

Általános útmutató mérés technika labor gyakorlatokhoz

A mérés technika laboratórium mérőhelyei

A mérőhelyek a laboratórium főelosztójából kapcsolható tápvezetéseken kapnak ellátást. A mérőhelyen rendelkezésre álló tápfeszültségek ellenőrző műszereit, leválasztó kapcsolóit, csatlakozó kapcsait a mérőhely függőleges szerelőlapja tartalmazza. A mérőhely feszültségmentesítése (a védőérintkezős dugaszolóaljzat-sáv kivételével) a mérőhely bal oldalán az alsó sorban található piros nyomógombbal lehetséges.

Tápfeszültségek

- Egyfázisú dugaszolóaljzat sáv: Elektronikus műszerek, tápegységek stb. csatlakoztatására, csak a főelosztóban kapcsolható ki!
- 3x400/230 V~: Háromfázisú váltakozófeszültség, ellenőrző műszerek nélkül, csak a mérőhely főkapcsolójával kapcsolható ki!
- 230 V~ : Egyfázisú, nem földfüggetlen váltakozófeszültség.
- 0..230 V~: Szabályozható egyfázisú, nem földfüggetlen váltakozófeszültség.
- 0..260 V=: Szabályozható hullámos (szüretlen), nem földfüggetlen egyenfeszültség.

Egyes mérőhelyek kialakítása eltér az általánostól. A méréseink során esetenként elektronikus tápegységeket is használunk.

A feszültség és árammérő műszerek tulajdonságai

A közvetlen működésű mutatós (elektromechanikus) műszerek, az elektronikus műszerek a mérőmű típusától illetve a mérő-egyenirányító kialakításától függően eltérő mérési sajátosságokat mutatnak, amelyek ismerete különösen a hullámos egyenáramú és a nem-szinuszos váltakozóáramú áramkörök vizsgálatakor fontos. A következőkben összefoglaljuk a gyakrabban használt műszertípusok mérési sajátosságait. A műszerek skálalapja, homloklapja többnyire tartalmaz olyan információt (jelképi jelölést), amely alapján a mérőmű típusa azonosítható.

Deprez voltmérő, ampermérő



Sima és hullámos egyenfeszültségen egyaránt a jel egyszerű (elektrolitikus) középértékét méri és mutatja. (U_k , I_k). Skálája lineáris. Csak egyenfeszültségen célszerű használni, váltakozófeszültségen 0-át mutat (mivel ennek középértéke 0), viszont a műszer melege a váltakozófeszültség effektív értéke négyzetével arányos, könnyen túlterhelhetjük..

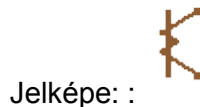
Egyenirányítós Deprez voltmérő, ampermérő



Váltakozófeszültségen használjuk (egyenfeszültségen is működik, de téves információt ad). A műszer kitérése az egyenirányított jel középértékével (abszolút középérték!) arányos (U_{ak} , I_{ak}), de célszerűségi okokból (többnyire szinuszos lefolyású jelet mérünk) a műszert szinuszos jellel kalibrálják és szinuszos jel effektív értékére skálázzák. Skálája a kezdeti szakaszon nyomott (az egyenirányító nemlineáris tulajdonsága miatt), majd lineáris. *Nem-szinuszos jel effektív értéke nem mérhető ezzel a műszerrel*, de a mért értékből ebben az esetben is számítható a jel abszolút középértéke:

$$U_{ak} = \frac{U_{mért}}{1,11} \quad I_{ak} = \frac{I_{mért}}{1,11}$$

Lágyvasas voltmérő, ampermérő



Egyenfeszültségen és váltakozófeszültségen egyaránt mérhetünk vele, a hullámformától függetlenül mindig a jel effektív értékét méri és mutatja (U_{eff} , I_{eff}). Skálája alap esetben négyzetes. (Ez a vasak kialakításával és a tekercs geometriával manipulálható.)

Elektronikus voltmérő



Az elektronikus voltmérőnek csak a váltakozó feszültség mérésekor mutatott sajátosságaival foglalkozunk. A mérési sajátosságok attól függenek, hogy a műszert csúcs-egyenirányítóval, abszolút középérték egyenirányítóval (más néven átlagérték egyenirányítóval) vagy valódi effektív érték egyenirányítóval látták-e el. Az elektroncsöves voltmérő (a "csővoltmérő") csúcs-egyenirányítós műszer, a korábbi gyártású digitális műszerek között is találunk csúcs-egyenirányítós típusokat. A korszerű elektronikus műszereket effektív érték egyenirányítóval látják el (esetenként ezen felül csúcs-egyenirányítóval is). A műszerben használt mérő-egyenirányító fajtájáról általában csak a műszerkönyvből kaphatunk tájékoztatást.

A csúcs-egyenirányítós voltmérő kitérése a mért váltakozófeszültség csúcserkével arányos ($U_{csúcs}$), de célszerűségi okokból (mivel többnyire szinuszos lefolyású jelet mérünk) a műszert szinuszos jellel kalibrálják és a szinuszos jel effektív értékére skálázzák. *Nem-szinuszos jel effektív értékét nem tudjuk mérni ezzel a műszerrel*, de a mért értékből ebben az esetben is számítható a jel csúcserké:

$$U_{csúcs} = \sqrt{2} \cdot U_{mért}$$

Digitális multiméterek

A digitális multiméterek (**DMM**) többfunkciós műszerek.

Alapszolgáltatásai: feszültség-, áram-, ellenállásmérés. További szolgáltatásai lehetnek: frekvencia, induktivitás, kapacitás, hőmérséklet, páratartalom, hangnyomás, megvilágítás mérése; félvezető (dióda) vizsgálat....stb.

Itt most csak a mérőhelybe épített **HM8012** típusú DMM feszültség (**DVM**) és áram (**DAM**) használatának módjait ismertetjük. A műszer műszerkönyve megtalálható a *kiegészítő anyagok* között.

Az alább ismertetett funkciók feszültség és áram mérésére egyaránt érvényesek:

- **DC:** a műszer a mért jel egyszerű (elektrolitikus) középértékét méri és jelzi ki. (A Deprez műszerhez hasonlóan)
- **AC:** a műszer a jel effektív értékét méri és jelzi ki. (Ha a jel egyenáramú összetevőt is tartalmaz, akkor az a mérés során figyelmen kívül lesz hagyva).
- **AC+DC:** a műszer a teljes jel effektív értékét méri. (A lágyvasas műszerhez hasonlóan)

Elektronikus műszerek használata erősáramú mérőkörökben

A közvetlen működésű mutatós (elektromechanikus) műszerek földfüggetlenek, a voltmérőt a vizsgált hálózat bármely két csomópontja közé csatlakoztathatjuk, az ampermérő a hálózat bármelyik ágába beiktatható.

A hálózati táplálású elektronikus műszerek többsége *nem* földfüggetlen, a bemeneti kapcsok egyike általában fémes kapcsolatban van a műszer fémházával (pl. a szigetetlen csatlakozó hüvelyt közvetlenül a fém homlokra szerelik), a fémház a hálózati csatlakozó vezeték védővezetőjén keresztül a hálózat földelt védővezetőjével (nullázó vezetőjével) kerül fémes kapcsolatba. A szóban forgó bemenet ezzel földeltté válik. Ezt a kapcsolatot *jelföldnek* nevezzük, megjelölésére az elektronika test szimbólumát, esetleg a GND (=ground=föld) feliratot használják.

A laboratóriumi gyakorlatok mérőköreinek nagy részét a földelt kiefeszültségű elosztóhálózatról tápláljuk, gyakran használunk ezekben elektronikus műszereket (főleg oszcilloszkópot). A nem földfüggetlen elektronikus műszerek jelföldjét csakis a hálózat nulla-vezetőjének potenciáljára köthetjük, máskülönben vagy zárlatot okozunk vagy a mérőkör elemeit veszélyeztetjük. Ez megkötöttség a mérhető áramköri jellemzők megválasztását korlátozza.

Földfüggetlen mérőkörökben kevesebb kötöttséggel mérhetünk elektronikus műszerekkel. A földfüggetlen mérőkör egyetlen, de tetszőlegesen megválasztható csomópontját földelhetjük azzal, hogy ide csatlakoztatjuk a mérőkörben használt *valamennyi* elektronikus műszer jelföldjét. 50 Hz-es váltakozóáramú mérőkörök földfüggetlen táplálását megoldhatjuk úgy, hogy a mérőkört nem közvetlenül csatlakoztatjuk az erősáramú hálózatra, hanem egy transzformátor beiktatásával ennek szekunder tekercséről tápláljuk. A transzformátor primer és szekunder oldala között nincs fémes kapcsolat, emiatt a mérőkörünk táplálása földfüggetlen lesz.

Az oszcilloszkóp felépítése, használata

Az oszcilloszkóp periodikus villamos jelek függvénykapcsolatának megjelenítésére alkalmas. Megjelenítő egysége az elektronsugárcső, ennek elektronsugara a cső homloklülettébe becsapódva annak lumineszkáló bevonatában fényt kelt és egy kisméretű fényfoltot hoz létre. Az elektronsugárcsőben lévő elektród-párokra adott feszültségekkel a fénypont helye vízszintesen és függőlegesen - egymástól függetlenül - változtatható.

Az elektronkapcsolós kétsugaras (kétcsatornás) oszcilloszkóppal két periodikus villamos jel időfüggvényét rajzolhatjuk fel egyidejűleg az időeltérítéses üzemmódban, vagy egy villamos jelet egy másik villamos jel függvényében az X-Y üzemmódban. A két csatorna - CH1 és CH2 - bemeneti fokozata azonos felépítésű. (A bemenetek jelölése típusonként eltérő: CH1 és CH2; A és B; Y1 és Y2.) A bemeneti választókapcsoló AC állásban kondenzátoros csatolást valósít meg, ekkor a bemenőjelnek csak a váltakozóáramú összetevője jut a bemeneti feszültségosztóra. (A csatoló kondenzátor a bemeneti osztó ellenállásával felüláteresztő szűrőt képez, amely a mérőkör elemévé válik. Egyes esetekben ezt a hatást is figyelembe kell vennünk.) DC állásban az egyenáramú összetevő is hatásos. GND állásban a bemenőjel nem jut az oszcilloszkópba. A bemeneti osztó a méréshatár váltást szolgálja.

Az időeltérítéses módban a vízszintes eltérítő-rendszerre fűrészfeszültség jut, ennek hatására a fényfolt az ernyőn balról jobbra egyenletes sebességgel fut az ernyő jobb széléig, majd igen gyorsan visszaugrik a bal szélre. A függőleges eltérítést a CH1 és a CH2 bemeneten lévő jel hozza létre. Az elektronkapcsolóval (amely az üzemmód vezérlő része) két, azonos időben lejátszódó folyamat együttes megjelenítése is lehetséges. Az elektronkapcsoló a készülék előlapján lévő kezelőszerv segítségével többféle üzemmódba kapcsolható

- ONLY A: csak az A (CH1) bemenet jelét látjuk a képernyőn;
- ONLY B: csak a B (CH2) bemenet jelét látjuk a képernyőn;
- CHOPPED: a CH1 és a CH2 bemenőjeleket az elektronkapcsoló - az elektronsugár egy vízszintes átfutása alatt - igen nagy frekvenciával (>100 kHz) felváltva kapcsolja a függőleges eltérítésre, a két jel hullámformája egyidejűleg, szaggatott vonalszakaszokból kirajzolva jelenik meg.
- ALTERNATE: a CH1 és a CH2 jele felváltva jelenik meg a képernyőn az elektronsugár két vízszintes átfutása alatt úgy, hogy az első átfutáskor a CH1, a második átfutáskor a CH2 csatorna vezéri a függőleges eltérítést.
- ADDED ALG.: a bemenőjelek algebrai összege vagy különbsége jelenik meg a képernyőn.

A valódi kétsugaras oszcilloszkópok képcsövében két elektronágyú és két pár függőleges eltérítő lemez van, általában cserélhető betétírókos bemenő-erősítővel készülnek. Elektronkapcsolós betétírókokat használva 4 jel egyidejű ábrázolása is lehetséges.

A vízszintes eltérítést (a fűrészgénérátort) a szinkronozó fokozat a bemenő jelekkel összehangoltan indítja úgy, hogy a periodikus jelek képe mindig azonos helyen jelenjen meg az ernyőn és ezáltal álló képet lássunk. A szinkronjel forrása megválasztható, ez lehet a CH1 vagy a CH2 csatorna jele, a hálózati 50 Hz-es tápfeszültségből előállított jel (LINE), vagy a külső szinkron bemenetre adott jel (EXT.).

Az X-Y üzemmódban a függőleges eltérítést az Y (CH1), a vízszintes eltérítést az X (CH2) bemenetre adott feszültség vezéri, ilyenkor a fűrészgénérátornak nincs szerepe. Az ábrázolt függvénykapcsolat független változója ekkor nem az idő, hanem az X bemeneten lévő feszültségjel. X-Y módban felrajzolhatjuk pl. a ferromágneses anyagok hiszterézis-görbét, frekvencia- és fázisösszehasonlítást végezhetünk.

A korszerű oszcilloszkóp függőleges és vízszintes eltérítőrendszere kalibrált. A feszültségérzékenység fokozatkapcsolóval általában 10 mV/cm...20 V/cm értékek között állítható, a vízszintes futási sebesség reciproka (az időalap) 5 s/cm...0,1 μ s/cm értéktartományban választható. Az emyő előtti átlátszó műanyaglapon lévő, általában 1 cm-es osztású négyzetháló lehetővé teszi a felrajzolt jel függőleges és vízszintes méreteinek leolvasását és - a beállított feszültségérzékenység ill. az időalap figyelembevételével - a feszültségek (pl. a csúcserték) és az időtartamok (pl. a periódusidő) meghatározhatók.

A méréseink során használt oszcilloszkópok különböző típusúak, a jelölési módban kissé eltérők, de közel azonos funkciók választhatók. Az X via A (X az A csatornán keresztül) jelzi néha az X-Y üzemmódot, egyes típusoknál az X-Y módban az X csatorna (a vízszintes eltérítés) nem kalibrált. A négyzethálós skála osztása nem mindig 1 cm-es, az érzékenységet ilyenkor pl. 20 V/div formában adják meg (div=osztás).

A mérés elvégzése, a mérési eredmények feldolgozása

A MÉRÉSI KÖRNYEZET ÉS A MÉRÉSI EREDMÉNYEK FELJEGYZÉSE

A mérési környezetre és a mérési eredményekre vonatkozó információt úgy kell rögzítenünk, hogy

- szükség esetén a mérés az eredeti körülmények között megismételhető legyen,
- a mérés során elkövetett durva hibák a feldolgozáskor lehetőleg kiszűrhetőek, korrigálhatóak legyenek.

Ennek érdekében jegyezzük fel a mérésben használt műszerek típusjelét, pontossági osztályát, mérési tartományát és gyártási számát. Vázoljuk fel a mérés kapcsolását, a műszerek és készülékek egyértelműen azonosíthatóak legyenek a vázlaton, tüntessük fel ezen a mért mennyiség általunk használt jelét (pl. U_1, I_0, I_1).

Mutatós műszerekkel mért értékeket ne közvetlenül a mért mennyiség egységében olvassuk le. Jegyezzük fel a méréshatárt a mért mennyiség egységében, a műszer végkitérését skálafokokban és a mért értéket szintén skálafokokban. A mért mennyiséget (ennek egységében) a mérési eredmények feldolgozása során számítsuk ki. Így jórészt elkerülhetők a leolvasási hibák, a durva hibák részben kiszűrhetőek.

A feldolgozáskor első lépésben meghatározzuk a C skálaállandót (az un. műszerállandót):

$$C = \text{méréshatár/végkitérés}$$

A skálaállandó mértékegysége a mért mennyiséggel összefügg, áramerősség mérésekor pl. $A/^\circ$. A skálafokokban leolvasott α_m mért érték, a C skálaállandó birtokában a mennyiség egységében kifejezett X_m mért értéket a következő módon számíthatjuk:

$$X_m = C \cdot \alpha_m$$

Mindezeket táblázatos formában - pl. áramerősség mérésekor - az alábbi módon rögzíthetjük:

I		
C [A/°]	α_m [°]	I [A]

A MÉRÉS FELDOLGOZÁSA, JEGYZŐKÖNYV KÉSZÍTÉSE

A mérési eredmények értékelésekor rendszeresen előforduló feladat a mérés hibakorlátjának elemzése, becslése. A következőkben összefoglaljuk a mérési pontossággal, a mérési hibákkal kapcsolatos alapismereteket.

A mérés *abszolút* hibája (H) a mért érték (X_m) és a helyes, "pontos" érték (X_p) különbsége, ez a mért mennyiséggel egyező mértékegységű.

$$H = X_m - X_p$$

A relatív hiba (h) az abszolút hiba (H) és a helyes érték hányadosa (többnyire %-ban adjuk meg a számértékét).

$$h = \frac{H}{X_p} = \frac{(X_m - X_p)}{X_p}$$

A mért mennyiség helyes értékét többnyire nem ismerjük. A relatív hiba közelítőleg meghatározható az abszolút hiba és a mért érték hányadosaként, mivel a helyes érték és a mért érték közel azonos nagyságú.

A mutatós műszerek pontossági minősítésének, osztályozásának alapja az X_k konvencionális értékre (megállapodás szerint választott értékre) vonatkoztatott relatív hiba (h_p). A pontossági osztályba a következő összefüggés szerint sorolhatjuk a műszert:

$$h_p \geq \frac{H_{max}}{X_k}$$

Ez az egyenlőtlenség azt fejezi ki, hogy a műszer legnagyobb abszolút hibájának a konvencionális értékhez vonatkoztatott aránya nem haladhatja meg a pontossági osztályra előírt értéket. A műszer pontossági osztályának jelét a skálalapon mindig feltüntetik.

A méréseinkben használt mutatós műszerek esetében a konvencionális érték többnyire a műszer felső méréshatára, azaz a végkitérésben mért érték (X_v). Ez arról ismerhető fel, hogy a pontossági osztály jele (pl. 1,5) kiegészítő szimbólum nélkül áll a skálalapon. (Ha a pontossági osztály jelét egy körbe foglalva ábrázolják, a konvencionális érték a helyes érték.) A pontossági osztály és a konvencionális érték ismeretében meghatározhatjuk, hogy egy adott helyzetben a műszernek - a pontossági osztálya követelményeinek még éppen eleget téve - mekkora abszolút és relatív hibát van "joga" elkövetni, azaz mekkora a mérés abszolút és relatív hibakorlátja.

Az abszolút hibakorlát:

$$H_{max} = h_p \cdot X_v$$

Az abszolút hibakorlát nem függ attól, mekkora az éppen mért érték. Egy 1%-os pontossági osztályú, 10 A méréshatárú műszer abszolút hibakorlátja $0,01 \cdot 10 = 0,1$ A, bármekkora mért érték esetén ekkora abszolút hiba megengedett.

A relatív hibakorlát:

$$h_{max} = h_p \left(\frac{\alpha_v}{\alpha_m} \right)$$

A relatív hiba korlátja már függ a mért értéktől, ez annál nagyobb lehet, minél kisebb a mért érték (az α_m kitérés) a méréshatárhoz (az α_v végkitéréshez) viszonyítva. A mutatós műszereinkkel úgy dolgozzunk, hogy lehetőleg a skála felső harmadában, a végkitérés közelében mérjünk velük. Az előbbi példánál maradva, az 1 %-os pontossági osztályú, 10 A méréshatárú ampermérővel csak 1 A-t mérve a relatív elérheti a 10 %-ot. A legkisebb értelmesen mérhető mennyiség a műszer abszolút hibakorlátjával egyező érték, ekkor a hiba 100%. Ez alatt a relatív hibakorlát a 100%-ot is meghaladhatja.

Gyakori eset, hogy a minket érdeklő mennyiséget nem tudjuk közvetlenül mérni, hanem más, közvetlenül mért eredményekből számíthatjuk ezeket. A közvetlenül mért mennyiségek hibakorlátjai meghatározzák a számított eredmény hibakorlátját. A számított eredmény hibakorlátja attól is függ, hogy milyen műveletekkel jutunk a számított eredményhez. Két egyszerű esettel foglalkozunk: a számított eredmény additív műveletekkel (összeadással és/vagy kivonással) vagy multiplikatív műveletekkel (szorzással és/vagy osztással) kapjuk.

ÖSSZEADÁS ÉS KIVONÁS

A közvetlenül mért mennyiségek abszolút hibakorlátja összeadódik. Ha pl. a háromfázisú teljesítmény két wattmérőn mért teljesítmény összege adja és mindkét wattmérő 10 W abszolút hibakorlattal mér, akkor a háromfázisú teljesítmény abszolút hibakorlátja 20 W lesz.

SZORZÁS ÉS OSZTÁS

A közvetlenül mért mennyiségek relatív hibakorlátja összeadódik. Ellenállást mérhetünk úgy, hogy a közvetlenül mért feszültség és áramerősség hányadosát képezzük. Ha a feszültség mérésének relatív hibakorlátja 5 %, az áramerősségé 3 %, az ellenállásmérés relatív hibakorlátja 8 % lesz.

A számított eredmények abszolút és relatív hibakorlátjának megállapítását a következő lépésekben végezhetjük el (ha csak additív vagy csak multiplikatív műveletek adják a számított mennyiséget):

- A műszerek pontossági osztálya, a méréshatár és az éppen mért érték ismeretében meghatározzuk a közvetlenül mért mennyiségek abszolút vagy relatív hibakorlátját.
- A számítással nyerhető eredmény számítási módjától függően összegezzük az abszolút vagy a relatív hibakorlátokat.
- A számított mennyiség és az egyik számított (abszolút vagy relatív) hibakorlát ismeretében meghatározzuk a másik hibakorlátot. Ehhez a relatív és az abszolút hiba közötti összefüggést használhatjuk fel (a helyes érték helyett a számítással kapott értéket felhasználva).

A mérési jegyzőkönyvben általában táblázatba foglaljuk a közvetlenül mért és a számított mennyiségeket, különösen akkor, ha sorozatmérést végzünk ugyanazzal a mérőkörrel, változó paraméterek mellett. A jegyzőkönyv egyértelmű, ellenőrizhető és tömör legyen.

Sorozatméréskor ajánlható:

- Adjuk meg a számított mennyiségek meghatározására szolgáló összefüggéseket, a számítás logikai sorrendjében.
- Egyetlen példán mutassuk be a számítási módszer alkalmazását.
- Táblázatban foglaljuk össze a sorozatmérés valamennyi bemenő (mért) és kimenő (számított) adatát.

Sorozatmérés eredményét gyakran diagramban ábrázoljuk. Ennek koordinátatengelyeit lássuk el skálával, ne feledkezzünk meg az itt szereplő változók jelének és mértékegységének feltüntetéséről. A jelleggörbék megrajzolásának forrásául szolgáló alappontokat is ábrázoljuk a diagramon (pl. keresztel), az alappontok és a táblázatbeli értékek egyértelműen összerendelhetők legyenek.

A laboratóriumi mérések útmutatói

A mérési gyakorlatok célja, hogy a műszerek kezelésének, a mérési módszerek alkalmazásának begyakorlása mellett megismerkedjünk az elektrotechnika egyes jelenségeivel, törvényeivel, eszközeivel. Számos feladat elvi alapjainak tárgyalására a Villamosságtan és az Elektronika tantárgyakban csak a későbbiekben kerül sor, emiatt a mérési útmutató minden feladathoz összefoglalja a legfontosabb elméleti tudnivalókat és ismerteti a mérés elvégzésének, a mért eredmények feldolgozásának módszerét és számítási összefüggéseit.

A mérési feladatok kapcsolását többnyire egyszerűsített elvi vázlatokon ábrázoltuk. Egyes mérések több mérőhelyen folynak, a kapcsolásban és a áramköri paraméterekben eltérések lehetnek. Alkatrész jellemzők, méréshatárok nem szerepelnek a kapcsolási vázlatokon. Az útmutatóban nem definiált jellemzők megválasztását a gyakorlatvezető útmutatása szerint, esetenként önállóan kell elvégezni.