

Termoelektromos hűtőelemek vizsgálata

Mérési jegyzőkönyv

Szőke Kálmán Benjamin

2010. október 12.

Mérés célja:

A mérés célja hogy egy Peltier-hűtőelemen meghatározzuk az elektromos ellenállást, a Seebeck és Peltier együtthatót, és a rendszer hővezetési tényezőjét. Vagyis a Termoelektromos jelenségekhez tartozó Peltier- és Seebeck- hatást tanulmányoztuk.

Mérés leírása:

A mérést több Peltier-hűtőelemen végeztem melyek elektromosan sorba, a hűtés szempontjából pedig párhuzamosan voltak működtetve. Az állandó hőmérsékletet egy vízzel hűtött réztömb biztosította. A hűtendő tér egy digitális hőmérővel volt mérhető, aminek a pontossága $\pm 0.1^\circ\text{C}$.

Mérőeszközök:

- Peltier-hűtőelem
- Feszültség és áramerősség mérő
- Tápegység
- Digitális hőmérő

Egyensúlyi hőmérséklet meghatározása

A hűtővíz megnyitása után az egyensúlyi hőmérsékletet ($T_{(I=0)}$) leolvastam, majd rövid ideig 1A áramerősséggel lehűtöttem a rendszert. Az 1A áram lekapcsolása után a felmelegedés közben figyeltem a feszültség változást. Amikor a feszültségérték a 0V-t meghaladta, akkor leolvasható volt a hűtővíz hőmérséklete (T_0).

$$T_{(I=0)} = 16.9^\circ\text{C}$$

$$T_0 = 16.3^\circ\text{C}$$

A Hűtés időfüggése

A karakterisztikus időt (τ) az adatpárokra illesztett alábbi egyenletből számolhatjuk. $I=2$ A-es árammal mértem a hőmérséklet-idő függvényét, majd az exponenciális illesztés után meghatároztam a szükséges paramétereket.

$$T_\infty = -4^\circ\text{C}$$

$$T(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + T_\infty$$

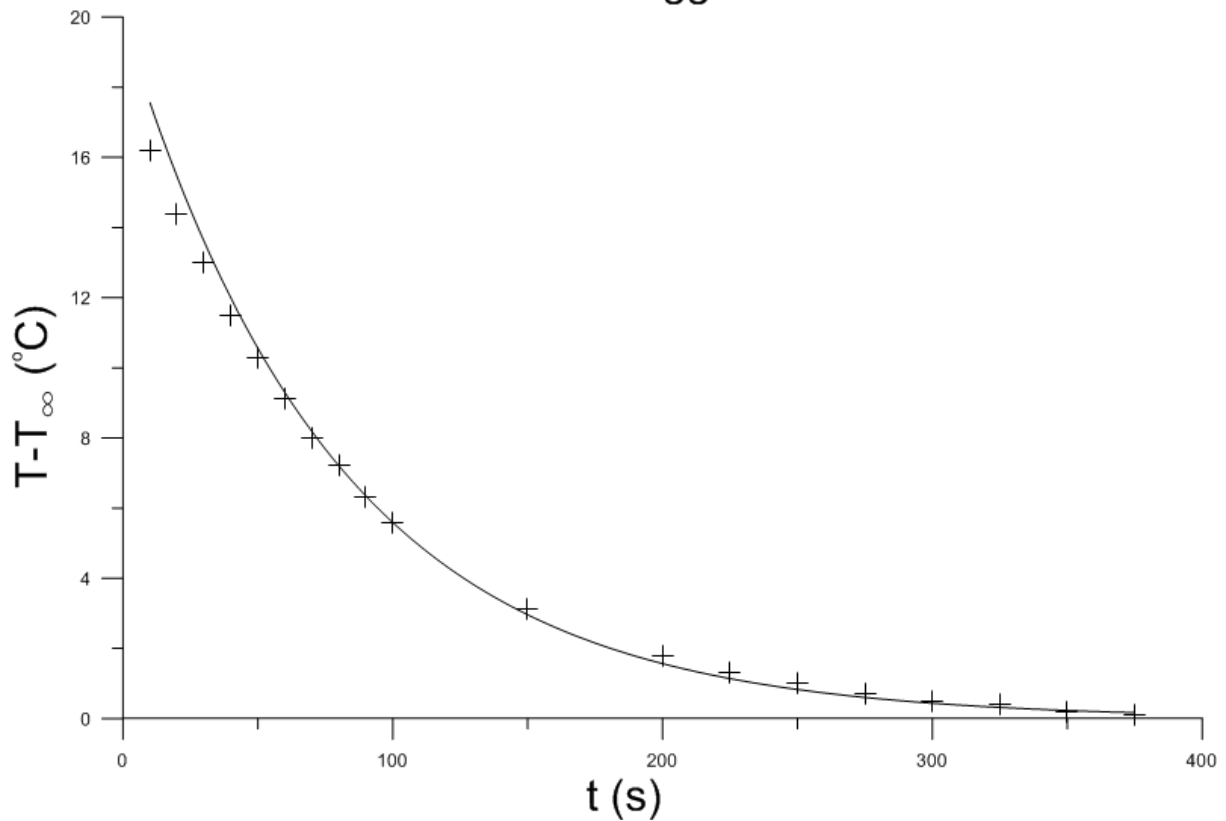
Mérési adatok:

t (s)	T (°C)
10	12.2
20	10.4
30	9
40	7.5
50	6.3
60	5.1
70	4
80	3.2
90	2.3
100	1.6
150	-0.9
200	-2.2
225	-2.7
250	-3
275	-3.3
300	-3.5
325	-3.6
350	-3.8
375	-3.9

Illesztett függvény:

$$\ln(T_{(t)} - T_{\infty}) = \left(-\frac{1}{\tau}\right)t + \ln(A)$$

Hűtés időfüggése



Eredmények:

$$A = 19.93 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\tau = 78.65 \text{ s}$$

Maximális hőmérsékletkülönbség meghatározása

Különböző áramerősségeknél (I) mértem az egyensúlyi hőmérsékletet (T) és feszültséget (U), amiket 4τ idő után mértem le. Majd az illesztett függvény paramétereiből I_{min} és T_{min} -t meghatároztam.

Illesztett függvény:

$$T(I) = \frac{aI^2 + b}{cI + 1}$$

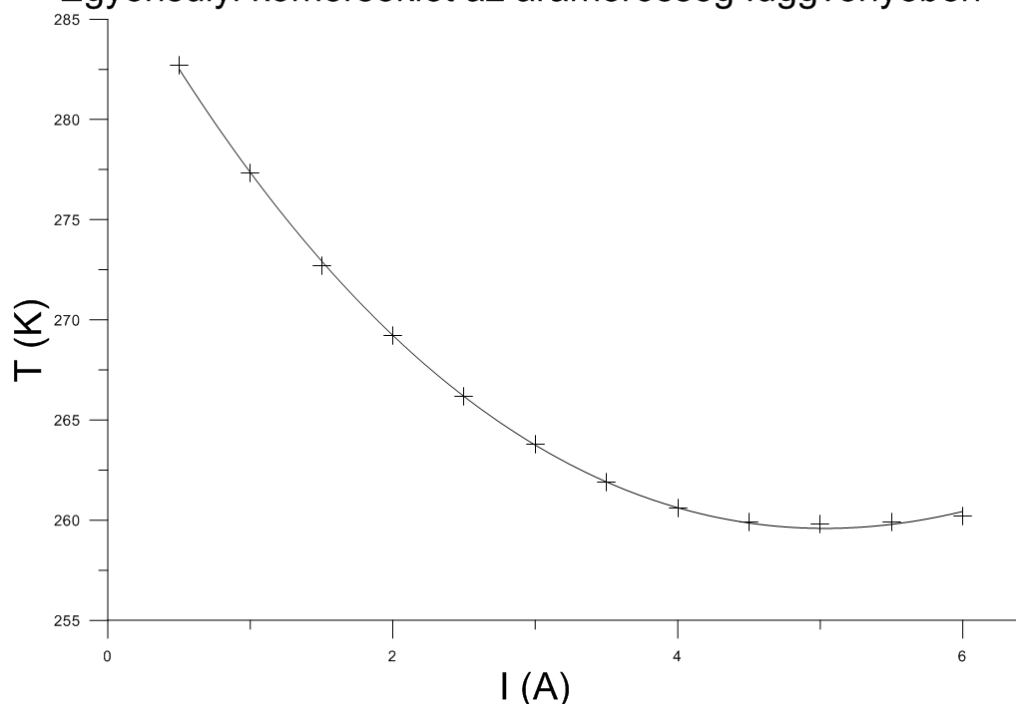
$$I_{min} = \frac{1}{c} \left(\sqrt{1 + \frac{bc^2}{a}} - 1 \right)$$

$$T_{min} = \frac{aI_{min}^2 + b}{cI_{min} + 1}$$

Mérési adatok:

I (A)	T (°C)	U (V)
0.5	9.7	0.858
1	4.3	1.4
1.5	-0.3	1.8
2	-3.8	2.21
2.5	-6.8	2.6
3	-9.2	2.99
3.5	-11.1	3.4
4	-12.4	3.72
4.5	-13.1	4.03
5	-13.2	4.2
5.5	-13.1	4.46
6	-12.8	4.67

Egyensúlyi hőmérséklet az áramerősség függvényében



Eredmények:

$$a = 1.1412 \frac{\Omega \cdot K}{W}$$

$$b = 288.4832 K$$

$$c = 0.0442 \frac{V}{W}$$

$$I_{min} = 5.0313 A$$

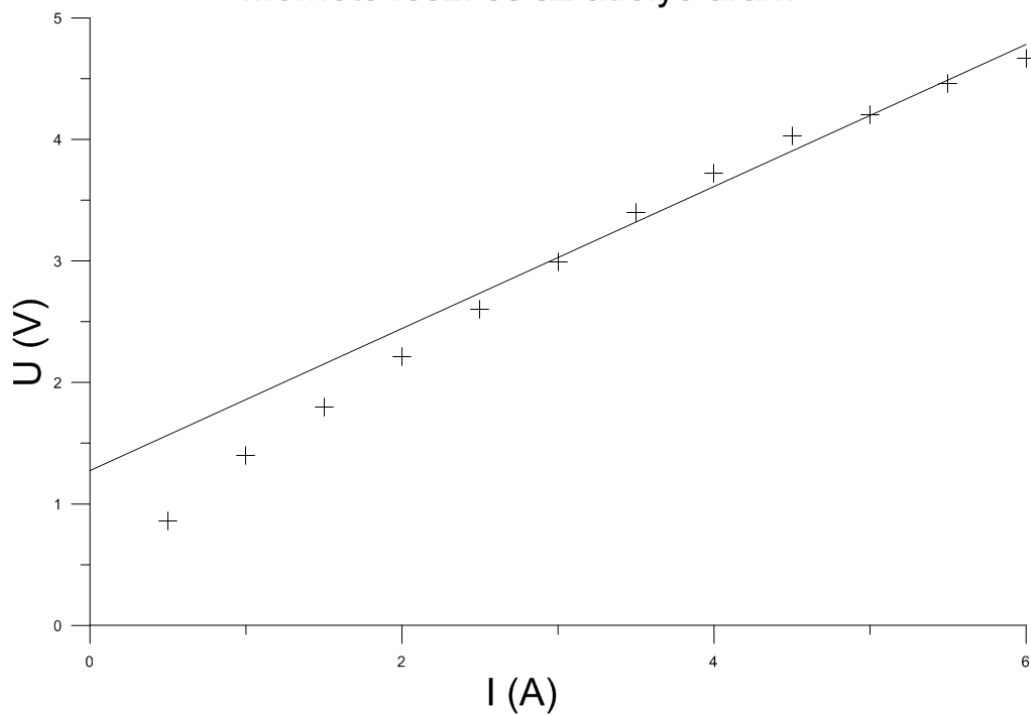
$$T_{min} = 259.5936 K$$

Seebeck-együttható:

A Seebeck-együttható U_{min} és T_0 ismeretében megadható. Az U_{min} feszültség a mért feszültség és áramerősség adatpárok lineáris szakaszára illesztett egyenes egyenletéből számolható.

$$S_{ab} = \frac{U_{min}}{T_0}$$

Mérhető fesz. és az átfolyó áram



Illesztett egyenes egyenlete:

$$U = 0.5845 \cdot I + 1.2745$$

$$U_{min} = 4.2154 V$$

$$S_{ab} = 0.0145 \frac{V}{K}$$

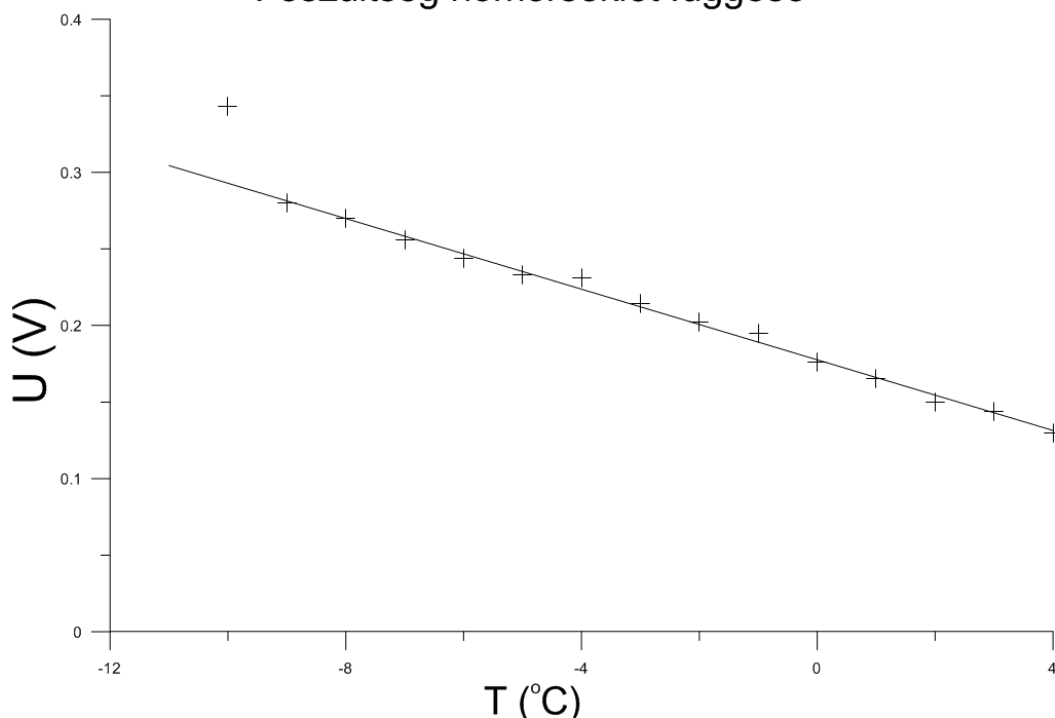
Seebeck-együttható közvetlen mérése

A mérés során -10°C -ra való lehűtés után kikapcsolt áram mellett mértem a hőmérséklet (T) emelkedését, és a hőmérséklet értékekhez tartozó feszültséget (U). A kapott adatokra illesztett egyenes meredekségéből pedig a Seebeck-együtthatót megállapítottam.

Mérési adatok:

T ($^{\circ}\text{C}$)	U (V)
-10	0.343
-9	0.28
-8	0.27
-7	0.256
-6	0.244
-5	0.233
-4	0.231
-3	0.214
-2	0.202
-1	0.195
0	0.176
1	0.165
2	0.150
3	0.144
4	0.130

Feszültség hőmérséklet függése



(Az első kiugró értékre nem illesztettem az egyenest)

Eredmény:

$$S_{ab} = 0.0115 \frac{V}{K}$$

A többi együttható számítása

A további együtthatókat meghatározhatjuk az eddigi eredményekből. A számolásokban a közvetlen módszerrel meghatározott Seebeck-együtthatót használom, mert ez pontosabb eredményt ad.

Rendszer elektromos ellenállása:

$$R_{ab} = \frac{T_{min} \cdot S_{ab}}{I_{min}} = 0.5951 \Omega$$

Peltier-elem jósági tényezője:

$$z = \frac{2(T_{(0)} - T_{min})}{T_{min}^2} = 8.8164 \cdot 10^{-4} \frac{1}{K}$$

Hővezetési tényező:

$$h_{ab} = \frac{S_{ab}^2}{z \cdot R_{ab}} = 0.2535 \frac{W}{K}$$

Peltier-együttható:

$$P_{ab} = 4.2154 V$$

Teljesítmény egyenlet tagjainak vizsgálata

$$Q_P = P_{ab} \cdot I_{min} = 21.2089 \text{ W}$$

$$\frac{1}{2} Q_J = \frac{1}{2} R_{ab} \cdot I_{min}^2 = 7.5321 \text{ W}$$

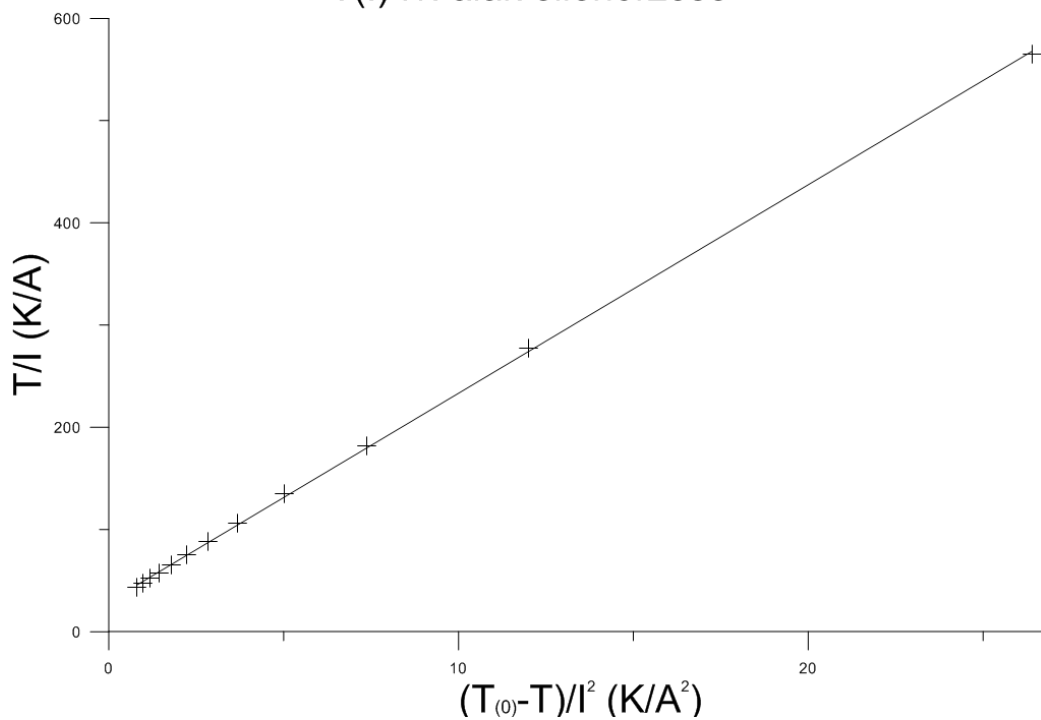
$$Q_V = h_{ab}(T_0 - T_{min}) = 7.5305 \text{ W}$$

$$\frac{dq}{dt} = 6.1457 \text{ W}$$

A $\frac{dq}{dt}$ értékből látható, hogy az elszigetelés a környezettől nem tökéletes.

T(I) függvényalak ellenőrzése

T(I) fv. alak ellenőrzése



Eredmény:

$$b = 29.3344 \frac{K}{A}$$

$$m = 20.4001 \text{ A}$$

$$R^2 = 0.999818$$

Látható hogy a mérési pontok jól illeszkednek az egyenesre.