

## 2. Laboratóriumi gyakorlat

### A TERMISZTOR

#### 1. A gyakorlat célja

A termisztorok működésének bemutatása, valamint főbb paramétereik meghatározása. Az ellenállás-hőmérséklet  $R = f(T)$  és feszültség-áram  $U = f(I)$  jelleggörbék felrajzolása mért adatok alapján.

#### 2. Elméleti bevezető

##### 2.1 Az érzékelő bemutatása

A termisztorok működése a termorezisztivitás jelenségén, azaz az elektromos ellenállás hőmérséklet-függőségén alapszik.

Minden anyag változtatja fajlagos ellenállását hőmérséklet hatására, de a változás mértéke és az azt leíró egyenletek formája anyagonként változik. Félvezetők esetében a fajlagos ellenállás változást leíró törvény a következő:

$$\rho = \rho_0 e^{\frac{\Delta w}{2kT}} + \rho_1 e^{\frac{\Delta w'}{2kT}} \quad (1)$$

ahol:

$\rho_0, \rho_1$  – a tiszta, illetve szennyezett félvezető fajlagos ellenállása  $T_0=0^{\circ}K$  hőmérsékleten.

$\Delta w, \Delta w'$  – tiszta illetve szennyezett félvezető anyagban a töltéshordozók egyik energia szintről a másik energia szintre történő átugráshoz szükséges energia

$T$  – hőmérséklet, melyen a fajlagos ellenállást számoljuk

$k$  – Boltzmann féle állandó,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J}/^{\circ}K$

Amint látjuk, a fajlagos ellenállás változása exponenciális. Az elektromos fajlagos ellenállás hőmérsékletfüggőségét felhasználva, hőmérsékletre érzékeny ellenállást kapunk, melynek meghatározott hőmérséklet-intervallumra a fajlagos ellenállása következő:

$$\rho_T = \frac{1}{\sigma_T} = AT^b e^{\frac{\Delta w}{2kT}} \quad (2)$$

ahol a gyorsan változó tényező az exponenciális. Viszonylag kis hőmérsékleten ( $200^{\circ}C$ - $300^{\circ}C$ -ig) a  $b$  paraméter értéke zérónak tekinthető, tehát az előző összefüggés a következőképpen alakul:

$$\rho_T = A e^{\frac{\Delta w}{2kT}} \quad (3)$$

Ezt írhatjuk az alábbi alakba is, ami a termisztor hőmérsékleti jelleggörbéjének egyenlete

$$R_T = A e^{\frac{B}{T}} \quad (4)$$

ahol:

$A$  – hőmérséklettől független anyagállandó

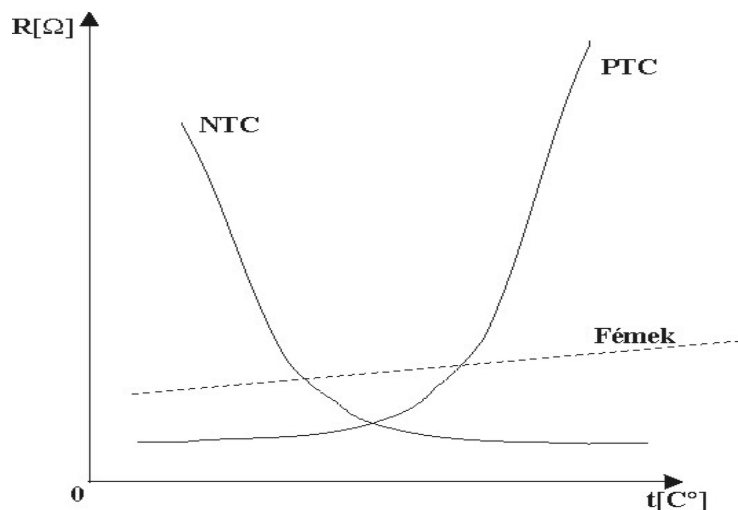
$B$  – hőmérsékletérzékenységi mutatónak nevezett állandó, Kelvin fokban kifejezve

$T$  - hőmérséklet

Mivel a termisztorok ellenállása nő vagy csökken a hőmérséklet növekedésével, megkülönböztetünk *pozitermisztorokat* (PTC), ahol  $\alpha_R > 0$  és *negatermisztorokat* (NTC), ahol  $\alpha_R < 0$  ( $\alpha_R$  hőmérséklet változási együttható).

Az 1. ábrán a termisztorok hőmérséklet függvényében történő ellenállás-változása látható, összehasonlítva a fémek ellenállás-változásával.

Termisztorok gyártásához a IV. főcsoportbeli fémek (Cr, Mn, Fe, Co, Ni) oxidjait használják fel. Negatermisztorok gyártásához 250°C hőmérsékletig NiO+MnO, NiO+MnO+CoO, Cu<sub>2</sub>O+MnO, Cu<sub>2</sub>O+ZnO vegyületeket használnak. A pozitermisztorok gyártásához általában titánötvözeteket használnak.



1. Ábra: a termisztor statikus jelleggörbéje

A termisztorokat széles körben alkalmazzák hőmérséklet-érzékelőként, hőmérsékletszabályozó, túlmelegedés-védő áramkörökben, valamint a hőmérsékletváltozásokkor fellépő nyomás stabilizálására, áramkorlátozásra, stb.

## 2.2. A termisztorok paraméterei

A termisztorok helyes használatához ismerni kell azok jelleggörbéit és paramétereit.

A hőmérséklet-érzékenységi mutató ( $B$ ) meghatározása feltételezi két hőmérsékleten mért ellenállás ismeretét, melyek értéke  $R(T_1)$  és  $R(T_2)$ . Ezek segítségével kifejezhetjük a  $B$  paramétert.

$$B = \frac{\ln \frac{R(T_1)}{R(T_2)}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$$

Szabvány szerint ez a két hőmérséklet a  $T_1=298,15^\circ\text{K}$  ( $+25^\circ\text{C}$ ) és  $T_2=358,15^\circ\text{K}$  ( $+85^\circ\text{C}$ ) értékeket veszi fel, de lehet más értékekkel is számolni. A  $B$  paraméter nagyságrendje 2000 és 4000 között változik.

Az ellenállás változás együtthatóját (hőmérséklet függvényében) ( $\alpha_R$ ) a következő összefüggés írja le:

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR_T}{dT} \quad [1/K] \quad (6)$$

Ez az együttható módosul a hőmérséklet függvényében, ezért minden hőmérsékleten meg kell határozni. Egy adott  $T_1$  és  $T_2$  értékek közti hőmérséklet-intervallumra meg lehet határozni egy  $T = \sqrt{T_1 T_2}$  hőmérséklet értéknek megfelelő  $\alpha_R$  középértéket, a következő egyenlet alapján:

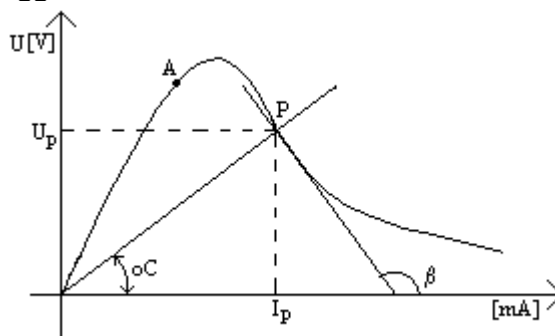
$$\alpha_R = \frac{1}{T_2 - T_1} \ln \frac{R(T_2)}{R(T_1)} \quad (7)$$

A hőmérsékleti időállandó ( $\tau$ ), amit termisztor-inerciának is neveznek a termisztor válaszidejét méri. Ezt több féle képen is meghatározhatjuk:

Közvetett melegítésű termisztor esetén a  $\tau$  állandó azt az időt jelenti, mialatt a termisztort  $100^\circ\text{C}$ -os környezetbe téve, a termisztor ellenállása eléri a  $0^\circ\text{C}$  hőmérsékleten mért ellenállás 37%-át (negatermisztorral dolgozva).

Önmelegítésű termisztorok esetén  $\tau$  az az idő, mialatt az átfolyó áram hőhatására felmelegedett termisztor ellenállása 63%-ot csökken, ha lekapcsoljuk róla a feszültséget. Az időállandó függ a termisztor méreteitől, anyagától és névleges teljesítményétől.

A feszültség-áram  $U=f(I)$  átviteli jelleggörbe adott hőmérsékleten a termisztor típusától függ. Ezt a jelleggörbét a 2. ábra szemlélteti.



2. Ábra A termisztor  $U=f(I)$  jelleggörbéje.

Az ábra segítségével két ellenállásértéket határozunk meg, a *statikus illetve dinamikus ellenállást* melyeket egy adott P pontban a következő képletek adnak meg:

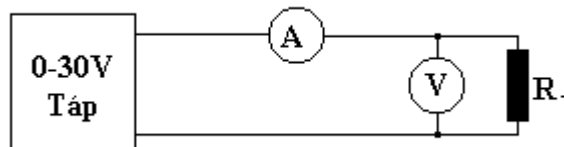
$$R_D = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \tan \alpha = \tan \beta \quad (9)$$

A munkapont, általában az  $U=f(I)$  jelleggörbe lineáris szakaszán található.

### 3. A mérés menete:

*I. lépés:* Az  $U=f(I)$  karakterisztika meghatározása.

A mérés környezeti hőmérsékleten történik. A termisztorra rákötjük az egyenáramú tápot a 3. ábra szerint. Növeljük a feszültséget az 1-es táblázatban megadott értékekre és lejegyezzük a megfelelő áramértékeket. Grafikusan ábrázoljuk az eredményt.



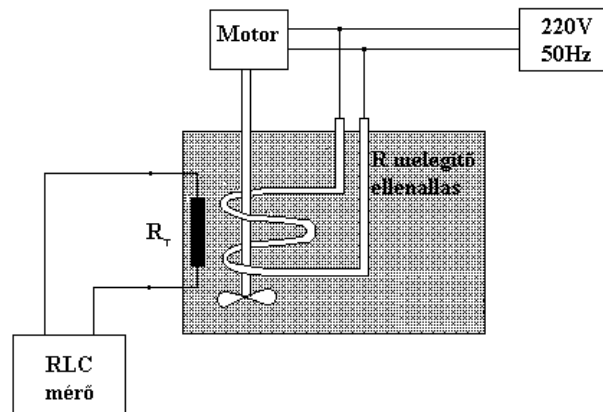
3. Ábra A termisztor bekötése az  $U=f(I)$  karakterisztika meghatározásához.

1. Táblázat

Termisztor	U	(V)	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27
R <sub>T</sub>	I	(mA)										

*II. lépés:* Az  $R=f(T)$  karakterisztika meghatározása.

A termisztor a környezeti hőmérsékleten levő vízbe helyezük. A vizet melegíteni kezdjük (Maximum 60 fokig!). Ugyanabban az időben leolvassuk a termisztoron mért ellenállás és a referencia hőmérséklet értékeit. A termisztoron az ellenállást RLC – mérővel mérjük, a referencia hőmérsékletet a higanyos hőmérő szolgáltatja. Kitöltjük a 2-es táblázatot, majd grafikusan ábrázoljuk az eredményt.



4. Ábra A termisztor  $R=f(T)$  karakterisztikájának meghatározásához

2. Táblázat

t (°C)	20	25	30	35	40	45	47	50	55	60
R <sub>T</sub> (kΩ)										

### III. lépés Számítások.

A 2-es táblázatból kiemelünk két mérési eredményt, például T<sub>1</sub>=25°C és T<sub>2</sub>=60°C valamint az ezeknek megfelelő ellenállásértékeket jelölve R<sub>1</sub> és R<sub>2</sub> -vel. Kiszámítjuk a B és az α<sub>R</sub> paramétereket az (5) valamint a (7) összefüggések segítségével.

Az  $U = f(I)$  karakterisztika grafikonján felvesszünk egy P pontot, majd leolvassuk a koordinátákat ( $U, I$ ) a feszültséget és az áramot. Ennek segítségével meghatározzuk az R<sub>S</sub> statikus ellenállást a (8) összefüggés alapján. A leolvasott ( $U, I$ ) pont körül még leolvassunk két ( $U, I$ ) értékpárt, egyet a P pont felett, a másikat a P pont alatt. Ezekkel kiszámítjuk az R<sub>D</sub> dinamikus ellenállást a (9) összefüggés szerint. Kitöltjük a 3-as táblázatot.

3. Táblázat

	Paraméterek	2.táblázat alapján		(5)	(7)	(8)	(9)
		R(25)	R(47)	össze- függés	össze- függés	össze- függés	össze- függés
		[Ω]	[Ω]	B	α <sub>R</sub>	R <sub>S</sub>	R <sub>D</sub>
1	R <sub>T</sub>			[°K]	[1/°C]	[Ω]	[Ω]

## 4. Kérdések és feladatok.

1. Az α<sub>R</sub> paraméter értékét milyen T hőmérsékletre határoztuk meg? (lásd 2.2 alfejezet)
2. Milyen mérőhidat használnánk, ha termisztorral mért hőmérsékletet feszültséggé kellene átalakítani. Rajzoljuk le a javasolt mérőáramkört.
3. A mérés során használt termisztor negatermisztor vagy pozitermisztor volt?
4. Keressünk alkalmazásokat a termisztor használatára!