2. Hőmérséklet érzékelők vizsgálata, hitelesítése folyadékos hőmérő felhasználásával.

A MÉRÉS CÉLJA

Az elterjedten alkalmazott **hőmérséklet-érzékelők** (ellenállás-hőmérő, termisztor, termoelem) megismerése, **általános működésük** (hőmérséklet → elektromos jelátalakítók → digitális kijelző) megértése. A folyadékos (higanyos) hőmérő (mint etalon) alkalmazása a **hőmérséklet-érzékelők** hőmérsékletmérésre történő **hitelesítés**hez. Az adott eszközöket jellemző ellenállás-hőmérséklet, illetve feszültség-hőmérséklet kapcsolatok kimérése. Az érzékelők viselkedését leíró függvények paramétereinek meghatározása.

ELMÉLETI ISMERETEK

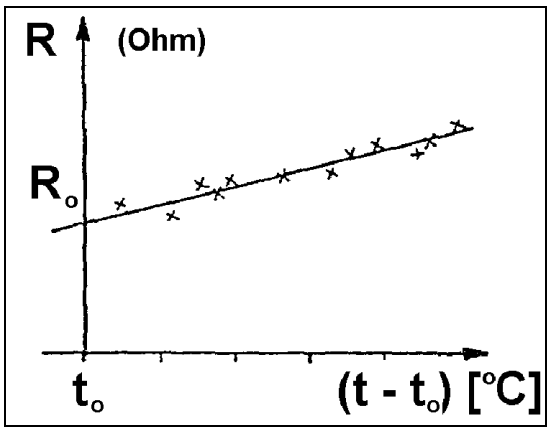
A fizikai mennyiségek nagy többségének értékei függnek a hőmérséklettől. Legismertebb a folyadékok, gázok, szilárd testek **térfogat növekedése** a hőmérséklet emelkedésével. Ezen alapszik a higanyos és az alkoholos hőmérő. Egy higanyos hőmérőt használunk etalonnak.

2.1. Fémes ellenállás hőmérsékletfüggése

A fémek ellenállása **lineárisan növekszik** a hőmérséklet növekedésével, ez alapján készíthető az ellenállás hőmérő:

$$R=R_o[1+\alpha(T-T_o)] \qquad (2.1)$$

ahol R és R_o a t ill. t_o hőmérsékletekhez tartozó ellenállás értékek, α pedig az anyagtól függő **hőmérsékleti tényező** (**hőfoktényező,** egysége 1/K) (2.1. ábra). R, R_o, t_o és α ismeretében a hőmérséklet közvetlenül számítható.



2.1. ábra. Fémes ellenállás hőmérséklet függése

2.2. Termisztor ellenállásának hőmérsékletfüggése

A félvezető anyagok tulajdonságai erősen hőmérsékletfüggők, a hőmérséklet emelkedésével az ellenállásuk csökken, mivel nő a töltéshordozók koncentrációja. A

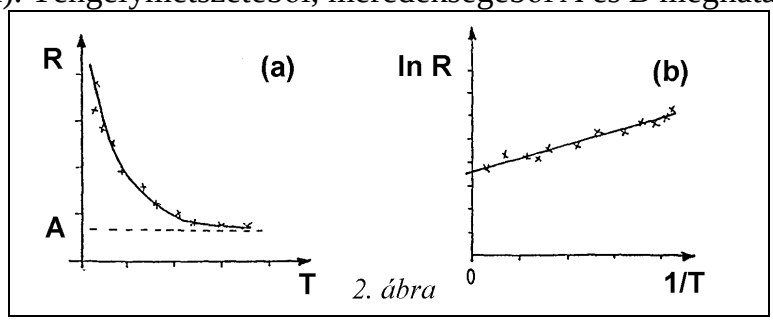
félvezető anyagok ellenállásának hőmérsékletfüggése jól közelíthető egy **exponenciális kifejezéssel** (2.2. ábra):

$$R = A\exp(B/T) \qquad (2.2)$$

ahol A, a $T = \infty$ értékhez tartozó **ún. maradék-ellenállás**, és $B > 0$ a félvezető anyagára jellemző állandó (**hőfoktényező,** egysége K). A (2.2) kifejezés természetes alapú logaritmusát véve „linearizáljuk” az összefüggést:

$$\ln R = \ln A + B/T\,. \qquad (2.3)$$

Ha a mért ellenállás értékek logaritmusát $1/T$ függvényében ábrázoljuk **egyenest** kapunk (2.3 ábra). Tengelymetszetéből, meredekségéből A és B meghatározható.



2.2. ábra 2.3. ábra.

A két érzékelő jellemzőit a 2.1. táblázat hasonlítja össze.

2.1. táblázat

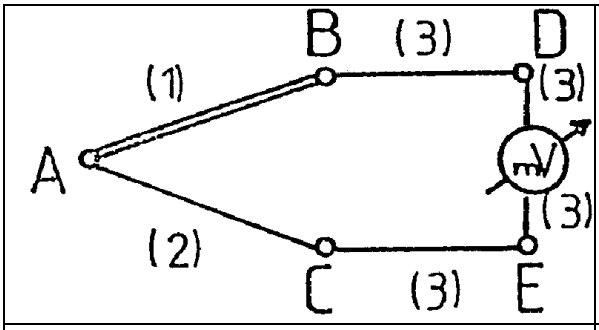
Tulajdonság	Ellenállás-hőmérő	Termisztor
Hőfoktényező	kicsi, ~10^{-3} K^{-1}	nagy, T-függő
R (20 ^{o}C)	~ 100 Ω	kΩ nagyságrendű
Stabilitás	jó	gyengébb
Reprodukálhatóság	jó	gyengébb
Karakterisztika	lineáris	exponenciális
Tömeg	> termisztor	< ellenállás-hőm.
Hőm. tartomány	-183-tól 630 ^{o}C-ig	-60-tól 150 ^{o}C-ig
Anyaga	Pt, Cu, Ni, ötvözetek	különféle félvezetők

3.3. A hőelem (termoelem) hőmérsékletfüggése

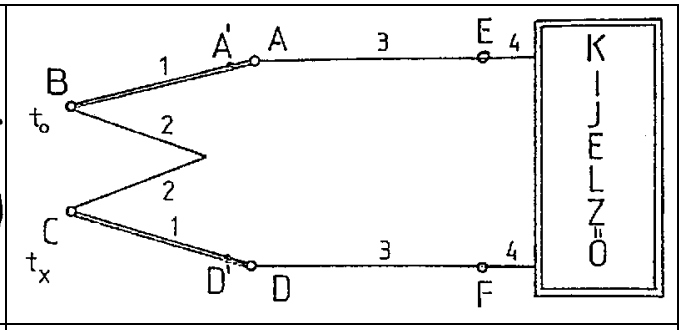
Két különböző fém érintkezésekor a két fém között elektromos feszültség mérhető. Ez a feszültség az **ún. kontaktpotenciál**, melynek nagysága az érintkező fémek anyagi minőségétől és – jó közelítéssel lineárisan – az érintkezési pont hőmérsékletétől függ.

A 2.4. ábrán látható kapcsolást három különböző [(1)-es, (2)-es, és (3)-as jelzésű] fémből alakítjuk ki. Ha minden pont azonos hőmérsékleten van, akkor a D és az E pontok között nem jelentkezik feszültség.

Amennyiben valamelyik fém-fém átmenet (A, B vagy C pontok) hőmérséklete megváltozik, akkor D és E között feszültség mérhető, melynek értéke arányos a hőmérsékletváltozással. Tehát, ha az A átmenet hőmérsékletét kívánjuk mérni, akkor a másik két átmenet (B és C pont) hőmérsékletét állandó értéken – a hitelesítés hőmérsékletén – kell tartani; ekkor D és E között az A pont hőmérsékletének megváltozásával arányos feszültség mérhető. A B és a C pontok hőmérsékletének állandó értéken tartása azért fontos, mert ellenkező esetben a fellépő kontaktpotenciál-változások meghamisíthatják a mérést.



2.4. ábra Termoelem kapcsolás



2.5. Termopár

Nagyobb mérési pontosságot érhetünk el két összekapcsolt termoelemből álló ún. **termopár** (2.5. ábra) segítségével. A termopárt alkotó kontaktusok (B és C) az (1) és (2) anyagokat kötik össze, míg a (3) anyagból készült elvezető huzalok az A és a D pontokon kapcsolódnak a termopárhoz. Ekkor A' és A illetve, D' és D kontaktusok feszültsége azonos nagyságú, de ellentétes polaritású, így egymás hatását kiegyenlítik. Az A' és D' pontok között megjelenő feszültség arányos a B és a C pontok hőmérsékletkülönbségével:

$$U_{A©D©} = \alpha_{12} \Delta t \qquad (2.4)$$

ahol az anyagai tényezőjére utaló együttható (α_{12}) indexében levő számok a termoelemet alkotó anyagokra utalnak. A lineáris közelítés **szűk hőmérséklet-tartományban** (200-300 K), illetve kisebb pontossági igények esetén alkalmazható. **Szélesebb hőmérsékleti intervallumban** (1000-1500 K) további állandók bevezetése szükséges.

A 2.4. összefüggés szerint a termopár kimenetén a B és C pontok közti hőmérséklet-különbséggel arányos feszültség jelenik meg. Ha hőmérőként kívánjuk használni, akkor az egyik átmenetet ismert hőmérsékleten kell tartani. A vonatkoztatási hőmérséklet általában 0 ^{o}C, ami olvadó jég segítségével könnyen előállítható és tartható. (A gyakorlatban persze nem kell mindig egy "referencia-jégkockát" magunknál tartani; speciális csatlakozók kialakításával, illetve a termoelem feszültségéhez elektronikusan hozzáadott, a környezet hőmérsékletével arányos feszültséggel ez kiküszöbölhető.) Ennél a kapcsolásnál a hőmérsékletmérés a B és a C pontoknál levő átmenetek segítségével történik. Mérés közben tehát csak arra kell ügyelni, hogy ezen átmeneteknek páronként (A-nak D-vel és E-nek F-el) azonos legyen a hőmérséklete. Ez a feltétel aránylag könnyen teljesíthető az átmenetek közötti jó termikus kapcsolattal.

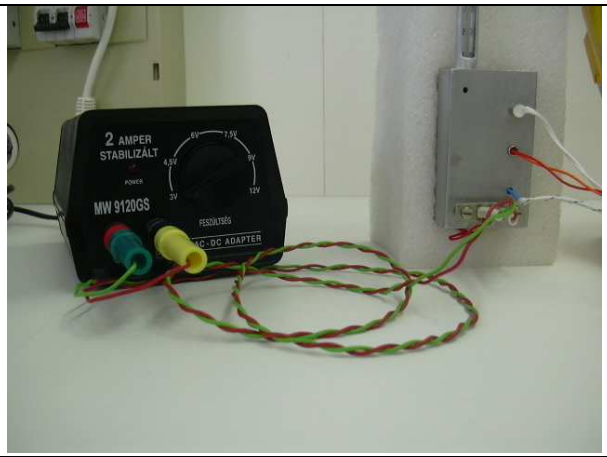
ESZKÖZÖK, A MÉRÉS MENETE

- Higanyos hőmérő,
- Ellenállás hőmérő,
- Termoelem,
- Termisztor,

A hitelesítés jelen esetben az érzékelők hőmérséklet - ellenállás ill. hőmérséklet - termofeszültség függvényeinek meghatározását jelenti. A mérésnél a hőmérséklet-érzékelőket egy egyenletesen fűthető alumínium tömbben helyezzük el, egy „hiteles” higanyos hőmérővel együtt. (termopár esetében csak az egyik érintkezés kerül az alumínium tömbbe, a másik víz-jég keverékbe merül).

Az alumínium tömb hőmérséklete az elektromos fűtés bekapcsolásával lassan emelkedik, a megfelelő ellenállás ill. feszültség értékeket 5 ^{o}C-ként olvassuk le digitális multiméterrel!

2.6. Teljes elrendezés



2.7. Alumínium tömb fűtése

FELADATOK, EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

1 Állapítsa meg a fémes ellenállás és a termisztor ellenállásának és a hőelem termofeszültségének hőmérsékletfüggését a hőmérséklet növekedése közben! A hőmérsékletet a szobahőmérséklettől kb. 80 ^{o}C-ig változtassa ~5 ^{o}C-ként! (Végezze el a feladatot csökkenő hőmérséklet mellett is!)

2 Ábrázolja az ellenállás hőmérő és a termisztor ellenállását, valamint a termoelem feszültségét a hőmérséklet függvényében (termisztor esetében Kelvin egységekben)!

3 Határozza meg a termisztor A és B paramétereit! Ehhez a termisztoron végzett mérés eredményeiből számítsa ki az ln R és az $1/T$ értékeket! Ábrázolja az ln R -$1/T$ grafikont és a kapott pontokra illesszen egyenest! (2.3. ábra)! Az egyenes meredeksége a termisztort jellemző B konstans, függőleges tengelymetszete az A konstans értékét adja meg.

4. A termoelem vizsgálata során kapott mérési pontokra illesszen egyenest! Határozza meg annak meredekségét, ami az érzékelő anyagai tényezőjére utaló együttható, α_{12} paraméterét adja meg (mV/K egységben)!
5. Értékelje a kapott eredményeket!

KÉRDÉSEK

1. Milyen hőmérséklet-érzékelőkkel ismerkedik meg a gyakorlat során?
2. Mi a hőmérséklet-érzékelők működésében az általános, a közös?
3. Milyen mérőeszközt alkalmazunk a hőmérséklet-érzékelők hőmérsékletmérésre történő hitelesítéshez, és miért**?**
4. Milyen matematikai kapcsolatot mutat a fémek ellenállása a hőmérséklettel? Írja fel a leíró összefüggést, nevezze meg az ott szereplő paramétereket!
5. Milyen mennyiséget és milyen nagyságrenden mérünk „ellenállás hőmérő”-vel?
6. Milyen fémeket használnak ellenállás hőmérőben? Milyen nagyságrendű az ellenállásuk?
7. Milyen matematikai kapcsolat van a félvezetők ellenállása és az abszolút hőmérséklet között? Írja fel a termisztor ellenállásának hőmérséklet függését exponenciális formában, nevezze meg az ott szereplő paramétereket!
8. Milyen mennyiséget és milyen nagyságrenden mérünk félvezetők ellenállás esetében?
9. Mit jelent a félvezető anyagok ellenállásának hőmérsékletfüggését leíró összefüggés „linearizálása”? Írja fel a termisztor ellenállásának hőmérséklet függését linearizált formában!
10. Milyen az ellenállás hőmérő és a termisztor hőfoktényezőjének mértékegysége?
11. Milyen hőmérséklet tartományon lehet mérni az ellenállás hőmérővel és a termisztorral?
12. Milyen kapcsolatot van a hőelem (termoelem) ún. kontaktpotenciálja és az abszolút hőmérséklet között?
13. Milyen hőmérséklet egységekben kalibrálja a termisztor esetében annak ellenállás-hőmérséklet kapcsolatát leíró grafikont?
14. Milyen az un. szűk, és milyen a tág hőmérséklet-tartomány termoelem esetében?
15. Rajzolja fel a termoelem kapcsolását!
16. Rajzolja fel a termopárt!
17. Mekkora feszültség értékeket kell megmérni termoelem esetében 20 és 80 ^{o}C között?
18. Mi a termoelem anyagai tényezőjére utaló együttható mértékegysége?
19. A gyakorlat során hány mennyiség egyidejű, párhuzatos mérésére (értékeinek rögzítésére) kell felkészülnie?
20. Hol alkalmazzuk a gyakorlatban az ellenállás hőmérőt, a termisztort és a termoelemet? (Soroljon fel 3-4 példát esetenként)

21 Hány oszlopos értéktáblázatot tervez a méréseredmények dokumentálására a különböző mennyiségek többszöri (minimálisan 3-szori) mérésével (átlag kiszámításával)?

http://elfiz2.kee.hu/jegyzet/termoel.html

Német Béla, Szász János
Pécs, 2008. február 12.