazı durumlarda değerleri, belirli bir sıcaklıkta ve akım değerinde tespit edilmiş olan standart dirençlerin, kalibre edildiklerinden farklı bir sıcaklıkta ölçülmeleri ya da üzerine uygulanan akım değerinin değiştirilmesi gerekebilir. Bu durumda sertifika değerinin kullanılabilmesi için direncin sıcaklık ve güç katsayılarının tespit edilmiş olması gerekmektedir.

**Anahtar sözcükler:** Standart direnç, sıcaklık katsayısı, güç katsayısı

### 1. GİRİŞ

Standart dirençler çevredeki ortam şartlarından özellikle sıcaklıktan çabuk etkilenirler. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için dirençler sıcaklık kararlılığı çok iyi olan yağ ve hava banyolarında muhafaza edilirler. İyi bir yağ banyosunun sıcaklık kararlılığı  $\pm 4\text{mK}$ , hava banyosunun ise  $\pm 100\text{mK}$  mertebesindedir ve genellikle  $23\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta sabit tutulurlar. Yağ ve hava banyolarının sıcaklık değişimleri, içlerine değişik noktalarda yerleştirilmiş olan termistörler yardımı ile süpertermometreler kullanılarak izlenir.

Direncin değeri, içinde bulunduğu çevrenin sıcaklığı ile farklı değerler alabilir. Farklı sıcaklık değerlerine karşın direncin almış olduğu değerleri bulabilmek için sıcaklık katsayısının bilinmesi gereklidir. Her bir direnç farklı sıcaklık katsayısına sahiptir ve bir kez tanımlanması yeterlidir.

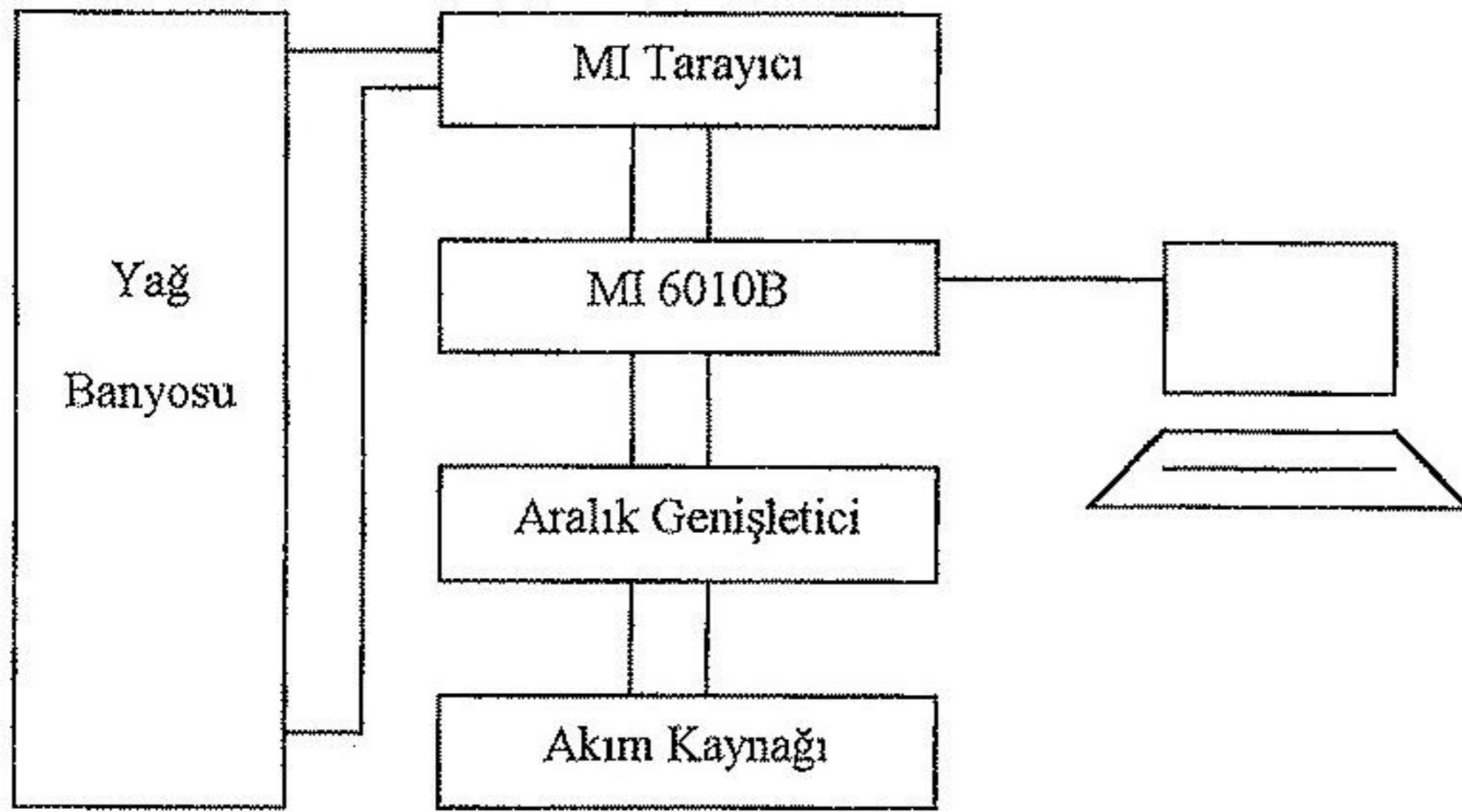
Standart direnç ölçümlerinde dört uçlu ve iki uçlu olmak üzere iki tür bağlantı tekniği kullanılır. İki uçlu ölçüm yönteminin kullanılması sırasında kabloların sahip olduğu dirençler gözardı edilmeyecek kadar belirgin hatalar oluşturur. Bağlantı kablolarından gelen direnç etkisi  $0.01\Omega$ - $1\Omega$  civarındadır. Bu direnç etkisi  $100\mu\Omega$ - $10\text{M}\Omega$  aralığında etkin olacağından, bu aralıkta dört uçlu,  $100\text{M}\Omega$ - $1\text{P}\Omega$  aralığında ise iki uçlu bağlantı tekniği kullanılır [1].

Direnç ölçümlerinde akım değerinin değiştirilmesi direnç değerinin değişmesine ve direncin ısınmasına neden olur. Farklı akım değerlerinde direnç değerlerinin bilinmesi için o direncin güç katsayısının bilinmesi gerekir.



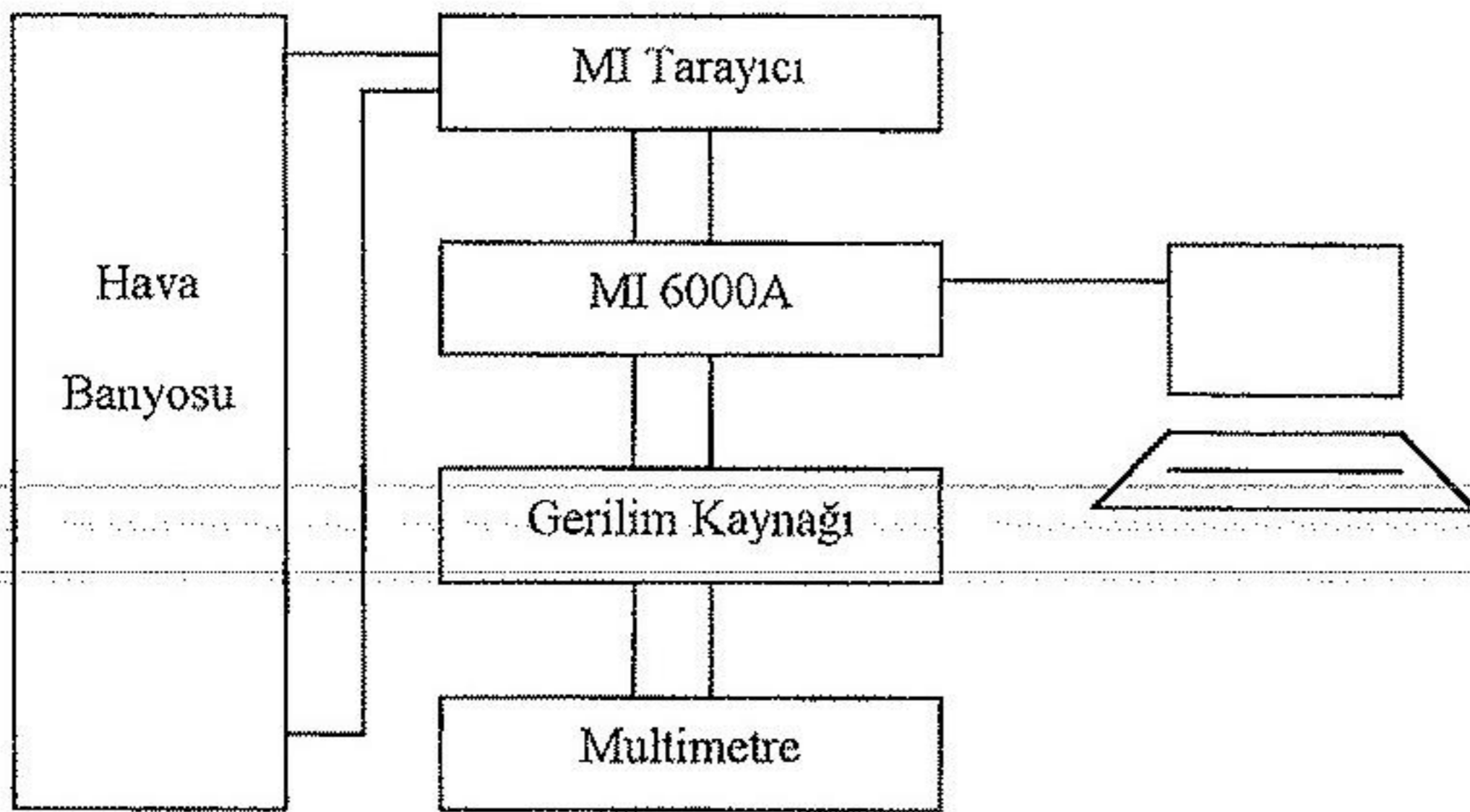
## 2. SICAKLIK VE GÜÇ KATSAYISI HESAPLAMALARINDA KULLANILAN DİRENÇ ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

Sıcaklık ve güç katsayısı hesaplamalarında kullanılan üç temel direnç ölçüm sistemi vardır.  $100\mu\Omega$ - $10k\Omega$  arasındaki dirençlerin ölçümlerinde MI6010B Otomatik Direnç Köprüsü kullanılmaktadır. Sistemde, MI6010B Otomatik Direnç Köprüsü, biri 30A'lık olmak üzere üç adet 20 kanallı, bir adet 10 kanallı tarayıcı, aralık genişletici ve 100A'lık akım kaynağı bulunmaktadır. Bilgisayar tarafından otomatik olarak kontrol edilebilen bu sistem ile, değeri çok iyi bilinen bir direnç( $R_S$ ) ile değeri bilinmeyen direnç( $R_X$ ) istenilen sıcaklık ve akım değerlerinde karşılaştırılarak bir oran( $R_X / R_S$ ) elde edilir. Bu orandan bilinmeyen direnç değeri hesaplanır.



Şekil 1.  $100\mu\Omega$ - $10k\Omega$  ölçüm aralığında kullanılan Otomatik Direnç Ölçüm Sistemi.

$10k\Omega$ - $1G\Omega$  aralığındaki dirençlerin ölçümleri MI6000A Otomatik Yüksek Direnç Köprüsü'yle gerçekleştirilmektedir. Bu sistemde ise MI6000A Otomatik Yüksek Direnç Köprüsü, 20 kanallı tarayıcı, dijital multimetre ve gerilim kaynağı bulunmaktadır.



Şekil 2.  $10k\Omega$ - $1G\Omega$  ölçüm aralığında kullanılan Otomatik Yüksek Direnç Köprüsü

Bu sistemde diğer sistem gibi bilgisayar ile otomatik olarak kontrol edilmektedir. Değeri bilinen direnç ile değeri bilinmeyen direnç birbirlerine seri olarak bağlanır. Gerilim kaynağı tarafından 10V uygulanarak devre üzerinden akım akması sağlanır. Dirençlerin potansiyel uçlarından gerilim değerleri okunarak  $R_X / R_S$  oranı belirlenir. Bu oran kullanılarak bilinmeyen direnç değeri hesaplanır.

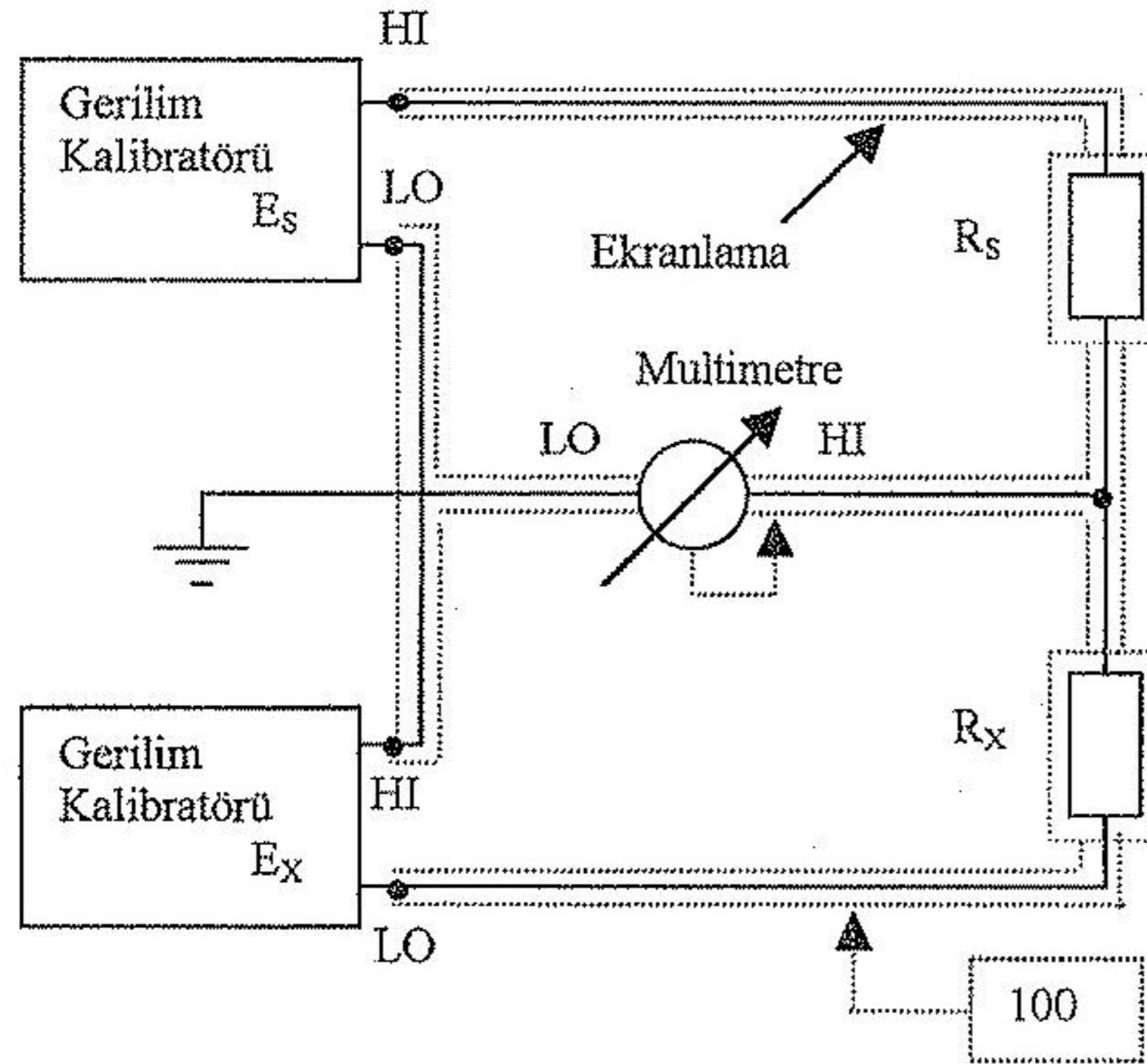
$1G\Omega$ - $1P\Omega$  aralığındaki dirençler ise Wheatstone Köprüsü'yle ölçülmektedir [2]. Şekil 3'te görüldüğü gibi bu sistemde iki adet gerilim kaynağı, iki adet direnç ve multimetre



bulunmaktadır. Gerilim kaynaklarından dirençlerin üzerine gerilim(0-100V) uygulanır. Denge konumu sağlandığı zaman yani dirençlerin üzerinden geçen akımların farkı sıfır olduğunda eşitlik (1)'den bilinmeyen direnç değeri hesaplanır.

$$\frac{E_s}{E_x} = \frac{R_s}{R_x} \quad (1)$$

$E_s$  : Değeri sabit olan gerilim kaynağı;  
 $E_x$  : Değeri değiştirilen gerilim kaynağı;  
 $R_s$  : Değeri bilinen direnç;  
 $R_x$  : Değeri bilinmeyen direnç



Şekil 3. Wheatstone Köprü Ölçüm Sistemi

### 3. SICAKLIK VE GÜÇ KATSAYILARININ HESAPLANMASI

Dirençin değeri, içinde bulunduğu çevrenin sıcaklığı değiştikçe, sahip olduğu sıcaklık katsayısı değerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Her bir direnç farklı ve zamanla değişmeyen bir sıcaklık katsayısına sahiptir. Bu katsayı tamamen dirençin yapısıyla ve nominal değeri ile ilgilidir. Dirençin  $\alpha$  ve  $\beta$  sıcaklık katsayılarının bilinmesi ile eşitlik (2) kullanılarak herhangi bir sıcaklıktaki direnç değerini hesaplamak mümkündür [3].

$$R_t = R_T \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (t - T) + \beta \cdot (t - T)^2 \right] \quad (2)$$

$R_t$  :  $t$  °C'deki direnç değeri;  $R_T$  :  $T$  °C'deki direnç değeri;  $\alpha$  :  $T$  °C'deki eğrinin eğimi(ppm / °C);

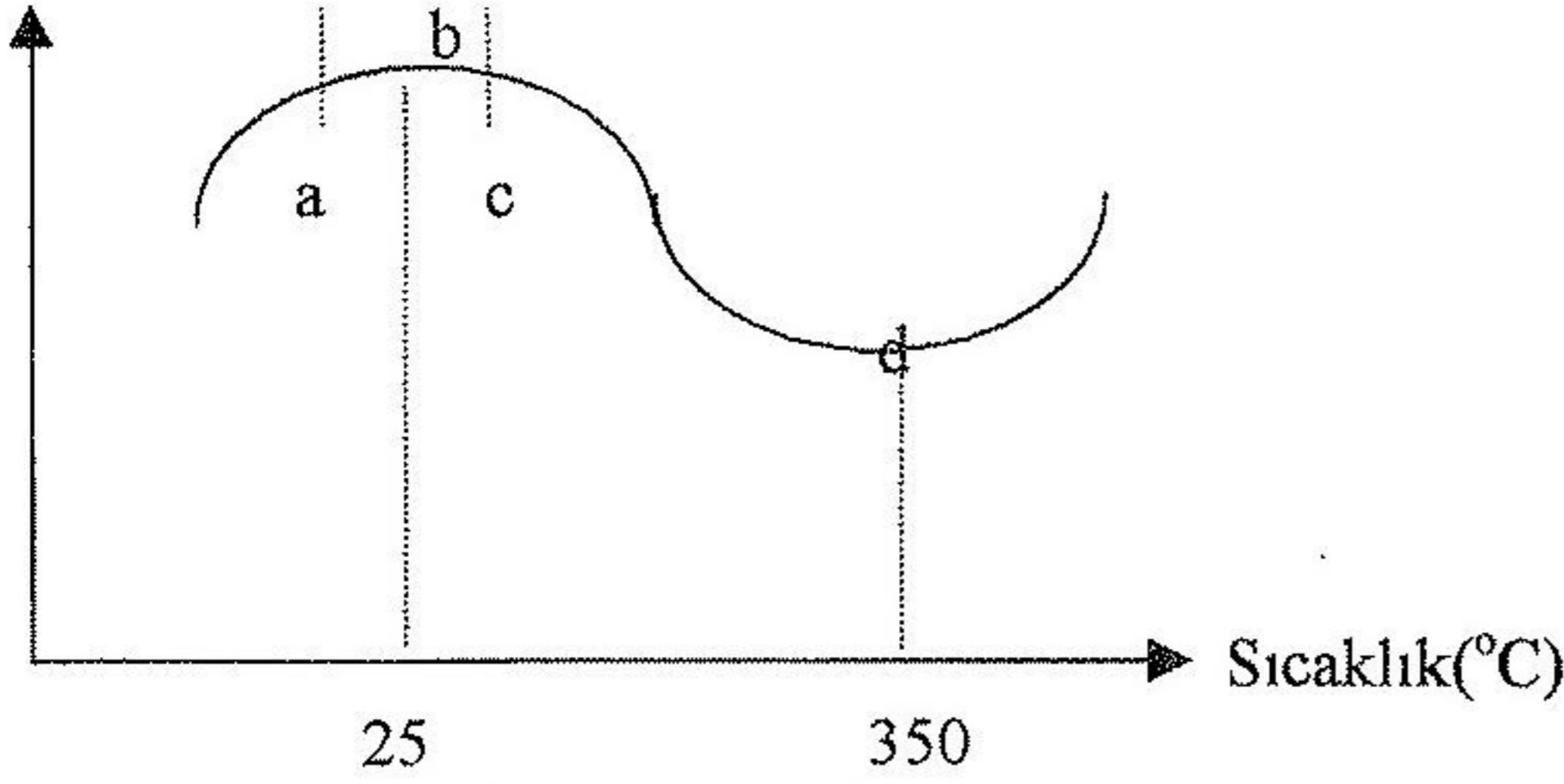
$\beta$  :  $T$  °C'deki eğrinin eğimindeki değişme oranı

$\alpha$  ve  $\beta$  değerleri sabit sayılardır ve değerleri zamanla değişmediği için bir kez tanımlanmaları yeterlidir. Yukarıda görüldüğü üzere eşitlik (2) her bir direnç için karakteristik bir eğrinin olmasına neden olur. Şekil 4'te gösterilen eğride çok yüksek sıcaklıklarda ikinci bir tepe noktası görülmektedir [1]. Bunun sonucu olarak da eşitlik (2)'nin üçüncü dereceden bir terime



daha sahip olması gerekir. Fakat ölçümler 18-28 °C'de alındığından bu terimin alınmasına gerek yoktur.

Direnç Değeri(Ohm)



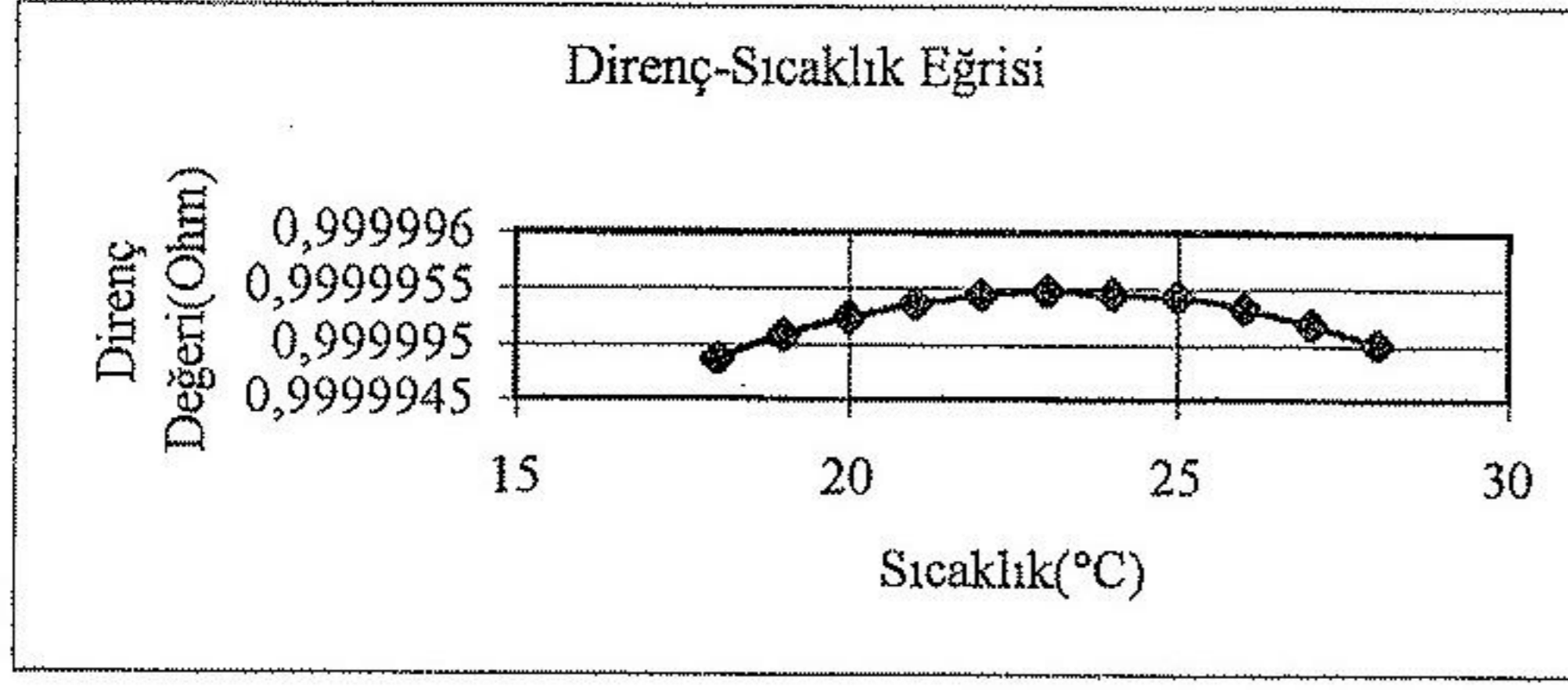
Şekil 4. Mangenin Direnç-Sıcaklık değişim eğrisi

Dirençlerde en iyi çalışma sıcaklığı eğimin sıfır olduğu noktadır. Şekil 4'te görüldüğü üzere a-c aralığında direnç en düşük değişim oranına sahiptir. Bu yüzden dirençler imal edilirken sabit değer elde edildiği sıcaklığa göre özel olarak tasarlanırlar. Örneğin Tinsley marka dirençler 23 °C'de, Guildline marka dirençler ise 25 °C'de ölçülmelidir. Dirençlerin  $\alpha$  ve  $\beta$  sıcaklık katsayıları, standart dirençlerin 18-28 °C sıcaklık aralığında ölçülmesiyle bulunurlar. Bu katsayılar farklı sıcaklıklardaki dirençlerin alacağı değerleri hesaplamak için gereklidir. Tablo 1'de örnek olarak, 1 $\Omega$  nominal değere sahip bir direncin  $\alpha$  ve  $\beta$  sıcaklık katsayılarına karşı değişik sıcaklıklarda aldığı değerleri ve şekil 5'te bu değerlere karşı direncin gösterdiği R-T eğrisi görülmektedir.

TABLO1. Örnek bir 1 $\Omega$  dirence ait Sıcaklık(°C)-Direnç( $\Omega$ ) verileri

Sıcaklık (°C)	Değeri	Direnç Değeri( $\Omega$ )
18		0.999994869
19		0.999995084
20		0.99999524
21		0.999995373
22		0.999995439
23		0.99999548
24		0.999995458
25		0.999995426
26		0.999995325
27		0.999995184
28		0.999995006





Şekil 5. Direnç( $\Omega$ )-Sıcaklık( $^{\circ}\text{C}$ ) Eğrisi

Standart dirençlerin değerleri, buldukları ortam sıcaklığının yanısıra üzerlerine uygulanan akım değerinin değişmesiyle de değişirler. Özellikle yüksek akımlarda, direncin ısınmasıyla bu etki daha açık bir şekilde gözlenir. Dirençlerin farklı akımlarda alacakları değerleri hesaplayabilmek için o dirence ait güç katsayısının bilinmesi gerekmektedir. Güç katsayısı hesaplanacak olan direnç, nominal değerine uygun olan ölçüm sistemiyle, farklı akım değerlerinde ölçülür. Ölçülen bu farklı akım değerlerindeki direnç değerleri kullanılarak eşitlik (3)'ten güç katsayısı hesaplanır [4].

$$\rho_F(t) = \rho_{20^{\circ}\text{C}} - 0,715(t - 20^{\circ}\text{C}) \quad (3)$$

$R_1$  : Direncin  $I_1$  akımındaki değeri ( $\Omega$ );  $R_2$  : Direncin  $I_2$  akımındaki değeri ( $\Omega$ );  $P_1$  : Direncinin  $I_1$  akımındaki gücü (watt);

$P_2$  : Direncinin  $I_2$  akımındaki gücü (watt);  $R$  : Direncin nominal değeri ( $\Omega$ )

#### 4. SONUÇ

Standart dirençlerin, sertifikalarında belirtilmiş olan belirli akım ve sıcaklık değerlerinde ölçülmeleri, izlenebilirliğin doğru bir şekilde aktarılabilmesi için önemlidir. Fakat kimi zaman bu değerlerin dışında, farklı akım ve sıcaklık değerlerinde ölçülmeleri gerekebilir. Bu gibi durumlarda dirençlerin sıcaklık ve güç katsayılarının bilinmesi gerekir. Bu katsayılar kullanılarak direncin istenilen akım ve sıcaklık değerindeki direnç değeri kolaylıkla bulunabilir.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] "UME DC Direnç Laboratuvarı Elektriksel Metroloji Eğitim Notları", 1997
- [2] L.C.A. Henderson "A new technique for the automatic measurement of high value resistors" J.Phys.E:Sci.Instrum. 20, 1987, 492-495
- [3] "Fluke 742A series Instruction Manual", John Fluke Instruments, September 1989, USA
- [4] Ince R, "Aspects of d.c. resistance standard calibrations at the NPL-UK", UME Internal report R5/94, November 1994.