

# E1 laboratóriumi mérés – Fizikai Tanszék

## Konduktív ellenállás és fémszálas izzó feszültség-áram karakterisztikája

### 1. A mérés célja, elve

Az izzólámpa fajlagos ellenállása működés közben nagy mértékben függ az izzószál hőmérsékletétől. A mérés célja ennek bemutatása, a hőmérsékletfüggés nagyságrendjének szemléltetése.

A mérés a kérdéses áramköri elem feszültség-áram karakterisztikájának felvételével és értékelésével történik.

### 2. Elméleti és technikai leírások

Az alábbi rövid összefoglalás nem az elméleti anyag részletezését célozza, pusztán emlékeztető az előadásokon és gyakorlatokon tanultakra, illetve bemutatjuk azok technikai alkalmazásait.

Az egyes alfejezetekben szereplő, aláhúzott, vagy bekeretezett részek, illetve a mérések kapcsolási rajzai a laboratóriumi mérések beugró dolgozataiban számon kérhetőek.

#### 2.1. Az Ohm törvény integrális alakja

A tapasztalat szerint egy homogén vezetőben folyó áram  $I$  erőssége arányos a vezető két sarka közötti  $U$  feszültséggel. Az arányossági tényezőt ellenállásnak nevezzük,  $R$ -rel jelöljük, mértékegysége az Ohm ( $\Omega$ ):

$$R = \frac{U}{I}$$

Az Ohm-törvény fontossága – bár hatóköre erősen korlátozott – számunkra elsősorban az, hogy a karakterisztikák mérésekor a referenciaként alkalmazott konduktív ellenállásokra nagy pontossággal igaz. Így azoknak az áramköri elemeknek a pontos működését, amelyekre a fenti arányosság nem igaz – esetünkben a fémszálas izzóra – szemléletesebben és pontosabban tudjuk megvizsgálni.

#### 2.2. Az áramköri elemekre kapcsolható maximális feszültség és áramerősség

Az egyes áramköri elemek mindegyike tönkremegy, ha túlságosan nagy feszültséget vagy áramot kapcsolunk rá. A pontos határértékek meghatározása a mérés előkészítésének egyik legfontosabb feladata. Amellett, hogy a mérőműszerek méréshatárának beállításakor ezek az információk elengedhetetlenek, balesetvédelmi szempontból is fontos tudni, hogy a vizsgált áramköri elemek mekkora feszültséggel és áramerősséggel terhelhetőek.

Azonban nem minden elemnek vannak ezek az információk megadva. Gyakori, hogy az ellenállás, illetve a maximális teljesítmény van megadva, de ezek bármelyikét helyettesítheti a maximális feszültség, ritkábban a maximális áramerősség mértéke.

Ezek a mennyiségek azonban könnyedén kiszámolhatóak egymásból, figyelembe véve, hogy a stacionárius áram teljesítménye

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Ez alapján a maximális feszültség, a maximális áramerősség, az ellenállás, és a maximális teljesítmény az alábbi összefüggéseken keresztül számolhatóak ki egymásból:

$$P_{\max} = U_{\max} I_{\max} = I_{\max}^2 R = \frac{U_{\max}^2}{R}$$

### 2.3. Áram- és feszültségmérés

A mérések során különböző áramkörök összeállítására lesz szükség. Gyakran kell majd áramerősséget és/vagy feszültséget mérni, sőt, a karakterisztikák mérésének éppen ez a legfontosabb módszere.

Az áramkörökben szereplő feszültség- és áramforrások valóságos forrásnak tekinthetők, technikai adataikban azonban már figyelembe van véve azok belső ellenállása. Azonban az előfordulhat, hogy a mérőberendezés aktuális állapota, vagy bizonyos környezeti tényezők miatt mégsem pontosan azonosak az eszköz leírásában szereplő üzemi adatok a valósággal. Ezért lesz fontos a feszültségek és áramerősségek együttes mérése.

Egy adott áramköri elemen eső feszültség méréséhez a feszültségmérőt párhuzamosan kell kapcsoljunk, a rajta átfolyó áramerősség mérésekor az áramerősség-mérő eszközt sorosan kell kapcsolnunk a vizsgált áramköri elemmel.

Mi azonban a két mennyiséget egyidejűleg szeretnénk mérni. Erre kétféle megoldást választhatunk:



**1. ábra** Az áramerősség és a feszültség együttes mérésére alkalmas áramköri kapcsolások.

Bal oldalon a szövegben szereplő 1. eset, jobb oldalon a 2.

Mindkét esetben a mérés pontatlansággal terhelt. Amikor a feszültséget úgy mérjük, hogy a feszültségmérőt az ampermérővel is párhuzamosan kötjük be (1. eset), akkor a mért feszültség értékben az ampermérőn eső feszültség is szerepelni fog. Ha pedig az áramerősség-mérőt kötjük sorosan az áramköri elemet és a feszültségmérőt párhuzamos kötésben tartalmazó körrel (2. eset), akkor pedig az áramköri elem és a feszültségmérőn összesen átfolyó áramerősséget mérjük.

Ezek azonban nagyon kicsi hatások. A feszültségmérő óriási ellenállása miatt csak nagyon kevés áram folyik át rajta, az ampermérőn pedig nagyon kicsi a feszültségesés, mivel egészen kicsi az ellenállása. A mérések során használt áramkörök összeállításánál mi az első változatot követjük, mivel az a megbízhatóbb, vagyis az áramköri elemmel sorosan kapcsolt ampermérővel is párhuzamosan kötjük a feszültségmérő eszközt.

### 2.4. A feszültség- és áramerősség-mérő eszközök méréshatárának beállítása

A mérés során olyan feszültség- és áramerősség-mérő eszközöket használunk, amelyek méréshatárai változtathatóak. A megfelelő méréshatár beállítása a mérés elvégzésének fontos része.

A méréshatár optimális beállításához először szükség van a vizsgált áramköri elemre kapcsolható maximális feszültség és áramerősség értékekre. Ezekhez képest a méréshatárt lehet a maximális érték közvetlenül alá vagy fölé választani (esetleg a két módszert kombinálni). Ezen alfejezet végén ezek a lehetőségek részletesen kitérőre kerülnek.

De először tekintsük át, hogy adott méréshatár beállítása esetén hogyan működik a mért értékek leolvasása, és azok alapján a valóságos értékek kiszámítása.



1. kép Feszültségmérő eszköz



2. kép Adott méréshatárra beállított feszültségmérő

Az 1. képen egy feszültségmérő eszköz látható. Jól látható az eszköz pozitív és negatív pólusa, illetve a felső szekcióban a méréshatár beállítására szolgáló lyukak. A méréshatár (vagyis a végkitéréshez tartozó feszültségérték) beállítása (lásd a 2. képen) egy tűske segítségével történik.

A beállított méréshatár a maximálisan mérhető feszültséget jelenti. A 2. képen szereplő példában ez 7,5V. Ez annyit jelent, hogy a mérőberendezés végkitérése (vagyis a 150-es osztáspont) 7,5V feszültségnek felel meg. Vagyis egy skálaosztás  $7,5V/150=0,05V$ -nak felel meg. A példában beállított 90-es osztás tehát  $90*0,05V$ -nak, vagyis 4,5V-nak felel meg a valóságban. Ugyanígy működik az áramerősség-mérés esetén is.

Általánosságban tehát az alábbi összefüggés szerint számolhatóak ki a valóságosan mért adatok:

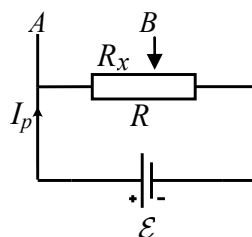
$$U_{\text{valós}} = U_{\text{osztás}} * U_{\text{max}} / 150.$$

Jellemző erre a mérésre, hogy a mérőberendezéseken beállítható méréshatárok nem ideálisak a mérendő áramköri elemek tulajdonságainak mérésére. A beállítandó méréshatár sokkal kisebb, mint a számolt maximum, de az egyel magasabb már "túl magas". A méréshatár mérés közbeni változtatása az analóg eszközöknél nagy mértékben rontja a mérés pontosságát. Továbbá ezek az analóg mérőberendezések jellemző módon a mérési tartomány felső kétharmada körül mérnek pontosan.

Ezen mérés szempontjából jó kompromisszumos megoldást nyújt, ha a méréshatárokat az ellenállásra, illetve az izzóra számolt maximális feszültség és áramerősség érték ALÁ választjuk. Így bár a felső tartománybeli pontok nem mérhetőek, így sokkal pontosabban mérhető a vizsgált fizikai jelenség: az izzószál karakterisztikájának nem-linearitása.

## 2.5. Feszültségosztó (potenciométeres) kapcsolás

A méréshez viszont nem csak a két mennyiség együttes mérésére lesz szükségünk, a feszültséget folytonosan változtatnunk kell, hogy megmérhessük, hogy különböző feszültség értékekhez milyen átfolyó áramerősségek tartoznak. Vagyis egy fix feszültségű forrás segítségével változtatható feszültséget kell előállítanunk. Ezt a feladatot valósíthatjuk meg feszültségosztó kapcsolás segítségével, amelynek lényege egy olyan áramköri elem, amelynek változtathatjuk az ellenállását:



2. ábra Potenciométeres kapcsolás

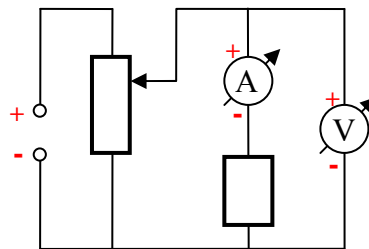
A főkörben folyó áramerősség természetesen  $I_p = \frac{\mathcal{E}}{R}$ , így az  $R_x$  ellenálláson eső feszültség:

$$U_{AB} = R_x I_p = \mathcal{E} \frac{R_x}{R}$$

A terheletlen potenciométer két kapcsán (A és B ponttal jelzett) megjelenő feszültség lineáris függvénye az  $R_x$  ellenállásnak, és  $0 \leq U_{AB} \leq \mathcal{E}$ . Így állíthatunk elő manuálisan változtatható feszültséget akkor is, ha a forrásunk állandó feszültséget biztosít számunkra.

## 2.6. karakterisztika méréséhez a mérési összeállítás

A fentiek alapján az áramköri elemek karakterisztikájának mérése során az alábbi áramköri kapcsolást alkalmazzuk:



3. ábra A feszültség és áramerősség együttes mérésére alkalmas áramköri kapcsolás

Ennek a kapcsolásnak köszönhetően tudjuk a vizsgálandó áramköri elemek karakterisztikáját mérni, vagyis minden feszültség értékhez meg tudjuk határozni, hogy mekkora az átfolyó áram erőssége. Az áramkörben a feszültséget a feszültségmérő folyamatos ellenőrzésével állíthatjuk be, majd ez után kerül sor az átfolyó áramerősség leolvasására.

A fenti kapcsolási rajz a mérés előtt számonkérhető!

## 3. A mérés módszere

Az izzólámpa karakterisztikája nem lineáris, ennek oka a benne lévő izzószál felmelegedése (az izzószál fajlagos ellenállása függ a hőmérséklettől, a hőmérséklet növekedéséért pedig az átfolyó áram felelős). Ennek bemutatásához a cél az izzólámpa karakterisztikájának felvétele.

Referenciaként konduktív ellenállás karakterisztikája is felvételre kerül, amely ebben a feszültségtartományban jó közelítéssel lineáris, vagyis az Ohm-törvénynek megfelelően viselkedik. Az izzószál működésének kiértékelésében az ezzel történő összehasonlítás az alap.

A karakterisztika együttes feszültség és áramerősség-mérés során valósul meg, amelyben a feszültség változtatása feszültségosztó beiktatásával történik.

## 4. Előkészítő számítások

Az áramköri elemeken (konduktív ellenállás és izzólámpa) közölt technikai adatok alapján ki kell számolni az elemre kapcsolható maximális áramerősséget és feszültséget. Az izzólámpa esetén a maximális feszültség a rajta szereplő üzemi feszültség.

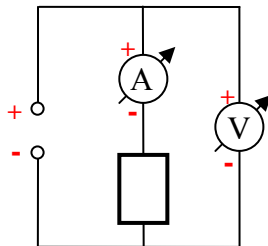
A számítások és az eredmények szerepeljenek a jegyzőkönyvben!

## 5. A mérés folyamata

A mérés során a konduktív ellenállás és az izzólámpa karakterisztikájának a felvétele a feladat. Ehhez az alábbi folyamatot először az ellenállás esetében kell elvégezni, majd a tápegység lekapcsolása és az új áramkör összeállítása után a tápegység újbóli bekapcsolásával következik a folyamat végigvitele az izzólámpa esetében is.

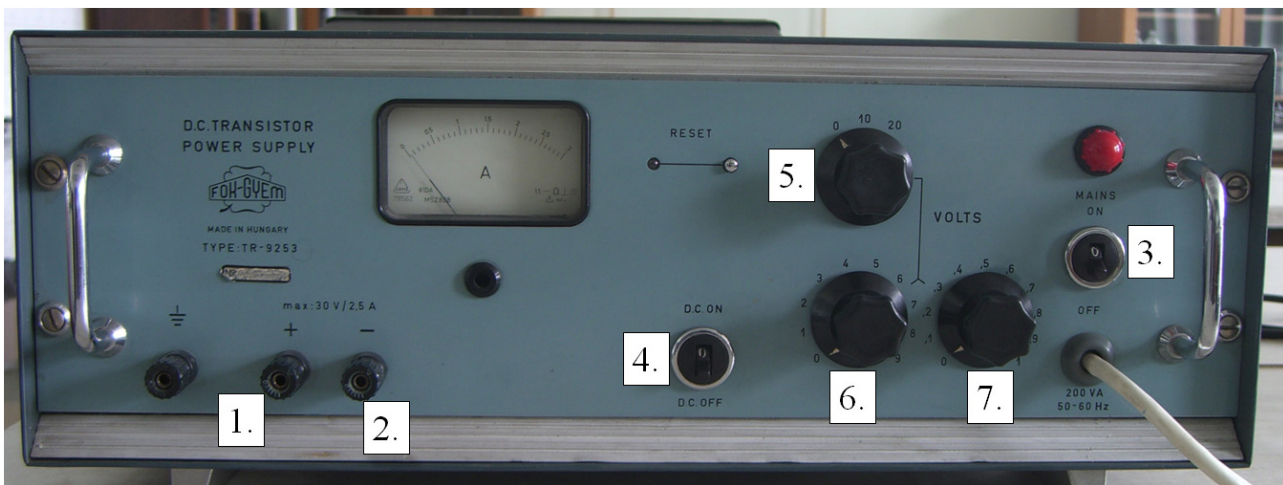
### 5.1. A kapcsolás összeállítása

A mérés során alkalmazott feszültségforrás már magában hordozza a feszültségosztót, így a mérési összeállítást az alábbi vázlat szerint kell elkészíteni:



4. ábra A mérés során összeállítandó kapcsolás

A tápegység működtetéséhez az alábbiakat kell tudni:



3. kép A mérés során alkalmazott tápegység előlapja

- 1 – A tápegység kimenetének pozitív pólusa
- 2 – A tápegység kimenetének negatív pólusa
- 3 – Központi kapcsoló
- 4 – Az egyenfeszültség áramkörre adásának kapcsolója
- 5 – A feszültség szabályzója 10V-os osztással
- 6 – A feszültség szabályzója 1V-os osztással
- 7 – A feszültség szabályzója 0,1V-os osztással

Fontos! Ha a feszültség változtatása során a nagyobb osztású szabályozót feljebb kapcsoljuk, előtte az alacsonyabb osztásúakat állítsuk vissza nullára! Ellenkező esetben a kívántnál sokkal magasabb feszültség jelenik meg az áramkörben.

Érdeemes az összeállítást a tápegység - mérendő kétpólus – áramerősség-mérő soros körrel indítani, és a feszültségmérőt a kétpólus bemenete és az áramerősség-mérő kimenete közé bekötni.

A feszültségmérő és áramerősség-mérő berendezések méréshatárát a kiszámolt maximális feszültség és áramerősség alapján, azok ALÁ kell beállítani.

A bekapcsolás előtt ellenőrizni kell, hogy a tápegység nulla feszültség leadására van-e beállítva!

A mérési összeállításra a központi feszültséget a gyakorlatvezető az áramkör ellenőrzése után kapcsolja rá.

A központi feszültség bekapcsolása után a tápegység központi kapcsolójának (3. kép 3. pont) képhasználatával, illetve az egyenfeszültséget az áramkörre adó kapcsoló (3. kép 4. pont) felkattintásával kezdődhet a mérés.

## 5.2. A karakterisztikák felvétele

Az egyes karakterisztikák felvétele során (bár a feszültséget fogjuk ábrázolni az áramerősség függvényében) a feszültség változtatása közben minden lépésben fel kell írni a beállított  $V$  értéket, és az ahhoz tartozó  $A$  értéket. A feszültséget zérus értékről növeljük legalább 15 lépésben úgy, hogy se a feszültség, se az áramerősség ne lépje át a kiszámolt határértéket.

Az első pont maga az origó, vagyis  $0V$  feszültséghez  $0A$  áramerősség tartozik.

Az ezen méréshez használt tápegységnek része egy beépített feszültségmérő, azonban a beállítás során az általunk bekötött mérőeszközt használjuk! A feszültséget három kapcsoló segítségével állíthatjuk be (lásd 3. kép).

A mérés során az oktató döntése alapján, szükséges lehet a mérőeszközök méréshatárának változtatása. Fontos figyelembe venni, hogy a mérőeszközök skálabeosztása függ a beállított méréshatártól. Ezért érdemes az eredményeket egy táblázatba beírni. Ennek kinyomtatható változata a mellékletben megtalálható.

A táblázatban az egyes mérési pontoknál a leolvasott skálaosztásokat, és a mérőeszközök aktuálisan beállított méréshatárait kell csak beírni, a tényleges feszültség és áramerősség értékek kiszámítását később is el lehet végezni, bár hasznos azonnal kiszámolni őket, és az eredményeket beírni a táblázat 3.-ik és 6.-ik oszlopába.

A jegyzőkönyvbe a mért eredményeket ezen táblázat formájában kérjük beadni!

## 5.3. A mérés után

A mérési feladatok elvégzése után a tápegység feszültségét vissza kell állítani nullára, az egyenfeszültséget biztosító kapcsolót „off” állásba kapcsolni, majd a tápegységet ki kell kapcsolni. Ezek után lehet szétszedni az összeállított áramkört, az egyes áramköri elemeket rendezetten elhelyezve.

## 6. Kiértékelés, számolások, tapasztalatok

A kiértékelés első lépése a konduktív ellenállás karakterisztikájának ábrázolása olyan koordináta-rendszerben, amelynek vízszintes tengelyén az áramerősség szerepel, a függőleges tengelyen pedig a feszültség. Fontos, hogy a feszültség és áramerősség értékek is a valós értékek legyenek, vagyis alkalmazni kell a 2.4. alfejezetben leírt átváltásokat, amelyeket a mérőeszközökön beállított mérés-határ határoz meg.

Az ellenállás értékének kiszámításához két módszert használhatunk.

Az első módszer egyenes illesztése a fenti pontokra, az  $R$  ellenállás az egyenes meredekségével egyenlő.

A második módszer az, hogy minden mérési pontban kiszámoljuk az  $U/I$  hányadost, és az így kapott értékeknek vesszük az átlagát.

Ha bármelyik módszerben "kiugró" pontot találunk, az valószínűleg a mérés hibája, így azok elhagyhatóak a kiértékelésből, de a minimum 12 mérési pont mindenképpen maradjon meg!

Az izzólámpa karakterisztikája nem lineáris, így a mérés szintjén számolási feladat nem végezendő. Azonban az  $U(I)$  karakterisztikát itt is ábrázolni kell. Az összehasonlítás érdekében olyan ábrát kell készíteni, amelyen az ellenállás karakterisztikája is szerepel, vagyis ugyanabban a koordináta-rendszerben kell ábrázolni mindkettőt!

## 7. A jegyzőkönyv elkészítésének specifikumai

A jegyzőkönyvnek az általános szabályokon túl az alábbiaknak kell megfelelni:

- A kapcsolási rajzot az elméleti anyag alapján kell beilleszteni.
- A méréshatárokhoz tartozó számolásokat a jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell.
- A mért eredményeket a bemutatott táblázat formájában kell beilleszteni.
- Az ellenállás kiszámításakor, ha az egyenest számítógéppel illesztjük, az illesztésről, illetve az alkalmazott programról röviden írni kell.
- Az ellenállás kiszámításánál, ha átlagot számolunk, akkor az egyes pontokhoz tartozó ellenállás értékeket külön táblázatban kérjük csatolni.
- A két karakterisztikát ugyanazon ábrán, ugyanabban a koordináta-rendszerben felrajzolva kérjük leadni, külön az ellenállás karakterisztikájára nincs szükség.

	Mért U	Méréshatár: Max. skálaosztás	Valós U	Mért I	Méréshatár: Max. skálaosztás	Valós I
1. pont						
2. pont						
3. pont						
4. pont						
5. pont						
6. pont						
7. pont						
8. pont						
9. pont						
10. pont						
11. pont						
12. pont						
13. pont						
14. pont						
15. pont						



	Mért U	Méréshatár: Max. skálaosztás	Valós U	Mért I	Méréshatár: Max. skálaosztás	Valós I
1. pont						
2. pont						
3. pont						
4. pont						
5. pont						
6. pont						
7. pont						
8. pont						
9. pont						
10. pont						
11. pont						
12. pont						
13. pont						
14. pont						
15. pont						