

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSIPARI MŰSZAKI FŐISKOLA
Villamosenergetikai Intézet

Villamosművek Szakcsoport

MÉRÉSI ÚTMUTATÓ

5. laborgyakorlat

Áram-védőkapcsolás és állandó szigetelésellenőrzés vizsgálata

Budapest

5. laborgyakorlat

Áram-védőkapcsolás és állandó szigetelésellenőrző berendezés vizsgálata

1. Elméleti alapok

Az érintésvédelem az emberi élet védelmére szolgáló azon óvintézkedéseknek és módszereknek az összessége, amelyekkel üzemszerűen feszültség alatt nem álló, de meghibásodáskor feszültség alá kerülő fém- vagy egyéb villamosan vezető testek véletlen érintéséből adódó veszélyek kiküszöbölhetők. Az érintésvédelem megvalósítható oly módon, hogy a működéshez az érintésvédelemmel ellátott villamos szerkezetek testéhez védővezetőt kell csatlakoztatni.

A védővezetős érintésvédelmi módok:

- Nullázás (TN rendszer);
- Védőföldelés közvetlenül földelt rendszerben (TT rendszer);
- Védőföldelés földeletlen és közvetve földelt rendszerben (IT rendszer).

Ha testzárlat esetén az érintési feszültség a szabványban megengedett érintési feszültségnél (U_L) nagyobb érték, akkor meghatározott időn belül (helyhez kötött berendezés esetében 5 s hordozható villamos berendezés esetében 0,2 s) le kell kapcsolni! Érintésvédelmi célú kikapcsolásra alkalmazható túláramvédelmi készülék, áram-védőkapcsoló, ill. állandó szigetelés-ellenőrző berendezés.

Az áram-védőkapcsolás (ÁVK) a védővezetős érintésvédelmi módok olyan kikapcsoló szerve, amely az áramkör valamennyi üzemi vezetőjén folyó, pillanatnyi váltakozó áram előjeles összegének a nagyságára működik. (Ez éppen a hibaárammal egyenlő.)

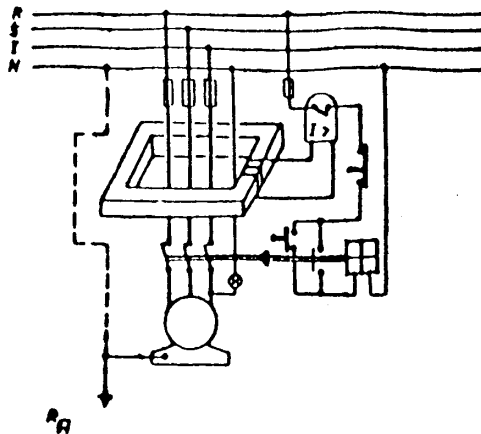
Az állandó szigetelésellenőrző berendezés (ÁSZE): az IT rendszer kikapcsoló szerveként alkalmazott olyan megoldás, amely egy nagy belső ellenállású törpefeszültségű (általában egyenáramú) segédáramforrást kapcsol az IT rendszer egy üzemszerűen vezető része és a föld közé, s ennek az árama vezérli a kikapcsolást.

A laboratóriumi gyakorlat során áram-védőkapcsolással, valamint a speciális területeken alkalmazott állandó szigetelés-ellenőrzéssel, szorosabban ezek egy-egy készüléknek ellenőrző mérésével foglalkozunk. A szükséges ismeretanyag azonban –jelentőségénél fogva – kiterjed a védővezetős érintésvédelmi módok részletesebb ismeretére. A gyakorlat teljesítéséhez elengedhetetlen a témakör előadás- és jegyzetanyagának ismerete, továbbá az ajánlott szakirodalom vonatkozó részeinek önálló feldolgozása.

1.1. Áram-védőkapcsolás

Ha a védőföldelés értéke vagy a nullázás hurokellenállás értéke nem ad a túláramvédelem működtetéséhez megfelelően kis értéket, azaz nem ad kielégítő érintésvédelmi megoldást, akkor áram-védőkapcsolást célszerű alkalmazni. Egyedi és csoportos védelemre egyaránt használható bármilyen rendszerű hálózat esetén, de a földeletlen hálózat esetén csak bizonyos feltételek mellett.

A készülék működési elve, hogy a fogyasztó-berendezésbe bevezetett minden üzemi vezető (tehát egyfázisnál, vagy egyenlőtlenül terhelt négyvezetős háromfázis esetén a nullavezető is!) egyetlen zárt vasmag ablakán átvezetett áramával mágneses fluxust gerjeszt. Ha a védett berendezés nem testzárt, akkor az áramok pillanatnyi értékeinek összege bármikor zérus, így az említett vasmag gerjesztetlen. (1. ábra, áram-védőkapcsoló bekötése mágnescapcsolóhoz négyvezetős rendszer esetén.)



1. ábra

Testzártat esetén az áram egy része nem az üzemi vezetők valamelyikén, hanem a berendezés testén és védővezetőjén át folyik vissza. Az említett gerjesztési egyensúly megbomlik a vasmagban, így a kívül elfolyó árammal arányos eredő gerjesztés fluxust hoz létre, s ez a vasmag szekunder tekercsében feszültséget indukál. A tekercs kapcsaira áramrelé csatlakozik, amely már - típustól függően - tized Amper nagyságrendű áramoknál a relé megszólalását eredményezi.

A készülék készülhet relé vagy kapcsoló kivitelben (nálunk legismertebb FI típusú kapcsolósorozat - ESD, NDK gyártmány - $I_n = 80$ A-ig.). A védelem alkalmazásánál lényeges, - hogy a védeni kívánt berendezés szabályszerűen földelve ill. nullázva legyen, mivel a kapcsolás csak megfelelő értékű testzártati áramra működik és nyújt védelmet!

A védőfeszültséggel ill. hurokimpedanciával szembeni követelmények:

- földelt hálózatban:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta}}$$

- nullázott hálózatban a hurokimpedancia:

$$Z_S = \frac{U_0}{I_{\Delta}}$$

- földeletlen és közvetve földelt hálózat esetén:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_d}$$

U_L a megengedett érintési feszültség (50 V~ill. 120 V=)

I a védőkapcsoló kioldóárama (A)

U_0 fázisfeszültség (V)

I_d az IT rendszerű hálózat fémes testzárlatának áramerőssége. (A rendszer szivárgó áramainak /kapacitív is/ és a közvetett földelésen fellépő földzárlati áramnak az összege.) (A)

Az IT rendszerek olyan szakaszaiban, amelyeket az áram-védőkapcsolás - testzárlat esetén - önműködően kikapcsol, a védőföldelés számításánál az I_d földzárlati áram helyett az alkalmazott áramvédőkapcsolás I_Δ névleges kioldóáramával szabad számolni.

Az áram-védőkapcsolás érzékelőszervét az IT rendszer olyan helyére szabad csak beépíteni, ahol a földzárlati áramnak az érzékelőt megkerülve záródó része elegendő annak üzembiztos kioldására. (A földeletlen rendszerekben a táptranzformátor kapcsaira csatlakoztatott áram-védőkapcsoló egyáltalán nem érzékeli a hibaáramot!)

Az áram-védőkapcsolás névleges kioldóárammal (I_Δ) szembeni követelmény IT rendszerben:

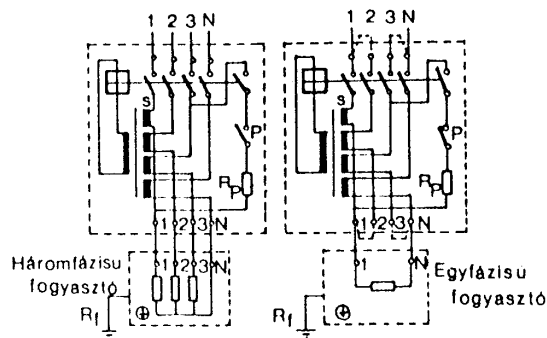
$$2I_C < I_\Delta < I_d - I_C$$

ahol I_C az általa kapcsolt rész kapacitásából számítható földzárlati áram.

Egyéb biztonságtechnikai előírások:

- a relé csak a mágneskapcsolótól a fogyasztó felé eső részt védi, saját zárlata is bekövetkezhet, ezért burkolata csak szigetelőanyag lehet. A mágneskapcsoló v. motorvédő érintésvédelméről külön gondoskodni kell, távindítás esetén a nyomógombokat szigetelőházba kell helyezni;
- a készülék működési képességének ellenőrzése üzemeltetés előtt és időszakosan kötelező. E célra az előlapján lévő nyomógomb (P) megnyomására működő belső műkapcsolás szolgál.

A próbágombbal való működtetés, az ESD típusú kapcsolók bekötési és belső vázlatán, a 2. ábrán tanulmányozható.

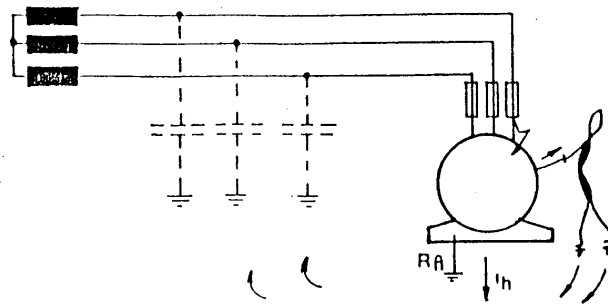


2. ábra

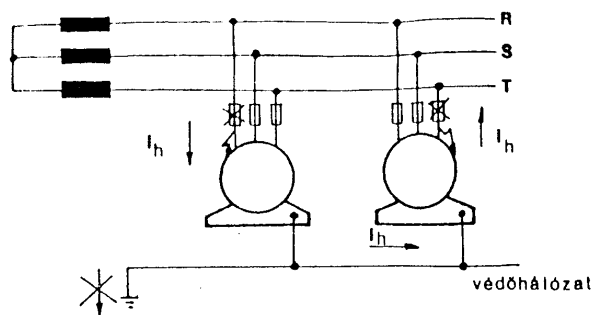
1.2. Állandó szigetelésellenőrzés

A hazai áramszolgáltatói közcélú kisfeszültségű hálózat közvetlenül földelt csillagpontú, nullázott. Különleges esetekben az egyes fogyasztók kiépíthetnek saját célú használatra földetlen (gyakorlatilag szigetelt csillagpontú) hálózati rendszert is, ha pl. az érintésvédelmi kikapcsolás testzárlatra való váratlan bekövetkezése biztonsági, vagy súlyos anyagi okok miatt nem megengedhető (pl. földalatti bányák létfontosságú berendezései - szivattyúk -, nagykohó, automatizált vegyi folyamat kulcsfontosságú része stb.). Az egyszármű földzárlati áram nagysága a vezetők, készülékek, berendezések földhöz viszonyított kapacitásától függ, és átlagos nagyságú kisfeszültségű kábeles hálózat esetén is csupán néhány Amper körüli értékű, ami a túláramvédelmet még nem működteti. Az érintésvédelem szempontjából 6-8Ω-os védőföldeléssel is megengedett határ alatt tartható az érintési feszültség (3. ábra). Két különböző fázisban bekövetkező földzárlattal (2Ff) azonban nem tartható fenn üzem, ezért a hibás berendezések túláramvédelemmel való biztos kikapcsolása érdekében is szükséges védőhálózat kiépítése, ekkor a kettős földzárlat egyben fáziszárlatot jelent (4. ábra). Ezesetben a kikapcsolás már váratlanul következik be, célszerű tehát már az egyszármű zárlat jelzése is valamilyen módszerrel, pl. a zérussorrendű feszültség érzékelésével (5. ábra).

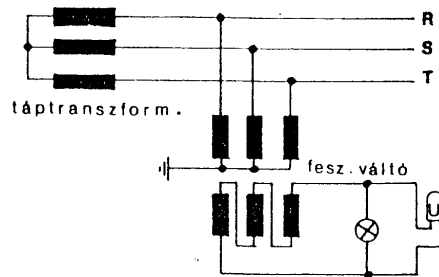
Életvédelmi szempontból különösen veszélyesnek minősített területeken (földalatti bányák fejtő-frontjai, kiemelt gyógyászati helyiségek, pl. a műtők, stb.) ahol néhány Volt potenciálkülönbség, azaz néhány mA testen átfolyó áram is életveszélyt jelenthet, nemcsak az erős védőhálózat, ill. egyenpotenciálra hozás kötelező, hanem célszerű (az első zárlat bekövetkezését megelőzendő) a hálózat szigetelési állapotának folyamatos ellenőrzése is!



3. ábra

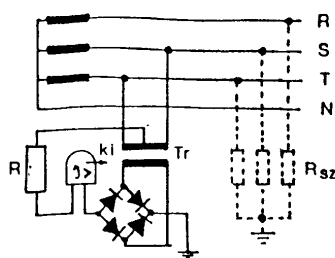


4. ábra



5. ábra

Az állandó szigetelésellenőrző kapcsolás lényege, hogy kb. 30 V-nyi egyenfeszültséget kapcsolnak 10-50 kΩ nagyságú ellenálláson (R) keresztül a földtől szigetelt hálózatrendszer valamely pontja és a föld közé, és figyelik a hatására létrejövő áramot (6. ábra). Az áram a bekapcsolt külön ellenállás (R) és a soros eredő szigetelési ellenállás (R_{SZ}) nagyságával fordítottan arányos.



6. ábra

A mérőkészülék relét működtet, amely a szigetelési ellenállás (R_{SZ}) beállítandó érték alá csökkenésekor kioldó impulzust ad a védett hálózat kikapcsolására. Egy fémesen összefüggő hálózatra csak egy szigetelésellenőrző készülék kapcsolható!

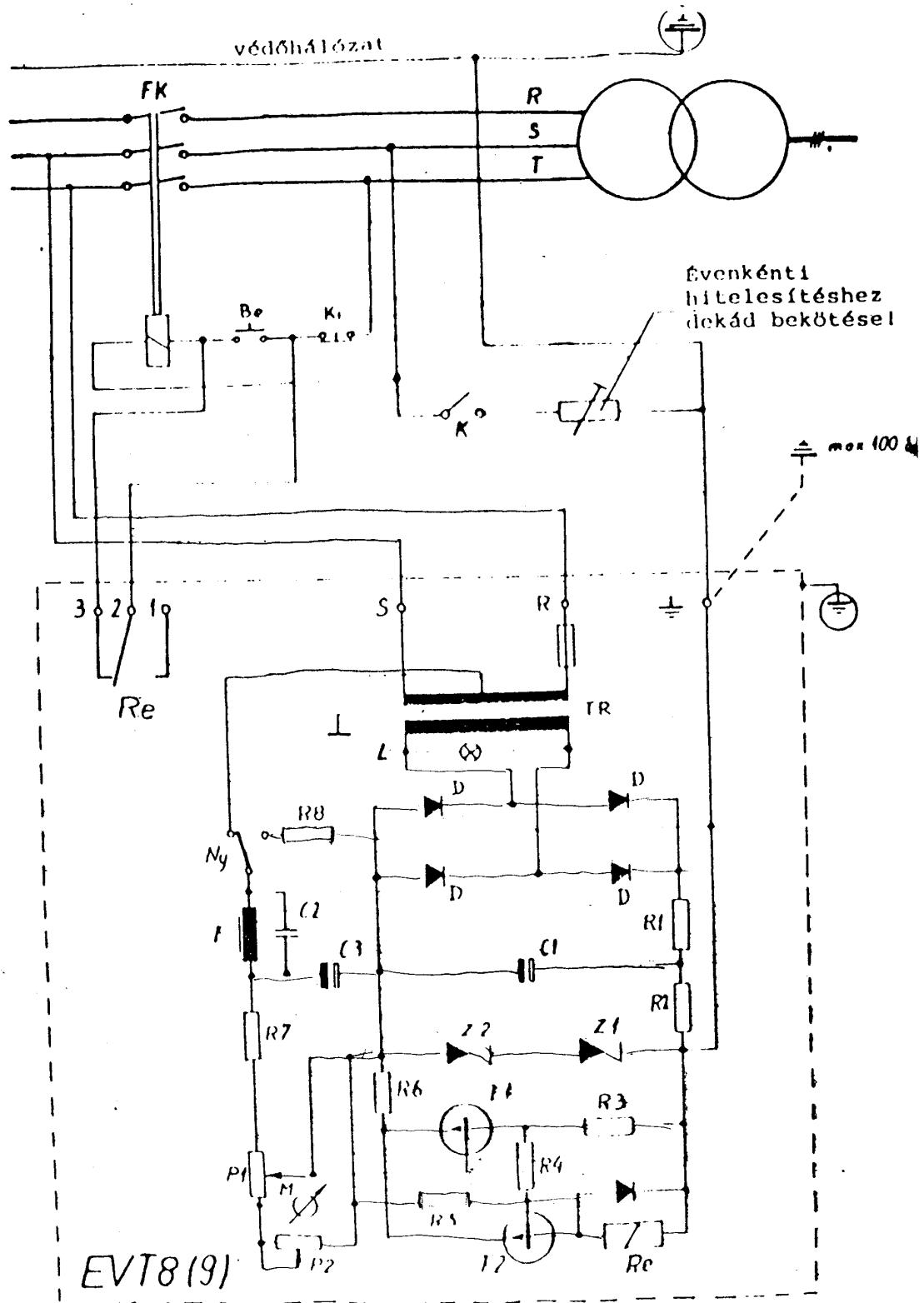
A következőkben röviden bemutatjuk a hazai mélybányászatban kötelezően használt, a szabvány előírásainak megfelelő, EVT 8 típusú állandó szigetelésellenőrző készüléket. A készülék kapcsolási rajzát a 7. ábra mutatja.

(A földelési jellel megjelölt sorkapcsot vagy a védőhálózatba kell bekötni, vagy helyi segéd földelést kell készíteni, mely legfeljebb 100 ohm lehet. A készülék külső földelő-csavarját szintén a védőhálózatba kell bekötni.)

Az EVT 8 működési elve

A szigetelési ellenállást mérő áramkör a hálózati transzformátoron (TR) keresztül csatlakozik a védendő hálózatra.

A 27 V mérő-egyenfeszültség hatására az R_{SZ} szigetelési ellenálláson keresztül áram indul, melynek nagysága mindenkor arányos a szigetelési ellenállással. A kapcsolást egy Schmitt-trigger végzi. Alaphelyzetben, amikor az R_{SZ} nagyobb a beállított megszólalási küszöbértéknél, a T1 tranzisztor le van zárva, a T2 tranzisztor pedig vezet. Ennek következtében az R_e jelfogó meghúzott állapotban van!



7. ábra

Ha a szigetelési ellenállás a beállított megszólalási küszöbértéket eléri, ill. az alá csökken, a mértáram által a p₁ potenciométeren létrehozott feszültségcsökkenés a Schmitt-triggert átbillenti. Ennek következtében az R_e jelfogó elenged, és a szükséges kapcsolási művelet elvégzi.

A mértkörben lévő F fojtótekeres a C2 kondenzátorral rezgőkört képez, melynek feladata - a C3 kondenzátorral együtt - a mért egyenáram szűrése ill. simítása.

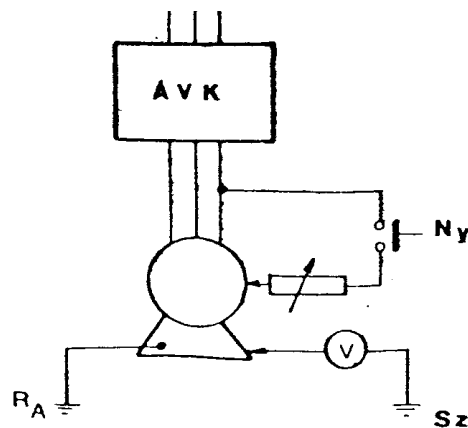
A készülék helyes működéséről az Ny nyomógomb megnyomásával lehet meggyőződni. Ekkor a mérőkört a hálózatról leválasztjuk, és az R_{SZ} ellenállást az R8 ellenállással helyettesítve mesterséges zárlatot állítunk elő. Az R8 értéke úgy van megválasztva (910 ohm), hogy a nyomógomb megnyomására a készüléknek minden esetben működnie kell.

2. A vizsgálatok elvégzésének rendje

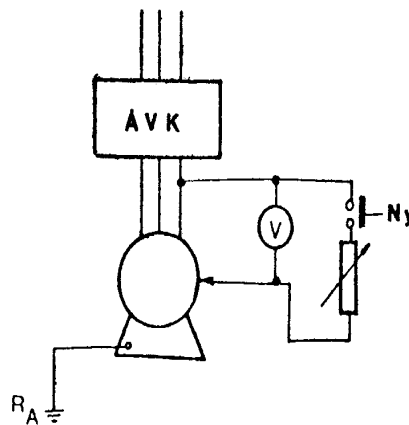
2.1. Áram-védőkapcsolás

2.1.1. Mérési feladat az áram-védőkapcsolás ellenőrzése az MSz 4851/4 szerint. A vizsgálathoz ESD/NDK gyártmányú FI 40 típusú négy-pólusú védőkapcsolót alkalmazunk egyfázisú bekötéssel (8. ábra). Adatai: $U_n=220V$, (380 V), $I_n=40A$, $f=50Hz$, kioldó áram $I=0,1A$.

A szabványos mérési módszerek egyikének elve, hogy változtatható ellenálláson keresztül létrehozott testzárlat során független szondához képest mérjük a hibafeszültséget.

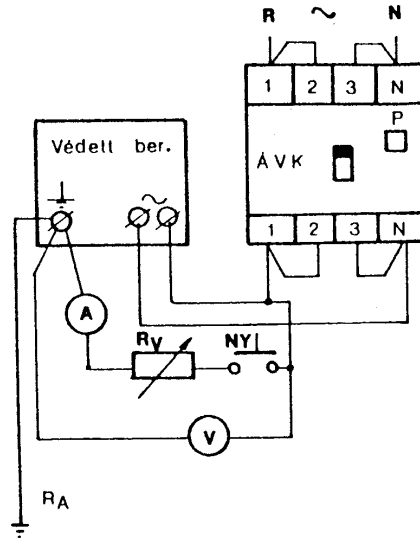


8. ábra



9. ábra

Ha a földelő szonda elhelyezése nem oldható meg előírászerűen, akkor a 9. ábra szerinti kapcsolás alkalmazható. Ez esetben érintési feszültségnek a "V" voltmérő terheletlen állapotban (felengedett nyomógomb) és terhelt állapotban (megnyomott gomb) mutatott értékeinek a különbségét tekintjük. A bekötési rajzot a 10. ábra tartalmazza.



10. ábra

A harmadik megengedett módszer szerint külön kell mérni a kapcsoló kikapcsolási áramát, valamint a védett test földelési ellenállásának értékét (nullázott test esetén a hurokellenállást), majd ezekből számítással dönthető el a védőkapcsolás alkalmassága.

2.1.2. A mérés kapcsolása és menete

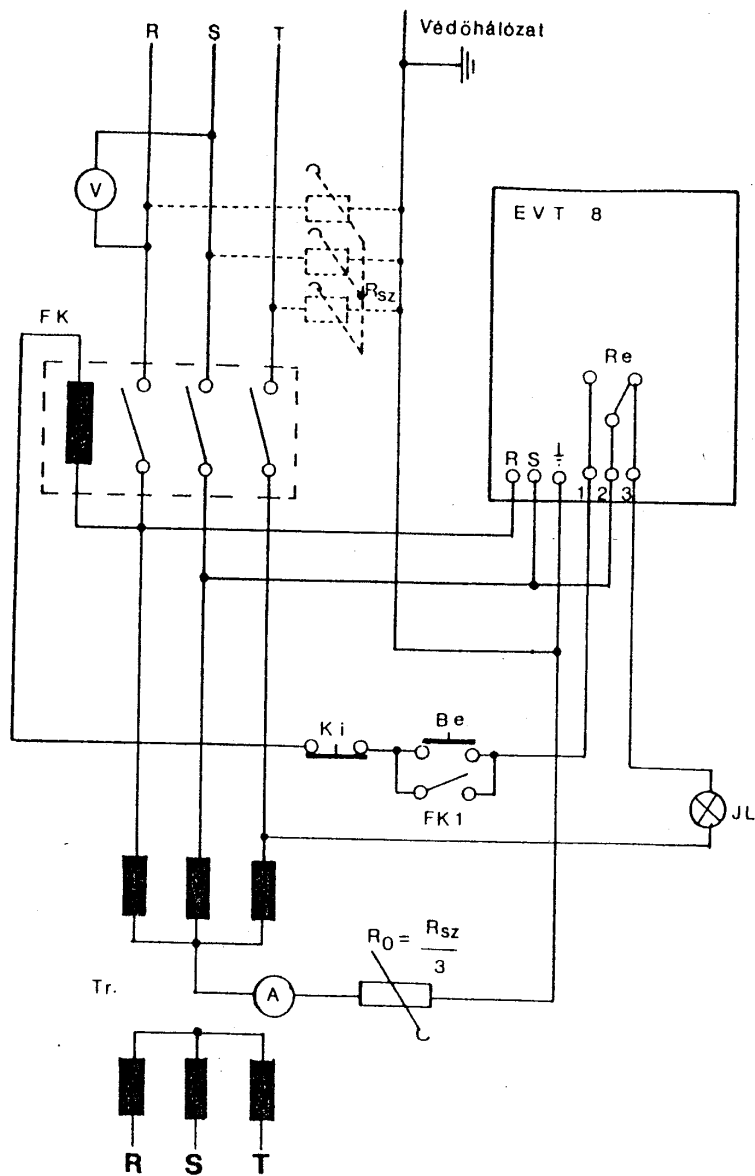
1. A 10. ábra szerinti bekötés után a próbagomb megnyomásával háromszor ellenőrizzük a védőkapcsoló működőképességét. Ellenőrizzük a védővezető folytonosságát.
2. A második módszert alkalmazva mérjük a fázisfeszültség (U_0) értékét, majd a nyomógomb (Ny) lenyomott állapotába fokozottan csökkentjük (legalább 5000Ω -ról indulva) a mérőköri ellenállás értékét kioldásig. Ekkor leolvassuk a voltmérőt ($U_{mért}$). Jó a védőkapcsolás, ha $U_0 - U_{mért} = U$ nem éri el a megengedett érintési feszültség értékét. A mérési eredmény öt mérés átlaga.
A kioldási idő $0,2\text{ms}$ alatti értékéről becsléssel győződünk meg a nyomógomb ismételt benyomására bekövetkező kikapcsolás után.
3. Megmérjük a védőkapcsoló kioldási áramát.
4. A méréssorozatot megismételjük az első módszer szerint. A két módszerrel végzett mérés érintési feszültségre kapott eredményeit összehasonlítjuk.

2.2. Állandó szigetelésellenőrzés

2.2.1. Mérési feladat a hazai gyártmányú EVT 8 típusú állandó szigetelésellenőrző készülék felülvizsgálata, ill. beüzemeltetése az MSz 09. 10201-77 előírásai alapján. A készüléket a gyakorlatban a 11. ábra szerint kötik a hálózatra, a jelen esetben $U_n = 380\text{ V}$ hálózati feszültséget alkalmazunk.

Fontosabb követelmények, előírások:

1. A készülék működési ideje legfeljebb 1mp, robbanásveszélyes helyen 0,15mp.
2. A készülék működési küszöbértéke - kikapcsoláskor - nem lehet kisebb $10\Omega/\text{V}$ -nál.
3. A készüléken a föld felé folyó eredő áram nem lehet nagyobb 25mA-nál, ezen belül a legnagyobb mérőáram (egyenáram) 10mA lehet.

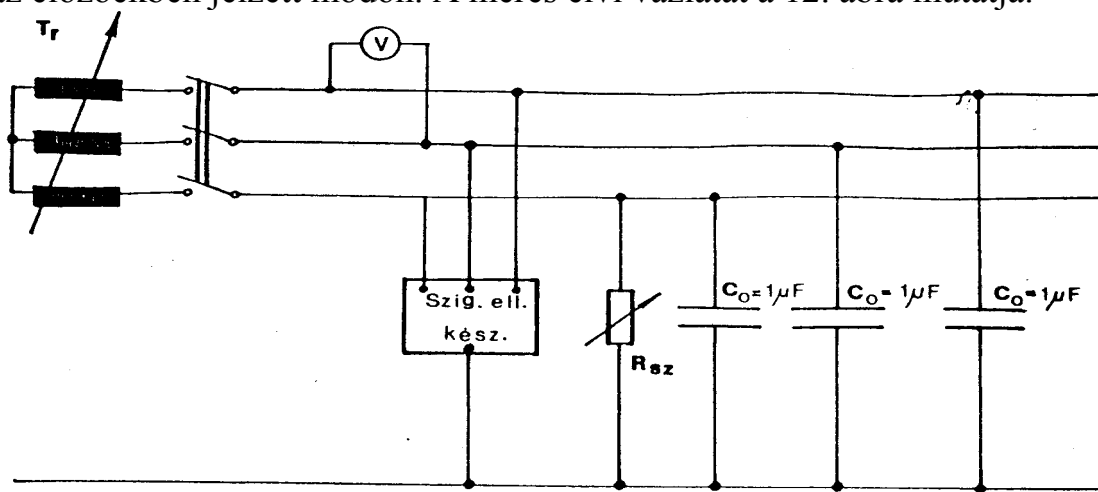


11. ábra

4. A tápfeszültség +10% - 20% értékei között +10% mérési hibával működhet. A méréshez használt táptranzformátornak tehát szabályozhatónak kell lennie, a fázisfeszültségek aszimmetriája max. 5% lehet.
5. A vizsgálathoz hálózati kismintát kell alkalmazni. Jellemzői:
 - a földhöz viszonyított kapacitás fázisonként $1\mu\text{F}$ legyen (az eredő kapacitás $3\mu\text{F}$),
 - a három fázis szigetelési ellenállását modellező ohmos ellenállásokat szimmetrikusan is lehessen változtatni,
 - egyfázisú (aszimmetrikus) szigetelésromlást modellező ellenállás legyen beállítható.

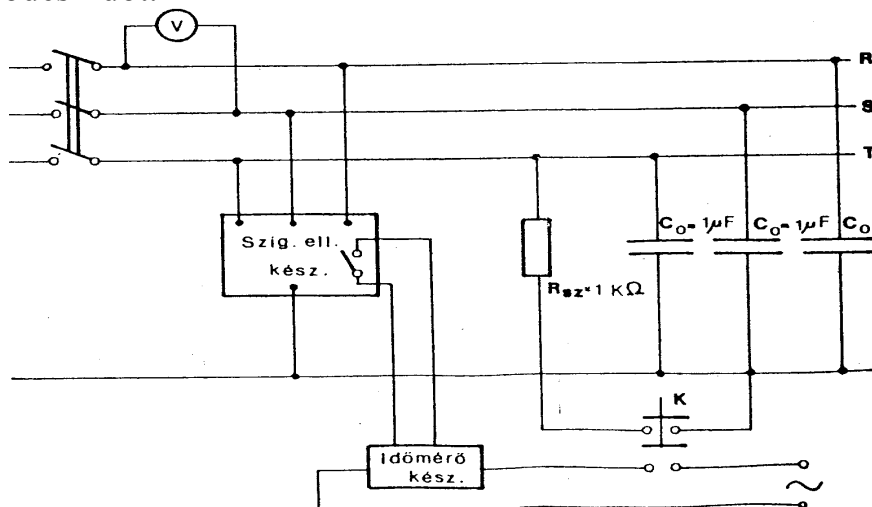
2.2.2. A mérés kapcsolása és menete

1. A hálózatra kapcsolt készülék működését a próbagombbal kipróbáljuk.
2. Megállapítjuk a kikapcsolás működési küszöbértékeit szimmetrikus szigetelésromlás esetén (11. ábra). A vizsgálat vagy a csillagpontba kötött R_0 ellenállással, vagy a három fázisra kötött R_{SZ} ellenállással végzendő el. A működési küszöbértékeket U_n valamint $U_n+10\%$, $U_n-20\%$ hálózati feszültségértékeknél megmérjük. Egy feszültségnél 5 mérést kell elvégezni, a legnagyobb eltérésnek is az előírt 10% tűrésen belül, kell lenni. Nem megengedett eltérés esetén P1, P2 potenciométerekkel a készüléket beszedjük.
3. Mérjük a működési küszöbértékeket aszimmetrikus szigetelésromlás esetén is az előzőekben jelzett módon. A mérés elvi vázlatát a 12. ábra mutatja.



12. ábra

4. Mérjük a készülék működési idejét a 13. ábra szerinti kapcsolásban. A beállított szigetelésromlás értéke 1000Ω . Tíz mérésből a leghosszabb mért idő adja a működési időt.



13. ábra

5. Ellenőrizzük a legnagyobb mérő egyenáram értékét. (11. ábra)

Figyelem! A mérés feszültség alatti vizsgálatnak minősül, a védőkapcsolásoknál alkalmazott óvórendszabályok betartandók.

3. A mérési jegyzőkönyv tartalmazza:

- 1: A megvalósított, műszerezéssel kiegészített kapcsolási-bekötési rajzokat;
2. Az áram-védőkapcsolás esetén a 2.1.1. pont 2-4. alpontjaiban előírt mérések és számítások eredményeit;
3. Az állandó szigetelésellenőrzés esetén a 2.2.2. pont 2-5. alpontjában előírt mérések eredményeit;
4. A vizsgált készülékekre vonatkozó értékelést, minősítést;
5. Az egyes vizsgálatoknál használt mérőműszerek, eszközök adatait.

Irodalom:

1. MSz 172/1.
2. Kádár Aba: Mi az új az érintésvédelmi előírásokban? Műszaki Könyvkiadó 1987.
3. Érintésvédelem ellenőrzése (MEE jegyzet 7. fejezet)