

13. Villamosmérések

13. 1. Villamosmérésekkel kapcsolatos alapfogalmak

A gyakorlatban előforduló fontosabb villamos mennyiségek, azok mértékegységei és jelölése:

villamos feszültség,	jele: U	mértékegysége: 1 Volt
áramerősség,	jele: I	mértékegysége: 1 Amper
kapacitás,	jele: C	mértékegysége: a Farad
induktivitás,	jele: L	mértékegysége: a Henry
teljesítmény,	jele: P	mértékegysége: 1 Watt
ellenállás,	jele: R	mértékegysége: 1 Ohm
fajlagos ellenállás	jele: ζ	mértékegysége: Ohm x mm ² /m
villamos munka,	jele: W	mértékegysége: Joule (Watt secundum)
dielektromos állandó	jele: E	mértékegysége: -
mágneses fluxus.	jele: Φ	(erővonal szám)
mágneses indukció,	jele: B	mértékegysége: erővonalszám/cm ²

Ohm törvény: $U = I \times R$ (V)

Kirchhoff I. törvénye - egy csomópontban a csomópontba befolyó valamennyi áram összege egyenlő a csomópontból elfolyó áramok összegével: $\sum I_{be} = \sum I_{ki}$

Kirchhoff II. törvénye - egy zárt hurokban a feszültségek összege zérus: $\sum U_k = 0$.

Joule törvény - a villamos áram a vezetőn való áthaladásakor ellenállásba ütközik, amit le kell győznie, mialatt a befektetett munka a vezetőben hővé alakul.

Egyenáramú munka: $W = U \cdot I \cdot t$ (J)

Egyenáramú teljesítmény: $P = R \cdot I^2$ (W)

Faraday I. törvénye - az elektródákön kiváló anyag m tömege arányos az elektroliton áthaladó Q villamos töltés mennyiségével.

Egyenáramú áramforrások :

a.) Generátor - mozgási indukció révén keletkezik az U_b belső feszültség. A generátor kapcsaira R_t terhelő-ellenállást kapcsolva, az Ohm - törvénynek megfelelően

$$I = U_b (R_b + R_t)^{-1}$$

nagyságú áram folyik. Az R_b a generátor tekercseléséből adódó saját belső ellenállás.

b.) Akkumulátor - U_b belső feszültségét feltöltött állapotban belső vegyi átalakulása idézi elő, az R_b belső ellenállása szerkezeti felépítéséből adódik.

Áramforrások soros kapcsolása: az egyes áramforrások pozitív és negatív kivezetéseit váltakozva kapcsolják össze.

$$U_b = U_{b1} + U_{b2} + \dots U_{bn},$$

$$R_b = R_{b1} + R_{b2} + \dots R_{bn}$$

Csak azonos árammal terhelhető áramforrásokat lehet sorosan összekapcsolni.

Áramforrások párhuzamos kapcsolása: az egyes áramforrások pozitív kivezetéseit a pozitívokkal, a negatívokat a negatívokkal kötik össze.

Azonos belső feszültség esetén terheléskor a terhelő áramok a belső ellenállásokkal fordított arányban vannak. Üres járásban nem folyik áram, terheléskor a kisebb belső ellenállású terhelődhet túl.

Váltakozóáramú áramkörök

Időben szinuszosan váltakozó feszültség:

A feszültséget a következő mennyiségekkel jellemezhetjük:

u - pillanatérték, U_0 - csúcserő, T - periódus idő, f - frekvencia, ω - körfrekvencia

Időben szinuszosan váltakozó áram:

Az időben szinuszosan váltakozó feszültség lineáris áramkörü elemeken (ellenállás, induktivitás, kapacitás) ugyancsak szinuszosan váltakozó áramerősséget hoz létre.

Középértékek:

Effektív érték az illető mennyiség egy periódusra számított négyzetes középértéke.

Az áram effektív értéke azzal az egyenárammal egyezik meg, amely egy R rezisztenciájú ellenálláson ugyanannyi hőt fejleszt egy periódus alatt, mint a vizsgált váltakozó áram.

Abszolút középérték az illető mennyiség abszolút értékének egy periódusra vett átlaga.

Az abszolút középérték a két oldalasan egyenirányított áram egyszerű középértéke, és egyúttal az az érték, amellyel az elektrokémiai hatás azonos.

13. 2. Villamos mérőeszközök osztályozása

13.2.1. Működési elv szerinti osztályozás

Mérőműszer megnevezése		Mérőműszerrel elvégezhető mérések
Mutatós(kitéréses) műszerek	Elektromechanikus, Galvanometrikus, Indukciós, Elektrosztatikus	Feszültség, áram, Hatásos és meddőteljesítmény, Teljesítménytényező, Frekvencia
Mutatós vagy digitális műszerek	Elektronikus	— ” —
Összegező (integráló) műszerek	Indukciós, Áram vegyi hatásán alapuló	Villamos energia (munka, fogyasztás)
Rajzoló műszerek	Gyorsan rajzoló (oszcillográf)	Feszültség, áram görbék jelalakja, amplitúdója, periódusideje, stb.
Rajzoló műszerek	Lassan rajzoló (regisztráló)	Feszültség, áram, teljesítmény Hőmérséklet időbeli változása
Nullázó műszerek	Összehasonlító, Helyettesítő	Ellenállás, impedancia, induktivitás Kapacitás, kölcsönös induktivitás, Frekvencia, dielektromos veszteségi tényező, mérőtranszformátorok-hibái

13.2.2. Használati mód szerinti osztályozás

a. Alapmérőeszközök

Az olyan nagy pontosságú, különleges gondossággal felszerelt és használt mérőeszközök, melyekkel a műszereket gyártó, javító és kölcsönző szervezetek a vizsgáló mérőeszközöket ellenőrzik. Az alapmérőeszközöket rendszeresen az OMH-nál újra hitelesíttetni kell.

b. Vizsgáló mérőeszközök

A használati mérőeszközök ellenőrzésére szolgálnak. Vizsgáló mérőeszközként csak a vele ellenőrzendő mérőeszköznél pontosabb mérőeszköz használható.

c. Használati mérőeszközök

Az üzemi jellemzők mérésére szolgáló eszközök.

- a. beépített mérőeszközök
- b. hordozható mérőeszközök

13.2.1.1. Mutató mérőműszerek

Ebbe a kategóriába azokat a műszereket soroljuk, melyek működése az áram különféle hatásain alapul, melyek alkalmasak arra, hogy villamos mennyiségeket mérjenek.

Deprez műszer

működési elve: állandó mágnes pólusai között az áramtól átjárt csapágyazott vezetőkeretre szerelt mutató elfordul. A mutató nulla helyzetbe való visszatérését rugók biztosítják. (13.1.ábra)

A mutató kitérése arányos az áramerősséggel. Lineális a skála. Csak egyenáram/feszültség mérésére alkalmas. Csillapítása kicsi, szállításnál a műszerkapcsokat rövidre kell zárni. Önfogyasztás kicsi (néhány mW). Méréshatár: 5-10 mikroampertől néhány mA-ig (feszített szállal és fénymutatóval = galvanométer). Külső mágneses terek hatásától óvni kell.

13.1.ábra

1. állandó mágnes, 2. pólussarú, 3. henger alakú mag, 4. mozgó tekercs (alumínium kereten), 5. mutató, 6.7. visszatérítő rugók, 8. mutató ellensúly, 9. mágneses sönt

Mérési tartománya - sönttel, illetve előtét-ellenállással bővíthető. Üzemi és laboratóriumi célra egyaránt alkalmas. Gondos gyártás esetén a végkitérésre vonatkoztatott pontatlansága 0.1 %-nál is kisebb lehet. Mérésegyenirányítóval kiegészítve szinuszos váltakozó feszültség/áram mérésére is alkalmassá tehető (tipikusan 20 Hz - 20 kHz között). 13.2. ábra

13.2. ábra

A lengőtekercses műszert három adat jellemez:

- a belsőellenállás,
- a végkitérésre vonatkoztatott feszültség / áramerősség

Két ismert adatból az ohm törvény segítségével a harmadik mindig kiszámítható.

A mérőeszközöket általában két skálával készítik, egyiket az egyenáramú, a másikat a váltakozó áramú mérések céljaira.

A váltakozó áramra vonatkozó skálát a tiszta szinuszos esetre az effektív értékek szerint hitelesítik ill. kalibrálják. Amennyiben a műszert eltorzult áramok/feszültségek mérésére alkalmazzuk, és a kapott értéket effektív értéknek tekintjük, hibás eredményt kapunk, mivel a készülék által mutatott értéket meg kellene szorozni a különböző görbe alakokra vonatkozó formátényező értékével " k " -val.

13.4. ábra.

13.3. ábra

Ellenállásmérés mutatós műszerrel

Az üzemi gyakorlatban használatos univerzális műszerek többsége el van látva közvetlen mutató ellenállás-mérési lehetőséggel. Ehhez szükséges egy állandó áramú forrás (elem) egy potenciométer amellyel a műszer végkitérése, vagy is a nulla érték beállítható. A műszeren rendszerint közvetlenül ellenállásértékekre kalibrált skála található. Elérhető pontosság 2 - 5 %.

Lágyvasas műszer

működési elve: a mért árammal táplált és a mágneses teret létrehozó mozdulatlan tekercs behúzza a mozgó vasmagot, amely elforgathatóan van csapágyszárral és mutatóval ellátva. A mutató nulla helyzetbe való visszatérését rugó biztosítja. Egyen és váltakozó áram mérésére alkalmas.

13.4. ábra.

13.4. ábra

1. mozdulatlan tekercs, 2. tekercs középső rése, 3. mozgó mag (lágyvas), 4. visszatérítő rugó, 5. csillapító kamra

Jellemzői: viszonylag jelentős fogyasztás, nem lineális skála, mérési tartománya csak mérőváltóval módosítható. Mind mechanikusan, mind villamosan igen stabil.

Vibrációs műszerek

Ezeket a mérőműszereket elsősorban a hálózati váltakozó áram periódusszámának mérésére használják. A mérőműszer működési elve, hogy rugózó nyelvek sorát, amelyeket közös befogó szerkezet tart és amelyeket különböző önrezgésszámra hangoltak, egy elektromágnes, a mérendő frekvenciának megfelelően mechanikus rezgésben tart. A mérendő frekvenciával rezonanciába kerülő nyelv nagy amplitúdóval rezeg és így jól láthatóan mutatja a rezgésszám számszerű értékét.

Váltakozóáramú mérési kapcsolások

Mérőváltók (feszültségváltó és áramváltó)

Az áramváltó olyan transzformátor, amely a zárlati állapothoz hasonló körülmények között üzemel. Az ilyen transzformátor primer tekercsét a mért áram körébe kell kapcsolni, az ampermenetek egyensúlya érdekében, a szekunder tekercset állandóan zárva kell tartani.

jellemzői: jó zárlati tranziens tűrésségesség, izolációt biztosítanak a nagyfeszültségű hálózatrésztől. Az áttételi és szöghibájuk tipikusan 0.1-3 % közötti. A feszültségváltók általában 100 V szekunder feszültségre, az áramváltók 5 A szekunder áramerősségre készülnek. Hitelesítési kényszer alá tartoznak.

A feszültségváltókkal kapcsolatos követelményeket az MSZ 1576 szabványsorozat írja elő.

Az áramváltókkal kapcsolatos követelményeket az MSZ 1577 szabványsorozat írja elő.

Egyfázisú rendszerek

Az egyfázisú váltakozó áramok esetén a teljesítmény lehet hatásos és meddő.

Ebben az esetben a vattmérő :

$$P = U \cdot I \cdot \cos$$

értéket mutatja, ahol $\cos$ a fogyasztóra jellemző teljesítménytényező.

Kisfeszültségű és nagy erősségű áramok mérési összeállítása kis teljesítmény esetén 13.5.a .ábra.

Kisfeszültségű és nagy erősségű áramok mérési összeállítása nagy teljesítmény esetén 13.5.b .ábra

Nagyfeszültségű fogyasztó mérési kapcsolása 13.6. ábra.

13.6. ábra.

Háromfázisú rendszerek

A háromfázisú rendszereknél akkor is egyféle fázisszögről beszélünk, amikor a terhelés nem tökéletesen szimmetrikus, ezt nevezzük közepes fáziseltérési szögnek. Megállapításához felhasználjuk a teljesen szimmetrikus háromfázisú rendszer teljesítményének formuláját

$$P = 3^{0.5} \cdot U_V \cdot I_V \cdot \cos$$

Az U_V vonali feszültségek és az I_V vonali áramok csak az esetben egyformák, ha a rendszer teljesen szimmetrikus..

Mérési összeállítás kisfeszültségű és erősségű áramok esetén. 13.7. ábra

13.7. ábra

Mérési összeállítás kisfeszültségű és nagy erősségű áramok esetén. 13.8. ábra

13.8. ábra

Ellenállás mérés

A gyakorlatban a mérési igény millióhmtól több ezer Mohmig terjed. A mérőfeszültségek néhánytized volttól ezer voltig terjednek. Ilyen széles értéktartomány esetén különböző mérési módszereket kell alkalmazni.

Volt / amper mérős módszer

Elve: hogy egyenárammal tápláljuk a mért ellenállást és mérjük az átfolyó áramot, illetve a feszültséget. 13.9. ábra. Mindkét esetben kis hibát követünk el, ha kis belsőellenállású ampermérőt illetve nagy belsőellenállású, voltmérőt használunk.

13.9. ábra

13.2.1.2. Mutatós vagy digitális kijelzésű elektronikus műszerek

A mérési feladatok egy részének végrehajtására a hagyományos elektromechanikus mérőműszerekkel kivitelezett mérés egyáltalán nem, vagy csak jelentős hibával realizálható, pl. nagy önfogyasztás, igen kicsi áramok/feszültségek mérése stb. Ilyen esetekben alkalmazzák az elektronikus mérőműszereket, általában túlterhelhetők, hátrányuk, hogy a mérésnél nagyobb körülményt gondosságot igényel alkalmazásuk.

Elektronikus voltmérő (csővoltmérő) - általában egyen/váltakozó feszültség mérésére, ellenállás mérésére alkalmas.

Az elektronikus mérőműszerek mutatós (analóg) vagy digitális kijelzéssel készülhetnek.

Az analóg megjelenítés esetén a mérendő mennyiséget, valamilyen fizikai törvényszerűség alapján egy másik érzékelhető mennyiséggé általában mutató kitéréssé alakítjuk át. A mutató a skála terjedelmén belül bármely helyzetet elfoglalhat, a mutató szög helyzete analóg (arányos) a mérendő mennyiséggel.

A digitális módszer szerint a mérendő mennyiséget egy alkalmasan választott normáliával hasonlítjuk össze és ezen összehasonlítás - komparálás - eredményeként a mérési kvantum egész számú többszörösét nyerjük, melynek megjelenítése decimális számjegyes formában lehetséges, illetve mérésadatgyűjtő rendszerhez illeszthető tárolás és tovább feldolgozás céljából.

A digitális módszer előnyei:

gyakorlatilag kiküszöböli a leolvasási pontatlanságból eredő szubjektív hibát, tárolási képesség,

a mérési hibák relatíve olcsón 0.1 % alá szoríthatók.

Elektronikus megohmmérők - szigetelési ellenállásmérés

A szigetelési ellenállás számszerű értéke és az ezzel jellemzett szigetelési állapot nem csak minőségi kérdés, hanem biztonsági követelmény is. A jó szigetelés minden villamos berendezés fontos jellemzői közé tartozik.

A szigetelési ellenállás értékét meg kell határozni mindazon a helyeken, ahol szigetelő anyagokba épített, üzemszerűen feszültség alatt lévő fém alkatrészek vannak, ahol szigetelő anyag van és azon keresztül meghibásodás esetén, vagy helytelen szerelésnél villamos áram szivároghat.

A szigetelési ellenállás ha nem éri el az előírt értéket, úgy az idővel bekövetkező ionizáció folytán a szigetelőanyag felmelegszik, megöregszik és növekvő átvezetés miatt veszélyessé válik.

A legtöbb szabvány megadja a szigetelési ellenállás megkívánt minimális értékét, megjegyzésekkel a vizsgálat körülményeire, feltételeire (hidegen, melegen stb.)

A szigetelési ellenállás mérésre szolgáló műszerek tipikusan 100 Kohm-tól 1000 Gohm-ig terjedő értéktartományban alkalmazhatók. A választható mérőfeszültségek sora tipikusan 50-100 - 250 -500-1000- 2500 Volt. Készülnek hálózati és telepes tápellátással.

Digitális frekvenciamérők

A digitális frekvenciamérők az elektronikus méréstechnika legpontosabb mérőműszerei. A frekvenciaértékét abszolút értékben számjegyekkel mutatják.

A működés elve: a műszer bemeneti fokozatai (előerősítő, előosztó, jelszintváltó) kimenetükön olyan impulzussorozatot állítanak elő, amelynek frekvenciája azonos a mérendő jelével.

A mérés alapelve: nagyon pontosan meghatározott időtartamig végzett impulzusszámlálás. Az 1 s időegységnek vagy többszörösének ill. törtrészének megfelelő időtartamot kvarcoszcillátorral előállított pontos és kerek frekvenciaértékek (1 MHz, 10 MHz) leosztásával állítjuk elő (100 ms, 10 s, stb.).

Az impulzusokat a - kiválasztott időtartamnak megfelelően - az előzetesen "törléssel" 0 állapotba hozott dekadikus számlálólánc összegezi, illetve a kijelző megjeleníti (Nixie-cső, led, folyadék kristály).

13.2.1.3. Összegező (integráló) műszerek

A villamos munka (fogyasztás) mérésére alkalmasak az összegező műszerek, melyek a kialakításuktól függően a hatásos vagy a meddő teljesítmény idő szerinti integrálját (átlagát) mérik.

Indukciós fogyasztás mérők (wattmérő)

Működésük azon alapul, hogy a lemezeelt vasból készült állórészt váltakozó árammal gerjesztik, aminek fluxusa a nem mágnesezhető anyagból készült, a tárcsaalakú forgórészben örvényáramot indukál. A gerjesztő tekercsüket úgy kapcsoljuk, hogy egyiken a fogyasztó árama, másikon a fogyasztó két kapcsán uralkodó feszültség jelenjen meg. A fogyasztásmérő forgótárcsáját egy állandó mágnes két pólusa között forgatják, minek következtében a forgótárcsában áram indukálódik, ennek mágneses mezeje a forgást fékezi. A forgató és fékező nyomaték hatására a tárcsa felvesz egy állandó fordulatszámot, mely mindaddig nem változik, amíg a forgató nyomaték azonos. A forgatónyomaték akkor a legnagyobb, ha a fogyasztói áram fázisban van a feszültséggel. Követi a változó terhelést és összegezi az elfogyasztott kilowatt órákat a tárcsa fordulatok megszámlálása útján. (Hitelesítési kényszer alá tartozó mérőberendezések.)

Indukciós meddőfogyasztás mérők

Működési elve: megegyezik a hatásos fogyasztásmérőkével, azzal az eltéréssel, hogy ez esetben akkor kell a maximális forgatónyomatékot biztosítani, ha a fogyasztói áram és a feszültség között 90 fokos fáziskülönbség van.

Fontosabb szabványok:

MSZ 1591 Fogyasztásmérők villamos energia mérésére. Általános követelmények és vizsgálatok.

MSZ 1599 Villamos meddő fogyasztásmérők

Fő jellemzők:

I_b - alapáram - 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 A , I_{max}

Fogyasztásmérő állandó - Wh/ford vagy ford/Wh , Pontossági osztály: 2, 1, 0.5 %. (3 %)

13.2.1.4. Rajzoló műszerek

a. Gyorsan rajzoló műszerek

A gyorsan rajzoló villamosműszerek (oszcillográfok, oszcilloszkópok) alkalmazásának célja, hogy a mérendő villamos mennyiségek gyors időtartománybeli változását felrajzolja. Ha a jelenségeket csak szemlélni kívánjuk, akkor az oszcilloszkópot használjuk, ha pedig regisztrálni is kívánjuk, akkor az oszcillográf (hullámrajzoló) alkalmazás indokolt.

Az oszcilloszkóp leglényegesebb alkotórésze az elektronsugárcső, amelynek ernyőjén az elektromos jelek időbeli változása tehetetlenségmentesen megjeleníthető. Az ernyőkép vizuális értékelése egyidejűleg többféle információt (amplitúdó, túllövés, berezgés, frekvencia, torzítás, stb.) biztosít.

Fontosabb szabványok:

MSZ 11822/1 Katódsugár oszcilloszkópok. Fogalom meghatározások.

MSZ 11822/2 Katódsugár oszcilloszkópok. Műszaki követelmények, vizsgálatok

MSZ 11827 Mintavételes oszcilloszkópok. Megadandó adatok. Vizsgálatok.

MSZ 13109 Tárolós oszcilloszkóp.

b. Lassan rajzoló műszerek

Lassan rajzoló műszerek (regisztrálók) feladata, hogy a mért villamos mennyiség viszonylag lassú változását dokumentálják.

Következő fő részekből állnak:

villamos mérőműszer,
műszerhez kapcsolt rajzolórész,
a rajzot felvevő mozgó rajzfelület,
a rajzfelületet továbbító és időmérő rész.

A rajzolás módja szerint megkülönböztetünk:

folytonos regisztrálókat,
nem folytonos regisztrálókat,
impulzusos regisztrálókat.

Fontosabb szabvány:

MSZ 1598 Közvetlenül regisztráló villamosműszerek előírásai.

13.2.1.5. Nullázó műszerek

A nagy pontosságot igénylő vizsgálatok során kompenzációs mérést kell végezni, melynek keretében a mérendő mennyiséget ismert, vagy könnyen meghatározható segédmennyiségekkel hasonlítják össze, különféle hídkapcsolásokban oly módon, hogy az ismert és ismeretlen mennyiségek közötti különbséget nullára csökkentik. A különféle mérőhidak segítségével mérhetők az ellenállás, kapacitás, induktivitás, dielektromos veszteségi tényező, stb.

Wheatstone-híd

A Wheatstone hidat ellenállás mérésre körülbelül 1 ohmtól - 1000 Mohmig terjedő értéktartományban alkalmazzák. Megkülönböztetünk laboratóriumi és üzemi mérőeszközöket. Az elérhető pontosság a kiviteltől függően 0,005% - ig növelhető. 13.10. ábra.

Elve: a híd kiegyenlített helyzetében a " G " null indikátoron áram nem folyik.

13.10. ábra

Thomson-híd

A Thomson hidat ellenállás mérésre körülbelül 0.000001ohmtól - 1ohmig terjedő értéktartományban alkalmazzák. Az elérhető pontosság 0.2%. 13.11. ábra.

Elve: a híd kiegyenlített helyzetében a műszerhez tartozó null - indikátoron (G) áram nem folyik.

13.11. ábra.

Kapacitásmérés- hídkapcsolásban

Elve: a híd kiegyenlített helyzetében a műszerhez tartozó 0 indikátoron áram nem folyik.

Előnye: nemcsak a kapacitás értéke, hanem a kondenzátor szigetelésének veszteségi tényezője is megmérhető. A veszteséges kondenzátor szigetelő anyaga felfogható, mintegy kondenzátorral sorba kapcsolt ohmikus ellenállás.

14. Nem villamos mennyiségek és azok villamos mérőeszközei

Nem villamos mennyiségek alatt értjük azokat a mennyiségeket, amelyeket közvetlenül villamos műszerrel megmérni nem tudunk. (Pl. erő, tömeg, nyomás, sebesség, hő, hang, fény stb.)

Amennyiben a nem villamos mennyiségeket villamos mennyiséggé tudjuk átalakítani, úgy olyan mérőeszközöket kapunk, melyeken az eredményeket villamos áram/feszültség, ohmikus ellenállás, impedancia, kapacitás, induktivitás illetve ezek változásaként kapjuk meg.

A mérőeszközök felépítése (fő részei):

mérő-átalakító,
erősítő,

adatleolvasó (kijelző) - regisztráló.

Induktív mérőátalakító

Működési elve: a mágneses kör mágneses ellenállásán alapszik, ettől függően változik meg egy tekercs impedanciája (váltakozó áramú ellenállása).

A gyakorlatban a legkönnyebben a mágneses út, a légrés hossza változtatható meg, és a differenciális elrendezést valósítják meg, ahol az elmozdulás következtében mindkét mágneses kör ellenállása azonos mértékben, de ellentétes irányban változik.

Előnye: 50 Hz periódusú váltakozó feszültségről működtethető.

Kapacitív mérőátalakító

Működési elve: a síkkondenzátor kapacitása megváltozik, ha változik:

- a " A " hatásos felület,
- a " d " hatásos felületek távolsága,
- a " " hatásos felületek között lévő dielektromos állandó.

A "d " távolság változtatásával kapunk olyan mérő-átalakítót, amely kis távolságok mérésére alkalmas. A kapacitás változás az elektródák távolságának a függvényében hiperbolikus, lineárisnak csak akkor tekinthető, ha az elmozdulás nem nagyobb, mint a távolság egy tized része.

Hátránya: nagyfrekvenciás áramforrásra van szükség, mert csak akkor kapunk jól értékelhető reaktancia változásokat.

Piezeoelektromos mérőátalakító

Mérési elve: bizonyos kristályfélések meghatározott irányú metszetének felületén villamos töltés keletkezik, ha a kristályra mechanikai erő hat.

Annak érdekében , hogy minél nagyobb villamos töltés keletkezzék több átalakítót párhuzamosan kapcsolnak.

Huzalos mérő-átalakító (nyúlásmérő bélyeg)

Működési elve: a megfeszített fémhuzal villamos ellenállása megváltozik a mechanikai erő hatására. Az erő illetve a nyúlás és az ellenállás változás összetartozó értékeit empirikusan állapítják meg.

A nyúlásmérő bélyegek érzékelő huzaljait rendszerint manganin, nikkel, konstantán és egyéb hasonló ötvözetekből készítik, rendszerint két szigetelő lemez közé beragasztják, általában normál bélyeg nagyságban készülnek 100-300 ohm ellenállással

Az ellenállás változást Wheatstone híddal mérik.

15. Villamos biztonságtechnika

A villamos biztonságtechnika elsődleges célja a személyi balesetek és súlyos anyagi károkat okozó tüzesetek, katasztrófák megelőzése, másodlagos célja a berendezések megbízható működésének biztosítása.

A biztonsági előírásokat három csoportra oszthatjuk:

a gyártmány előállításával kapcsolatosak : prototípus , gyártásközi, végtermék laboratóriumi, próbatermi vizsgálatokra vonatkoznak,

a létesítményekkel kapcsolatosak. - a létesítmények a helyszínen legtöbbször késztermékekből összeszerelt egyedi berendezések, üzemek stb. A létesítési előírások általában a termékek kiválasztására, az elhelyezésre, megjelölésre és komplex működésre vonatkoznak, az előírások betartása megtekintéssel , számítással vagy hordozható eszközökkel műszerekkel végrehajtott mérésekkel ellenőrizhető.

az üzemeltetési előírások egy része általános óvórendszabályokat , más része a termékre/, létesítményre vonatkozó specifikus/helyi szabályzásokat tartalmaz, vagy a termék használati, kezelési utasítása.

Fontosabb szabványok:

MSZ 1600 (szabványsorozat) Létesítési biztonsági szabályzat 1000 V - nál nem nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára.

MSZ 172 Érintésvédelmi Szabályzat

MSZ 274 Villámvédelem

15.1. A termék villamos biztonságtechnikai kialakítása

15.1.1. A védettség

A villamos termékek védettsége határozza meg , hogy milyen víz és por behatásoknak áll ellen és milyen védelmet nyújt az ellen, hogy a kezelő vagy más illetéktelen személy a burkolaton keresztül benyúlva veszélyes (üzemszerűen feszültség alatt álló vagy forgó) részeket érinthessen.

A védettség fokozatait IP betűkkel (International Protektion) és egy kétjegyű számmal jelölik,

az első számjegy a személyek benyúlása és a por behatolása elleni védelmet
a második számjegy a víz behatolása elleni védelmet jelenti

Fontosabb szabvány:

MSZ 806 (sorozat) Védettségi fokozatok villamos gyártmányok számára.

15.1.2. Robbanásbiztos kivitel

Ahhoz hogy egy villamos termék robbanásbiztos legyen , a környezettel érintkező felületének nem szabad olyan hőmérsékletre melegednie, hogy az a környező robbanásveszélyes anyagokat meggyújthassa, ezenkívül nem szabad szikráznia, vagy a szikra nem érintkezhet robbanásveszélyes anyaggal, vagy pedig a termék tokozásának olyannak kell lennie, hogy a belsejébe behatolt robbanásveszélyes anyagnak a szikra miatt bekövetkező robbanása ne terjedhessen át a környezet robbanásveszélyes anyagára.

A robbanásbiztos termékek jele: **Rb**.

Fontosabb szabványok:

MSZ 4814 szabványsorozat

15.1.3. Érintésvédelmi osztályok

0 érintésvédelmi osztályú az a villamos termék, amelynek érintésvédelme a kialakítással nincs megoldva, sem pedig védővezetőhöz nem csatlakoztatható.

" I " érintésvédelmi osztályú az a villamos termék, amelynek az üzemi vezetők csatlakoztatásával azonos módon biztosított a védővezető csatlakoztatása.

" II " érintésvédelmi osztályú az a villamos termék, amelynek megérintható teste az üzemszerűen feszültség alatt álló részekről kettős (megerősített) szigeteléssel van ellátva, vagy amelynek érintható részei kizárólag szigetelő anyagból készültek.

" III " érintésvédelmi osztályú az a villamos termék, amely törpefeszültségű csatlakoztatásra készült és nincs ennél nagyobb feszültségű külső a termék testét elhagyó áramköre.

15.1.4. Villamos szilárdság

Az ezzel kapcsolatos vizsgálat célja annak megállapítása, hogy a termékbe beépített szigetelő anyagok kibírják-e a termékszabványokban előírt pontok között, az előírt vizsgálati feszültséget meghatározott időtartamon keresztül.

A vizsgálathoz olyan berendezést kell alkalmazni, mely lehetővé teszi , hogy a vizsgálati feszültség a megadott idő alatt érje el végső értékét.

A vizsgálati feszültség előállításához alkalmazott transzformátor primer körében ampermérőt iktatva, melynek ingadozásával, illetve kitérésével mutatja, ha a - secunder vizsgálati - körben áramlökés keletkezett. (A vizsgált szigetelés meghibásodott.)

Ha a feszültség vizsgálatot valamilyen okból meg kell ismételni, úgy csak a termékszabványban megadott csökkentett feszültséggel szabad végrehajtani.

15.1.5. Szivárgó áramok

Minden villamos készülékben az üzemszerűen feszültség alatt álló részek és a készülék teste (külső fémburkolata) között számottevő kapacitás van. Váltakozó áramú tápellátás esetén ezen a kapacitáson keresztül kapacitív áram folyik. Ha a készülék teste földeletlen, akkor a szivárgó áram gyakorlatilag az üzem közben a készüléket megérintő személy testén átfolyik. A szivárgóáram legnagyobb értékét szabványok korlátozzák .

15.1.6. Adattábla, kezelési utasítás

Az adattáblán fel kell tüntetni a gyártmánynak mindazt a lényeges műszaki adatát, aminek ismerete szükséges ahhoz, hogy a hozzáértő vevő (vásárló) megítélhesse a termék számára való megfelelőségét.

A termékek mai bonyolultsága mellett az adattáblán szereplő információkat a vásárló számára ki kell egészíteni a készülék várható kezelőjének szokásos ismereteit feltételező kezelési útmutatóval, amely olyan információkat tartalmaz, amelyeket a gyártó a használattal kapcsolatosan köteles és indokoltnak tart közölni.

16. Hőmérsékletmérés és eszközei

A hőmérő eszközöket a következőképpen lehet csoportosítani:

Folyadékok hőtágulásán alapuló laboratóriumi hőmérők,

Az ipari hőmérők üvegből készülnek általában -39°C -tól, $+300^{\circ}\text{C}$ - fokig használhatók. Osztásuk $0,5^{\circ}$, pontosságuk $\pm 0,15^{\circ}$ -- $0,7^{\circ}\text{C}$ között változik a mérési tartomány függvényében.

Villamos ellenállás hőmérők,

Működési elvük: pl. a platina és nikkel huzal ohmikus ellenállásának változása a hőmérséklet függvényében lineális -220° és $+550^{\circ}\text{C}$ között.

Vonatkozó szabvány: MSZ 14010

Félvezetők ellenállás-változásán alapuló hőmérők, (termisztorok)

A termisztorok olyan félvezető elemek, melyek ellenállása a hőmérséklet növekedésével, rendkívül erősen csökken.

Felhasználhatóságának kedvező tényezője kicsi méretben megvalósítható, mely kis hőtehetetlenséget eredményez. Ellenállás értékük tipikusan Kohm nagyságrendű.

Hőelemek,

A hőelem két villamos szempontból vezetőnek tekinthető, különböző anyagú fémből , vagy fémötvözetből készült huzal rúd, vagy szalag amelyek egyik végükön egymással össze vannak hegesztve. Ha a hegesztés helye és a szabadvégek hőmérséklete különböző, akkor a szabad végek között mérhető elektromotoros erő keletkezik.

Vonatkozó szabvány:

MSZ 11290

Hősugárzás alapján működő hőmérők

Optikai pirométer $+400^{\circ}\text{C}$ és $+1800^{\circ}\text{C}$ között használható.

elve egy távcső látómezejében elhelyezett villamos izzólámpa izzítási hőfokát a távcsőben látható mérendő felülethez lehet szabályzó ellenállás segítségével igazítani. A szabályzó ellenállás feltételezve az állandó telepfeszültséget, már hőfokra van kalibrálva.

Egyéb hőmérséklet jelző eszközök

Hőfokjelző festékek,
Seeger féle gúla.