

HIGHVOLTAGE **LABORATORY**

BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport
Nagyfeszültségű Laboratórium

www.nfl.vet.bme.hu
[www.fb.com/bme.nfl](https://www.facebook.com/bme.nfl)

Mérési útmutató

Épületvillamosság laboratórium
VIVEMB02

**Nagyfeszültségű laboratórium áramütés elleni védelmének
vizsgálata**

1 Laboratóriumi biztonság

A mérés a BME VET Nagyszűrésű laboratóriumában zajlik, ahol a mérés során veszélyes feszültszinteket alkalmazunk. A Laboratórium területére csak olyan hallgató léphet, aki megismerte a laboratórium szabályzatát, az abban foglaltakat ismeri, és a betartásukra kötelezettséget vállal. Az útmutatóhoz csatolásra került a szabályzat kivonata.

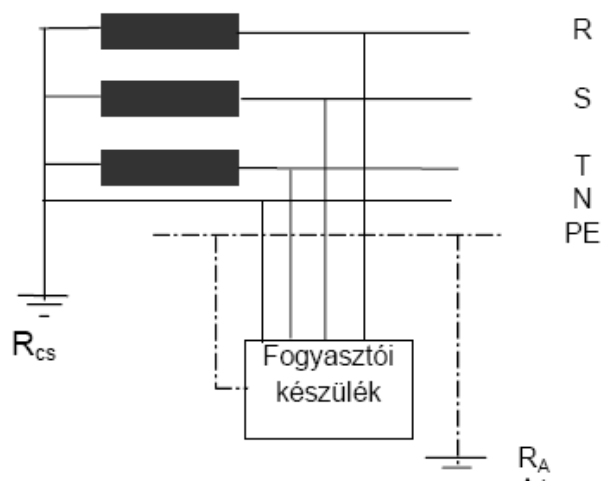
2 Érintésvédelmi kapcsolások

A mérés során szükséges a védővezető érintésvédelmi módok ismerete. A villamos érintésvédelem részletes megismerése ajánlott a segédlet végén található szakirodalom alapján, itt azonban csupán a főbb ismereteket foglaljuk össze.

A védővezető érintésvédelmi módok közös jellemzője, hogy ezek alkalmazásánál a villamos berendezés testét (az olyan vezetőanyagú - általában fém - érinthető részét, amely üzemszerűen nem áll feszültség alatt, de hiba esetén feszültség alá kerülhet) földelt védővezetővel (ezt az angol „protective earth” elnevezés alapján nemzetközileg PE betűjellel, és a védővezető szigetelését zöld/sárga színezéssel jelölik) kötik össze, és a tápláló áramkört annak túláramvédelme, vagy az abba beiktatott áram-védőkapcsolás által rövid idő alatt önműködően kikapcsolják, ha a védővezető testzárlat következtében veszélyes nagyszűrésű érintési feszültségre kerül.

2.1 Védőföldelés közvetlenül földelt rendszerben, (TT rendszer)

A közműhálózati kisheszűrésű rendszereket (Európában mindenütt) a tápláló transzformátor csillagponti kivezetésénél - üzemi okokból - közvetlenül (impedancia beiktatása nélkül) leföldelik. Ezt mutatja a kétbetűs rendszerjelölés első T betűje (T=terra, földelés). Ha a fogyasztó-berendezések testeit védővezetőn át ugyancsak földelik (1. ábra), akkor ezt a földelést mutatja a jelölés második T betűje.



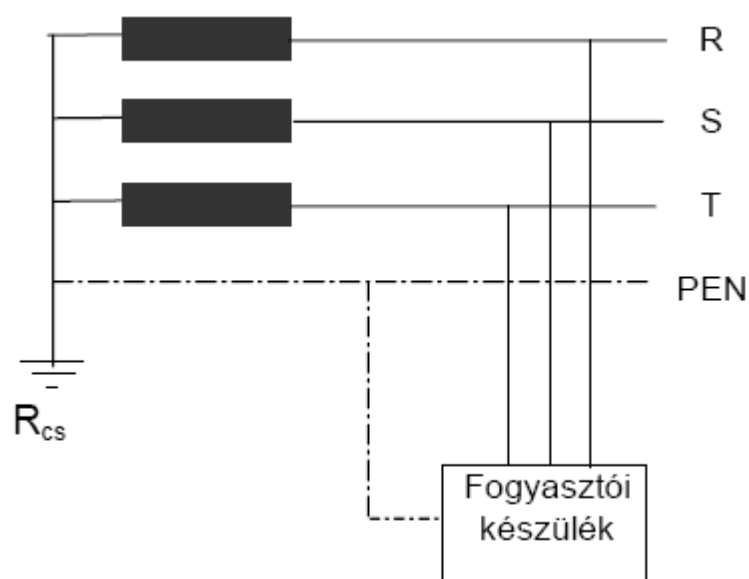
1. ábra: TT rendszer

Ha a készülék testzárlatos lesz, akkor a fázisvezetőn, a hibahelyen, az RA védőföldelésen, és a rendszer csillagponti földelésén át testzárlati áram lép fel. Ha ennek a testzárlatnak az áramerőssége kicsi, akkor ez a védőföldelés ellenállásán aránylag kis feszültségemelkedést okoz. Ha az áramerősség nagy, úgy - az előírt rövid időn belül - a túláramvédelem kioldja azt.

Ha a túláramvédelem kioldóárama - a rajta keresztül folyó üzemi áram miatt - nem választható kielégítően kis értékre, akkor az érintésvédelmi kioldást áramvédőkapcsolóval lehet megoldani.

2.2 Nullázás (TN-rendszer)

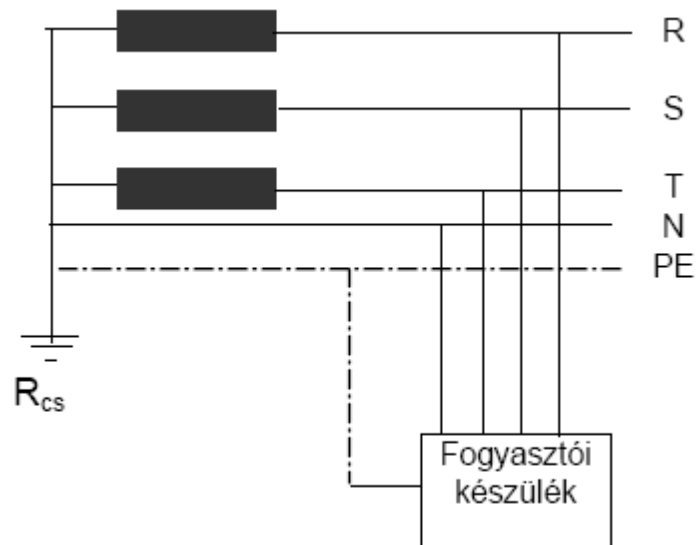
Ha a közvetlenül földelt közműhálózatot üzemeltető áramszolgáltató ehhez hozzájárul, akkor a nullavezetőt védővezetőként is szabad felhasználni, ez a nullázás, nemzetközi jelölése TN-rendszer. (Hazánkban az áramszolgáltatói hálózatok több mint, 90%-a nullázott). Ebben a kétbetűs jelölésben, a második betű a testhez kötött nullavezetőt jelöli. Elvben ennek három megoldása van. Az első szerint sehol sem építenek ki külön védővezetőt, az egyfázisú üzemi áramok vezetésére szolgáló nullavezetőt (jelölése N=neutral) kötik minden fogyasztó készülék testére (2. ábra). Ebben az esetben a rendszer jelölése TN-C (a C=common jelzi, hogy a védővezető és a nullavezető mindenütt közös). Ez a lehetőség bizonyos esetekben csupán elvi, mert 10 mm^2 -nél kisebb keresztmetszetű vezetékknél a közösítést - a közös vezető megszakadásának veszélye miatt - a szabvány tiltja. Azt a vezeték szakaszt, amely egyszerre tölti be a védővezető (PE) és az üzemi nullavezető (N) szerepét a két jelölés - PE és N - egybeírásával PEN vezetőnek (nullával egyesített védővezető) nevezik.



2. ábra: TN-C rendszer

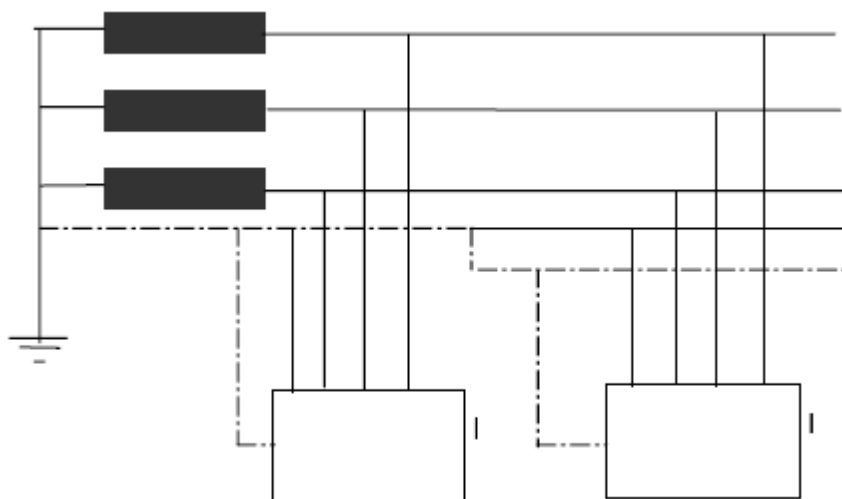
A második lehetőség az, hogy a védővezetőt mindjárt a tápláló transzformátortól kezdve külön választják az egyfázisú üzemi áramokat vezető nullavezetőtől (3. ábra). Ezt a megoldást TN-S (S=separated, elkülönített) betűcsoporttal jelölik. Ez a megoldás is kizárólag elvi

jelentősűgű, mert a teljes kifizűltűsűgű elosztóhálózatn a védővezető céljára szolgáló ötödik vezetű kiépítése igen költsűges lenne.



3. ábra: TN-S rendszer

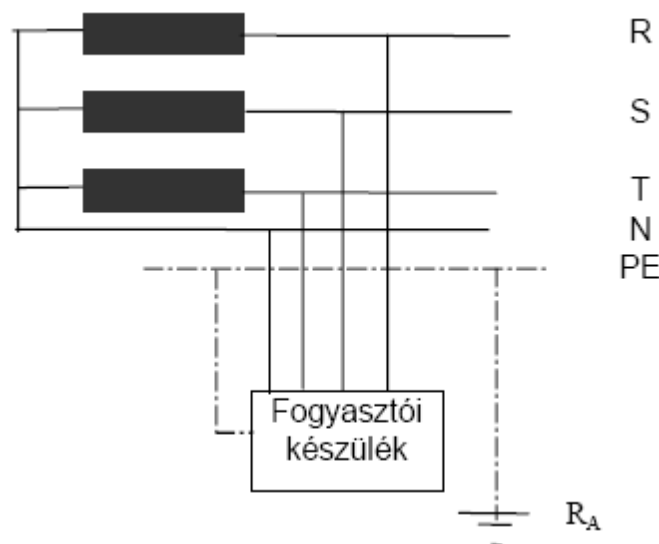
A harmadik megoldás a leggyakoribb: egy darabig közös az üzemi nullavezető és a védővezető (ez tehát a PEN vezetű), majd egy pontn szétválnak (4. ábra). Ilyen megoldású rendszert TN-C-S betűcsoporttal jelölik. Azt, hogy a két vezetű szétválasztása hol történjen (áramszolgáltatói csatlakozópontnál, az épületbe való becsatlakozásnál, a fogyasztásmérőnél, vagy csupán a 10 mm²-nél kisebb keresztmetszetű vezetűek csatlakozásánál) a helyi viszonyok és körűműnyek döntenek el. A szétválasztott szakaszon a védővezetőt (PE) nullázóvezetőnek nevezik.



4. ábra: TN-C-S rendszer

2.3 Védőföldelés közvetlenül nem földelt rendszerben (IT-rendszer)

A közvetlenül földelt nullavezetőjű (TT- TN-rendszerű) hálózatok földzárlat esetén nem tarthatók üzemben. Ezért olyan helyen, ahol az ellátás folytonossága elengedhetetlen, a váratlan kikapcsolás életveszélyt, vagy igen nagy anyagi kárt okozna (pl. kórházi műtők, földalatti bányahálózatok), a nullavezetőt nem (vagy csak nagy ellenálláson át) földelik. Érintésvédelemre ez esetben is szükség van, mert egyrészt földzárlat (testzárlat) esetén a vezetékhalózat és a fogyasztókészülékek földhöz viszonyított kapacitásán átfolyó „földzárlati áram” emberre veszélyes nagyságú lehet, másrészt kettős (két helyen, és eltérő fázisokban fellépő) földzárlat esetében a testzárlatos szerkezetek esetében veszélyes feszültség lépne fel. Ezért ezen rendszerekben is kötelező a földelt védővezető kiépítése. Az IT jelölés a táptranszformátor szigetelt (I=isolated) vagy nagy impedancián át földelt (amit esetleg csak a hálózat és a szerkezetek földkapacitása képvisel) csillagpontjára utal, míg a második helyen álló T betű a testek védőföldelését jelenti.



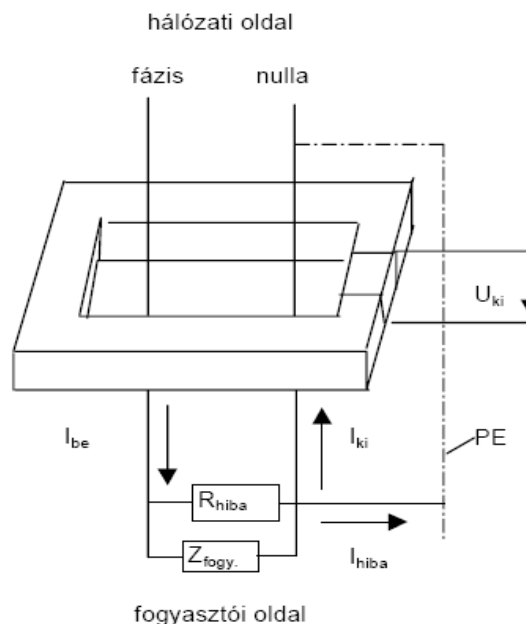
5. ábra: IT rendszer

2.4 Az Áram-védőkapcsoló (ÁVK)

Az áram-védőkapcsoló a védővezetés érintésvédelmi módoknál (főként a TN és TT rendszereknél) érintésvédelmi kikapcsolásra a túláramvédelem helyett igen előnyösen alkalmazott (ma a legmodernebbnek tekintett) kikapcsoló szerv. (Bizonyos megfontolások mellett az IT-rendszerben sem kizárt az alkalmazása). Tehát nem külön érintésvédelmi mód, hanem csupán a védővezetés érintésvédelmi módok kikapcsoló szerve. Való igaz, hogy érzékenysége következtében gyakran a fázisvezetőt közvetlenül érintő ember testén áthaladó áram hatására (védővezető nélkül) is kikapcsol, de egyetlen nemzeti vagy nemzetközi szabvány sem fogadja el védővezető alkalmazása nélkül kellő biztonságú védelemnek.

Az áram-védőkapcsolás kifejezetten csak érintésvédelmi megoldás (túláramvédelmet nem lát el!). Lényege, hogy a védett áramkör valamennyi üzemi áramot vivő vezetőjét egy közös különböző áramváltó „ablakán” vezet át, míg a védővezetőt ezt megkerülve építik ki. Minden áramot vezető körül mágnes tér alakul ki. Ha a fogyasztóhoz menő és onnan visszajövő üzemi áramok összege zérus, vagyis testzárlat mentes állapotban, a különböző áramváltó ablakában nem lesz gerjesztés, a vasmagban nem keletkezik fluxus, az áramváltó kioldó tekercsében áram nem fog folyni. Ha viszont az áramvédő-kapcsolóval védett fogyasztói hálózaton testzárlat lép fel, akkor ennek árama a védővezetőn záródik, mely nem haladhat át a különböző áramváltó ablakán, így az ott a befolyó és kifolyó áramok összege nem lesz zérus, az áramváltó áttételének megfelelő nagyságú áram, ha meghaladja az áramvédőkapcsoló névleges különböző áramát, meghúzza és kikapcsol.

Lényeges, hogy a védővezetőt nem szabad a különböző áramváltón átvezetni, ha a fogyasztó egyfázisú, vagy egy fázisról üzemelő berendezése is van, akkor az üzemi nullavezetőt (N) nullázás esetén is át kell vezetni az „ablakon”, de csupán az áramváltó előtti szakaszon lehet közös a védővezetővel (PEN-vezető), és az N-vezető az áramváltó utáni szakaszon nem földelhető. Ezek figyelmen kívül hagyása esetében az áramvédő-kapcsoló működése teljesen bizonytalaná válik, testzárlat esetén sem kapcsol ki biztosan, viszont testzárlat nélküli esetben is (egy másik fogyasztó egyfázisú áramának hatására) bekövetkezhet leoldás.



6. ábra: az áramvédőkapcsoló felépítése

2.5 Egyenpotenciálra hozó hálózat (EPH)

Az EPH betűszó egyenpotenciálra hozást, egyenpotenciálra hozó hálózatot jelent. Lényege, hogy minden, nagy kiterjedésű vezető testet (fém csővezetéseket, fém polcokat, földeléseket) egymással összekötik, hogy ne alakuljon ki potenciálkülönbség. Az

összekötéssel áramütéses balesetet előzünk meg. Az európai szabványokban jól követhető az egyenpotenciálú összekötések előírásainak korszerűsödése. Egyre inkább kitűnik az egyenpotenciálú összekötések alkalmazásának többcélúsága és komplexitása, ami teljes mértékben jogos, mivel a fő- és kiegészítő egyenpotenciálú összekötések funkcionális szükségessége egyaránt kiterjed a belső túlfeszültség elleni védelemre (belső villámvédelem, összecsatolások), a zavarvédelemre (EMC) és az erősáramú villamos biztonság szintjének fokozására a villamos szempontból veszélyes környezetekben, így pl. a fürdőszobákban. A fő egyenpotenciálú összekötések kialakításának célja (az elnevezésből is következően) az épület, létesítmény nagy kiterjedésű, önállóan is számottevő potenciált képviselő szerkezeteinek potenciálrögzítése a helyi földpotenciálhoz. A helyi földpotenciált az épület, létesítmény földelőrendszere képviseli.

Az épületen kívülről érkező, illetve az épületen belül található szerkezetek többnyire földpotenciálon vannak, de elvben bármilyen ismeretlen, ún. „idegen” potenciálúak is lehetnek. Ez esetben ezek a szerkezetek hibamentes állapotban földpotenciálon vannak, de meghatározatlan és ismeretlen eredetű okból kifolyólag bármikor más potenciálra kerülhetnek. A műszaki cél e szerkezetek minden körülmények között megbízható rögzítése az épület földelőrendszeréhez, tervezett módon kialakított vezetőképes kapcsolatokon keresztül. A földelőrendszerre történő csatlakozással egyenértékűnek minősül a fő földelővezetőre, illetve a fő földelőszínre történő csatlakozás is.

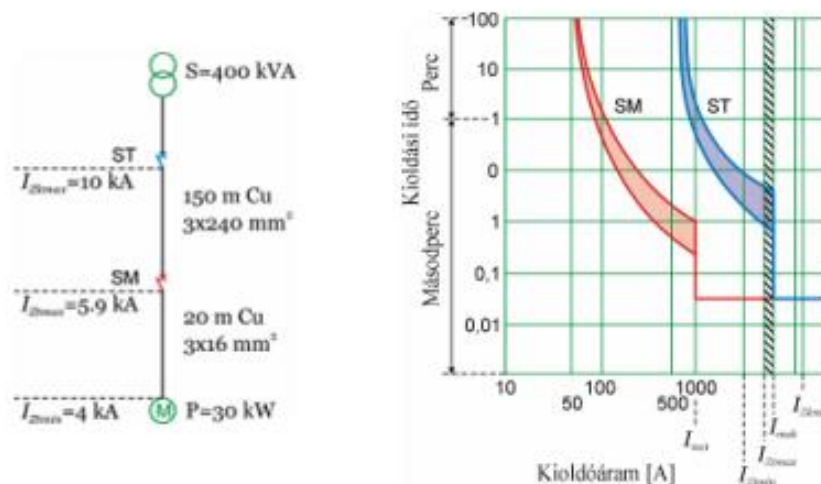
2.6 Szelektivitás

Egy védelmi rendszer szelektív működésű, ha hiba felléptekor a védelmek által vezérelt megszakítók csak a hibás részt választják le, a rendszer többi része üzemben marad. Ezt többféle paraméter megfigyelésével is el lehet érni. Az egyik ilyen az időszelektivitás, amikor a zárlattól távolabb lévő megszakítók működését valamekkora idővel késleltetjük. Így a zárlathoz közelebb lévő megszakítóknak marad ideje a működésre, és ez által a kisebb hálózatrész lekapcsolására. Ha a zárlathoz közelebb lévő megszakítók valamilyen hiba folytán nem lépnek működésbe, akkor a késleltetett távolabbi megszakítók élesednek és választanak le egy nagyobb hálózatrészt. A másik gyakran használt szelektivitási logika az áramszelektivitás, ami azt jelenti, hogy bizonyos magasabb áramérték felett a meghúzási késleltetést csökkentjük. A módszer azon alapszik, hogy a zárlati áram nagysága jellemzi, hogy az elosztóhálózat mely pontján történt a zárlat, hiszen a rövidzárlati áramot a zárlat helye és a forrás közötti impedancia határozza meg.

A túlterhelési kioldók szelektív védelmi működésének feltétele, hogy azok jellegsvárai, vagy jelleggörbéi (megfelelő biztonsággal) ne kerüljenek egymással fedésbe. Ez a gyakorlatban akkor teljesíthető, ha a tápponthez közelebbi és távolabbi megszakítók kioldóinak jelleggörbéire az $I_{hk} / I_{ht} > 2$ és az $I_{mzk} / I_{mzt} > 2$ relációk fennállnak. Ezen utóbbi kritérium a zárlati kioldók szelektív működésének is szükséges (de nem elégséges) feltétele, tehát még további feltételeknek is eleget kell tenni.

A 7. ábra szerinti esetben (kiterjedt hálózatnál) meg lehetett valósítani zárlati kioldók úgynevezett, áramlépcsőzését. A tápponti ST és a leágazási SM megszakítókat összekötő 150 m hosszú kábel impedanciájának hatására a tápponthez közeli ST megszakító $I_{zkmax} = 10$ kA kapocszárlati árama a tápponttól távoli SM kapcsainál lecsökkent $I_{ztmax} = 5,9$ kA értékűre, amely a fogyasztónál (a 20 m hosszú vezeték miatt) $I_{ztmin} = 4$ kA-re tovább mérséklődött. Az áramlépcsőzött védelem karakterisztikáit a zárlati szelektivitás, következő feltételeinek teljesítése alapján kell megvizsgálni:

1. A tápponttól távolabbi megszakító I_{ztmin} legkisebb zárlati árama nagyobb legyen, mint ezen megszakító zárlati kioldójának I_{mzt} megszólalási árama ($I_{ztmin} > I_{mzt}$). Ez esetünkben teljesül, mert $I_{ztmin} = 4$ kA; $I_{mzt} = 1$ kA.
2. A tápponttól távolabbi megszakító I_{ztmax} legnagyobb (kapocszárlati) árama megfelelő biztonsággal kisebb legyen, mint a tápponthez közelebbi megszakító kioldójának I_{mzk} megszólalási árama ($I_{ztmax} < I_{mzk}$). Ez is teljesül a vizsgált esetben ($I_{ztmax} = 5,9$ kA; $I_{mzk} = 6$ kA).
3. A tápponthez közelebbi megszakító I_{zkmax} kapocszárlati árama nagyobb legyen, mint ezen megszakító zárlati kioldójának I_{mzk} megszólalási árama ($I_{zkmax} > I_{mzk}$). Ez szintén teljesül, mert $I_{zkmax} = 10$ kA; $I_{mzk} = 6$ kA.
4. Az $I_{ztmax} < I_{z} < I_{mzk}$ áramtartományban a tápponthez közelebbi ST megszakítónak kell működnie a túlterhelési kioldója karakterisztikájának megfelelő időkésleltetéssel. Esetünkben az $I_{ztmax} = 5,9$; $I_{z} < I_{mzk} = 6$ kA (a 2.18 ábrán vonalkézással jelölt) tartományban az ST megszakítót túlterhelési kioldója mintegy 0,9...8 s időkésleltetéssel kapcsolja ki.

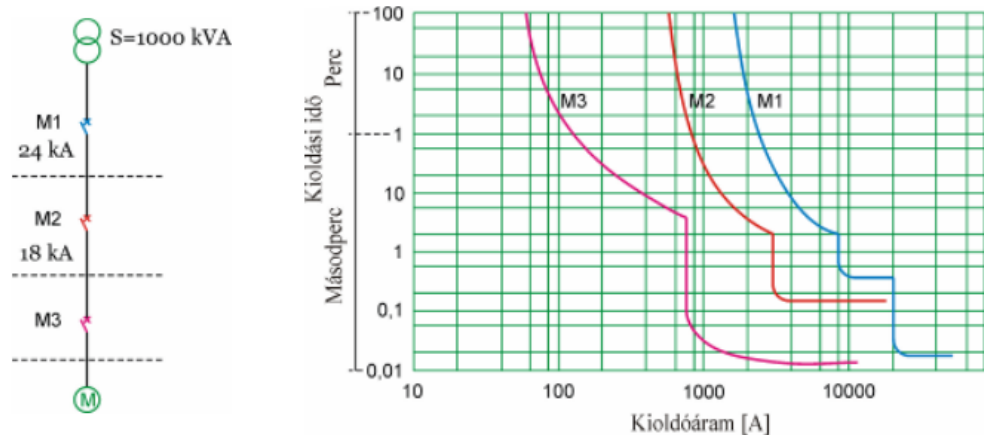


7. ábra: megszakítók szelektivitása áramlépcsőzéssel

A 8. ábra látható áramkörben a zárlati kioldók áramlépcsőzése nem valósítható meg, mert a megszakítókat összekötő vezetékek kicsiny impedanciája miatt a zárlati áram nem csökken kellőképpen a tápponttól a fogyasztó irányában. A zárlati szelektív működést csak a zárlati

kioldók időlépcsőzésével lehetett megoldani, amint az az ábrán látható védelmi karakterisztikák alapján megállapítható, hogy:

1. az M3-jelű megszakító zárlati kioldóját nem, de az M2 és M1-jelű megszakítóét 150 és 300 ms értékűre késleltették.
2. Az M1 jelű megszakító még el van látva egy késleltetés nélkül működő határáram kioldóval is, amelynek megszólalási árama (20 kA) nagyobb az 2-jelű megszakító kapocszárlati áramánál (18 kA). Ezzel tehát az $I_z = 20 \dots 24$ kA áramtartományban az áramlépcsőzés is megvalósítható.



8. ábra: szelektivitás időlépcsőzéssel

2.7 Mérési feladatok

1. feladat Hálózat felépítésének elemzése egyvonalas hálózati rajz alapján

Tekintse át a hálózat valós felépítését a rendelkezésre álló egyvonalas hálózati rajz és a villamos kapcsolószekrény összevetésével.

2. feladat Zárlati állapotok létrehozása

A hálózatban F-PE és F-N zárlatokat modellezünk, amely a mérésvezető előzetes beállítása szerint jelentkezik.

3. feladat Hibás működés meghatározása

Feladat a 2. feladatban létrehozott hiba következtében létrejött védelmi működések vizsgálata. Ellenőrizze, hogy a szelektív működés teljesült-e, magyarázza meg az eredményt. Vizsgálja meg hogy mely védelmi berendezések léptek működésbe és miért? Vizsgálja meg hogy az áramvédő kapcsoló működésbe lépett-e, magyarázza meg az eredményt.

4. feladat Érintésvédelmi hálózat felülvizsgálata a mérésvezető utasítása szerint

Feladat az érintésvédelmi eszközök felismerése, illetőleg az érintésvédelem műszaki paramétereinek meghatározása.

3 Földelés ellenállás mérési technológiák

A fentiekből láthatóan a megfelelő földelési rendszer kialakítása kritikus a megfelelő áraműtés elleni védelem kialakításában, de ugyanilyen jelentős szerepe van a villámvédelemben és bizonyos EMC problémák elkerülésében. Egy megfelelően kialakított földelési hálózat részét képezik a villámvédelmi levezetők, a földelőszondák (alkalmazástól függően földelőháló) valamint az épületek és egyéb védendő objektumok bekötési pontjai (kiszűltűségű elosztószekrények, EPH hálózat). A rendszer egyes részeinek összekötése jellemzően a talajba fektetett horganyzott acélhuzallal történik. A talajban lévő toldások a gyakorlatban elterjedten hegesztett kötések (a hegesztéseket megfelelően kezelni kell a korrózió védelem érdekében). A megfelelően kialakított földelési hálózat kellően folytonos és az ellenállások értéke megfelel a vonatkozó szabványokban rögzítetteknek (MSZ EN 50522:2011, MSZ 172-2:1994).

Az idő múlásával a nagy nedvesség tartalmú korrozív talaj tönkre tudja tenni a földelő levezetőket és csatlakozásaikat. Tehát, bár a földelési rendszer a beépítéskor alacsony földelési ellenállás értékekkel rendelkezett, a földelő rendszer ellenállása meg tud növekedni a földelő levezetők rongálódása következtében.

A talaj vezetőképességének (pontosabban fajlagos ellenállásának) értékét Ohmméterben adják meg mely nagymértékben a talaj paramétereinek függvénye. Az elvégzett mérések kiértékelés során az adott talajra jellemző értékek alapján állapítható meg a földelési ellenállás értékének megfelelősége. Az ellenállást nagymértékben befolyásolja a talaj minőségén kívül a földelési hálózat kiterjedése valamint a talaj éppen aktuális nedvességtartalma.

1. táblázat: talajok fajlagos ellenállása

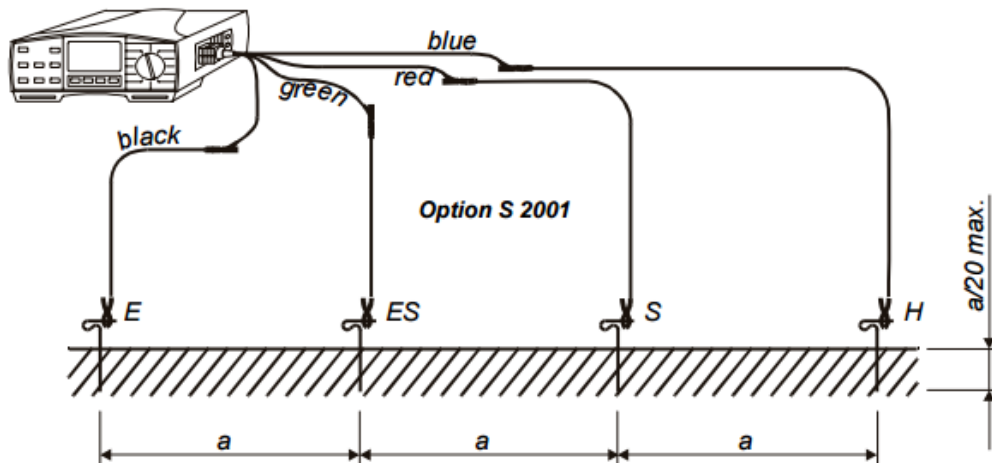
Talaj típusa	Fajlagos ellenállás (Ohm-méter)
Agyagos homok	50...500
Agyagos föld	20...100
Lágy mészkő	100...300
Fűvel borított köves talaj	300...500
Szilícium homok	200...3000

A földelőrendszerek értékelése leggyakrabban önálló földelőkutak / földelőszondák kiértékelésén alapul. Egy önálló földelőszonda földelési ellenállásának elvárt értéke legfeljebb 10 Ω .

3.1 Három- és négyelektrodás mérés

Szabványos földelésvizsgálót, általában „Potenciál csökkenéses eljárás”-nak hívják, a méréshez használnak 3 vagy 4 elektrodát. A 4 elektrodás eljárás kompenzálja a feszültségesést, amely abban a vezetékben lehet, amelyik csatlakozik a földelés E pontjához

a vizsgálat alatt. A negyedik vezeték különösen fontos, ha az E csatlakozási pont nagy távolságra van a berendezéstől.

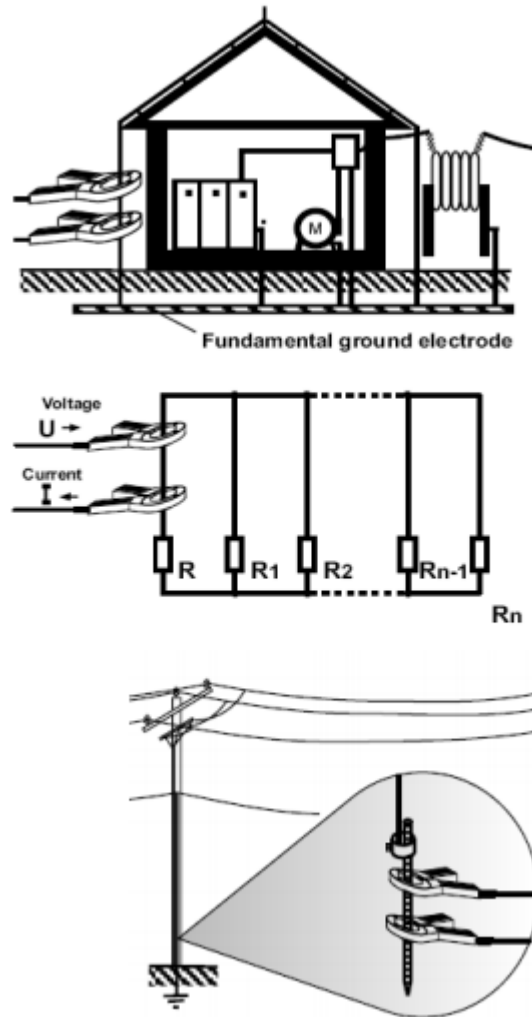


ábra 9 Mérési elrendezés

Ezen mérési eljárással a vizsgált talaj fajlagos ellenállása is megállapítható, ami számos esetben kiemelten fontos, hiszen a szabványosított földelési ellenállás értékek talaj specifikusak. A 4 szondás mérés során a szondák egymástól való távolságának függvényében a talajt adott mélységben jellemző fajlagos ellenállás mérhető (pl.: Ha a szondák távolsága egymástól 1 méter, akkor a mérés eredménye a vizsgált talaj 1 m mélyen jellemző fajlagos ellenállását kapjuk eredményül.). A gyakorlatban bevett szokás a villamos földelőhálózat vagy villámvédelmi földelőhálózat tervezésének megkezdése előtt a helyszínen lévő talaj előzetes vizsgálata. A módszer kombinálható lakatfogós méréssel is.

3.2 Segédelektrod nélküli (kétlakatfogós) mérési eljárás

Ebben az eljárásban az állandó földelési elektródákat lecserélték két áramfogóra. A vizsgálati áram a berendezés E és a H/C2 termináljától átvezetésre kerül az áramfogókon. Az egyik fogót a vizsgált földelés csatlakozás köré helyezik el. A másik mérő fogót ugyan arra a vezetékre teszik rá. A földelés mérési eredménye figyelembe veszi a soros elemeket, amely az összes csatlakoztatott elem párhuzamos ellenállás kombinációja. A párhuzamos útvonalak kombinált ellenállása kerül mérésre összehasonlításban a földelés ellenállásával. A fogók legalább 10 cm-re legyenek egymástól.



10. ábra: kétlakatfogós mérési eljárás

3.3 Mérési feladatok:

- 1. feladat:** A BME Nagyszültségű Laboratóriumában, egy a mérésvezető által kijelölt földelőkút földelési ellenállásának megmérése. A mérést két lakatfogós módszerrel kell végezni
- 2. feladat:** A Nagyszültségű Laboratóriumhoz tartozó szabadtéri transzformátor állomás földelési rendszerének földelési ellenállás mérése. A mérést két lakatfogós módszerrel kell végezni

4 Villamos ívédelem

A különböző villamos berendezések üzemeltetése és karbantartása során az áramütés veszélyén túl további veszélyforrásokkal is számolnunk kell. 1982-ben Ralph H. Lee „The Other Electrical Hazard: Electric Arc Blast Burns” című publikációjában egy olyan kockázati tényezőre hívta fel a figyelmet, mely rendkívül veszélyes. E veszélyforrás a nagyáramú villamos ív, mely rendkívül nagy hőmérsékletű – elérheti akár a 20 000 K hőmérsékletet – jó villamos vezetőképességgel bíró, a gáz közeg ionizációja által létrejött plazma halmazállapotú anyag.



11. ábra: ívképződés kapcsolószekrényben

Az effajta villamos kisülés kialakulása nagy hang- és fényhatással, mérgező és égető hőmérsékletű fémgőzök létrejöttével kísért jelenség, melynek rendkívül káros megjelenési formája a kis- és középfeszültségű hálózatokon alkalmazott kapcsolószekrények beltere, mely lökéshullám kíséretében a nyitott oldalán álló szerelő felé reflektálja a felszabaduló rendkívül nagy energiát. Egy tíz éves tanulmány, melyet a „Électricité de France” végzett azt mutatja, hogy a rögzített villamos jellegű sérülések 77%-a villamos ív által okozott sérülés, mely sugallja, hogy az ívkisülés, mint jelentős veszélyforrás van jelen a villamos iparban dolgozó személyzet munkájában, ebből kifolyólag nem szabad elhanyagolni a vele szembe irányuló óvintézkedéseket. Az ívvédelem egy komplex feladat, mivel a villamos ív káros hatása rendkívül sokrétű, ebből kifolyólag a megfelelő védőfelszerelés kiválasztására nagy gondot kell fordítani.

A villamos ívvédelem a káros hatások kialakulásának megakadályozására, illetve a munkát végző személy káros hatásoktól való mentesítésére hivatott. A villamos ívvédelem hazánkban mérsékelten szabályozott ág, azonban az USA-ban egy rendkívül részletes irányelv foglalja magába az egyes esetekben alkalmazandó módszereket, szabályokat.

Az íválló ruházatok és védőeszközök anyagai, többek között ATPV értékkel minősíthetők. Az ATPV (Arc Thermal Performance Value) egy felületre eső energiaérték, mely egy anyagra vonatkozóan megadja, hogy mekkora terhelés az, amely esetén a belőle készült védőruházat még meg tudja védeni a viselőjét a másodfokú égési sérüléstől. Tehát az igényeknek megfelelően a védőeszközt, az ívvédő képesség besorolása alapján lehet kiválasztani, mely lehet ATPV vagy más érték.

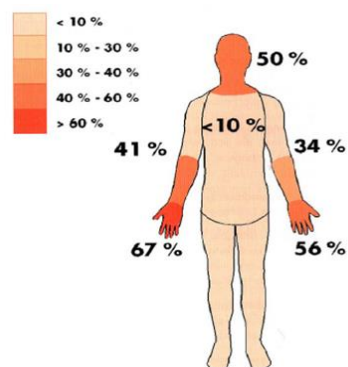
A védőeszközök tesztelésére több eljárás is létezik. Egy alkalmazott osztályzás a konkrét ívvédőképesség meghatározásán túl a „Class 1” vagy „Class 2” osztályba való sorolás, melynek megállapítására az úgynevezett „Box test” elnevezésű eljárás hivatott. Ez a teszt demonstrálja egy doboz kialakítású pl. kapcsolószekrényben kialakult ív hatását a nyitott oldalán álló személlyel szemben. Ennek jelentősége abban rejlik, hogy a dobozban kialakuló ív energiája a nyitott oldal felé reflektálódik, így a sértett felé sugárzott energia más mértékű, és más jellegű is, mintha az ív egy nyitott térben képződne. A két osztály meghatározásakor a fennálló villamos ív árama különbözik.

Következő tesztelési osztályok vannak meghatározva:

táblázat 2 Tesztelési osztályok

Teszt osztály	Teszt áram [kA]	Teszt feszültség [kV] AC	Ív időtartama [ms]
Class 1.	4 ± 5 %	400 ± 5 %	500 ± 5 %
Class 2.	7 ± 5 %	400 ± 5 %	500 ± 5 %

Elektród távolság: 30 mm ± 1 mm



12. ábra: az ív által okozott sérülések jellegzetes eloszlása

A megfelelő egyéni védőeszköz kiválasztásakor első sorban meg kell határozni azt a terhelést, melyet a védőruházatnak a legkedvezőtlenebb baleseti körülmények között ki kell bírnia. Erre léteznek szabványban rögzített számítási módok a feszültségzinteknek megfelelően (pl. IEEE 1584), illetve Amerikában az ún. NFPA 70E szabvány írja elő az egyes munkákhoz szükséges védőfelszerelés védőképességét.

4.1 Mérési feladatok:

A mérés során a 0,4 kV hálózat két fázisa között hozunk létre villamos ívet a Nagyfeszültségű Laboratórium FOE2 jelű elosztószekrényének két különböző háromfázisú aljzata lesz felhasználva. A FOE2 elosztószekrény leágazását a Laboratórium 0,4 kV főelosztószekrényében található D63 kismegszakító, míg a felhasznált aljzatok egyikét egy C63 kismegszakító, míg a másikat egy C16 kismegszakító védi, melyek a FOE2 főelosztódobozban kaptak helyet. A villamos ív létrehozására szolgáló összeállítás az áramlökő berendezés elkerített mérőterében kapott helyet, **az elrendezésre KIZÁRÓLAG a mérésvezető kapcsolhat feszültséget!** A mérés során az alumínium elektródok között vékony rézhuzal segítségével állítunk elő rövidzárat, mely vékony rézhuzal a zárlati áram hatására kiolvad, elpárolog és villamos ívet „lobbant”. A villamos ív áramát főként a hálózat adottságai (impedancia, háttérteljesítmény) határozza meg, míg az ív fennállásának idejét a leágazáson lévő védelmek karakterisztikái, illetve a megszakítók ívöltő képessége. A mérés során jelentős különbséget fog eredményezni a véletlenszerű bekapcsolási szög, ugyanis a zárlatra kapcsoláskor megjelenő áramtranzienst jelenségek mértékét nagyban befolyásolja.

A villamos ív feszültsége és árama oszcilloszkóp segítségével jeleníthető meg. Ez esetben a zárlati áram mérésére egy 1000/1 A áramváltót, 1 Ohm söntellenállást, az ívfeszültség mérésére differenciális mérőfejet használunk.

FIGYELEM! A mérési eredmények kiértékelése személyi számítógépen történik. A mérési eredményeket **1 GB-tól kisebb pendrive-n tudják elvinni a hallgatók.**

1. feladat: maximális zárlati áram meghatározása

Metrel Eurotest 61557 készülék segítségével állapítsa meg a FOE 2 elosztószekrényen elhelyezett aljzat maximális zárlati áramát

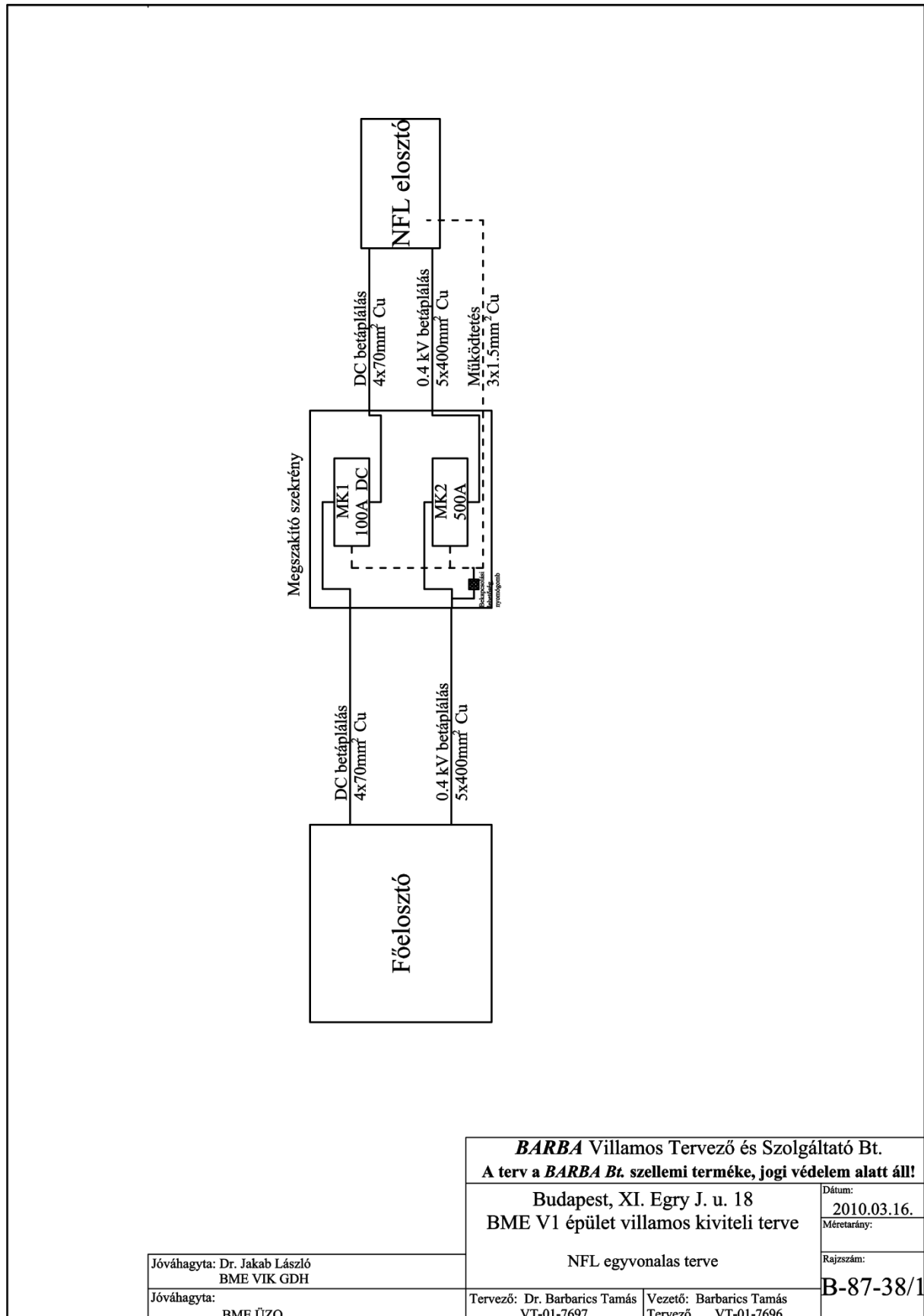
2. feladat: mérési elrendezés összeállítása

- Állítsa össze az íváram és ívfeszűltűség mérésére alkalmas áramkört
- Végezzen el 2-2 értékelhető mérést két különböző dugalj használatával
 - o Hozzon létre a rendelkezésre álló vékony rézhuzallal rövidzárat az elektródák között
 - o Állítsák be az oszcilloszkópot oly módon, hogy azon értékelhető alakban megjelenjenek az ív áram és feszűltűség jelei
 - o A mérésvezető kapcsoljon feszűltűséget az elrendezésre
 - o A mért értékeket mentse el az oszcilloszkóp segítségével

A mérési eredmények alapján a mérésről készített jegyzőkönyvben pl. Excel program segítségével becsűlje meg a mérésakor létrehozott villamos ív energiáját. A kapott eredmény egy durva felső becsűlésnek minősűl, ugyanis több olyan folyamat is van, melyek energiát vonnak el az ív fennállása esetén. Ilyen például a nagyáramú ív fennállása alatt az ívplazmába kerülő fémgőzök – melyek a talppontok párolgásából adódik – további gerjesztésére és ionizációjára jelentős energia, azonban nagyszűgrendi becsűléshez megfelelő.

5 Melléklet:

- *BME V1 1. emeleti kapcsolószekrény egyvonalas bekötési rajza (A laboratóiumban rendelkezésre áll)*
- *BME NFL kapcsolószekrény egyvonalas bekötési rajza (A laboratóiumban rendelkezésre áll)*



Jóváhagyta: Dr. Jakab László
BME VIK GDH

Jóváhagyta:
BME ÜZO

BARBA Villamos Tervező és Szolgáltató Bt.
A terv a BARBA Bt. szellemi terméke, jogi védelem alatt áll!

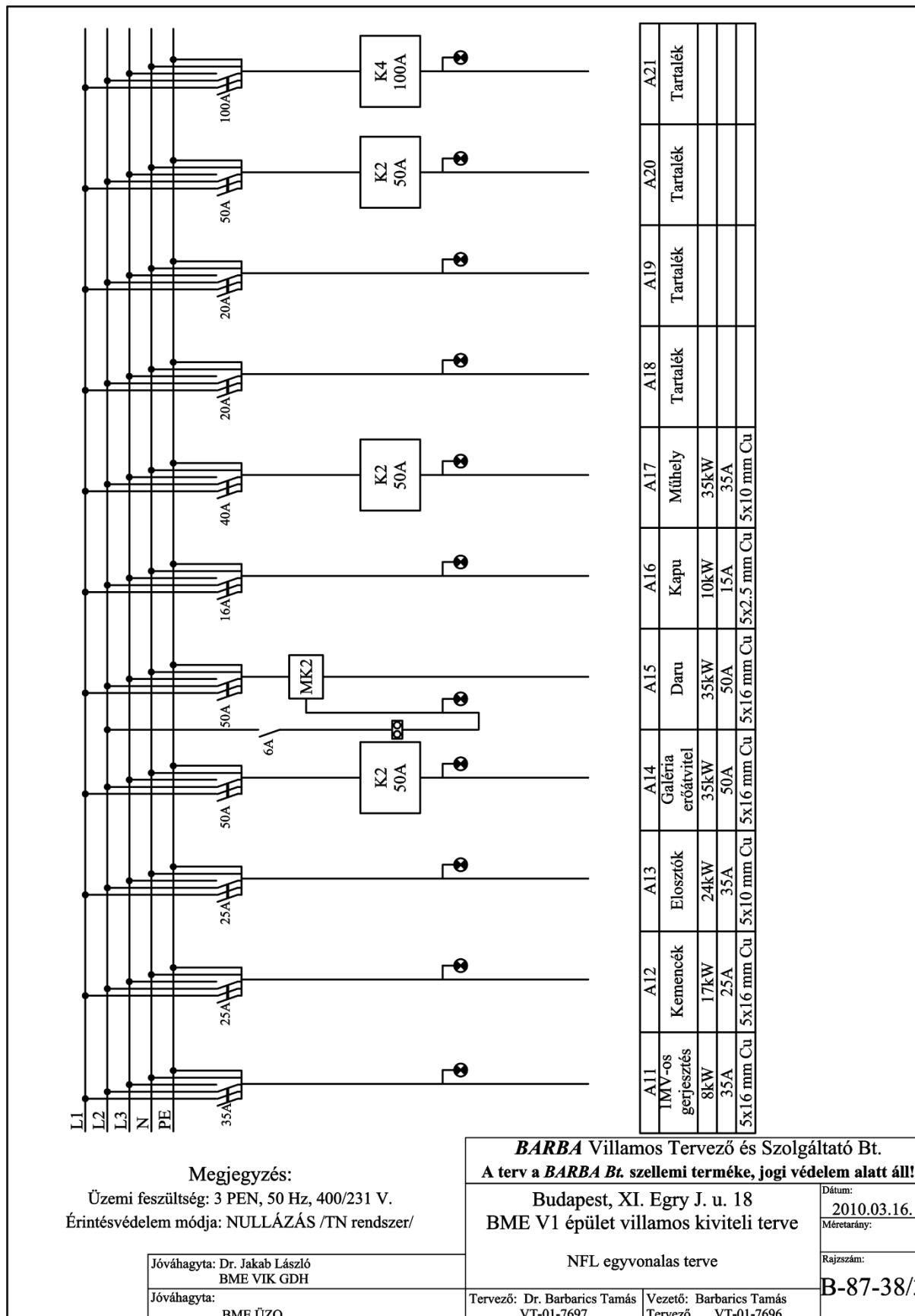
Budapest, XI. Egry J. u. 18
 BME V1 épület villamos kiviteli terve

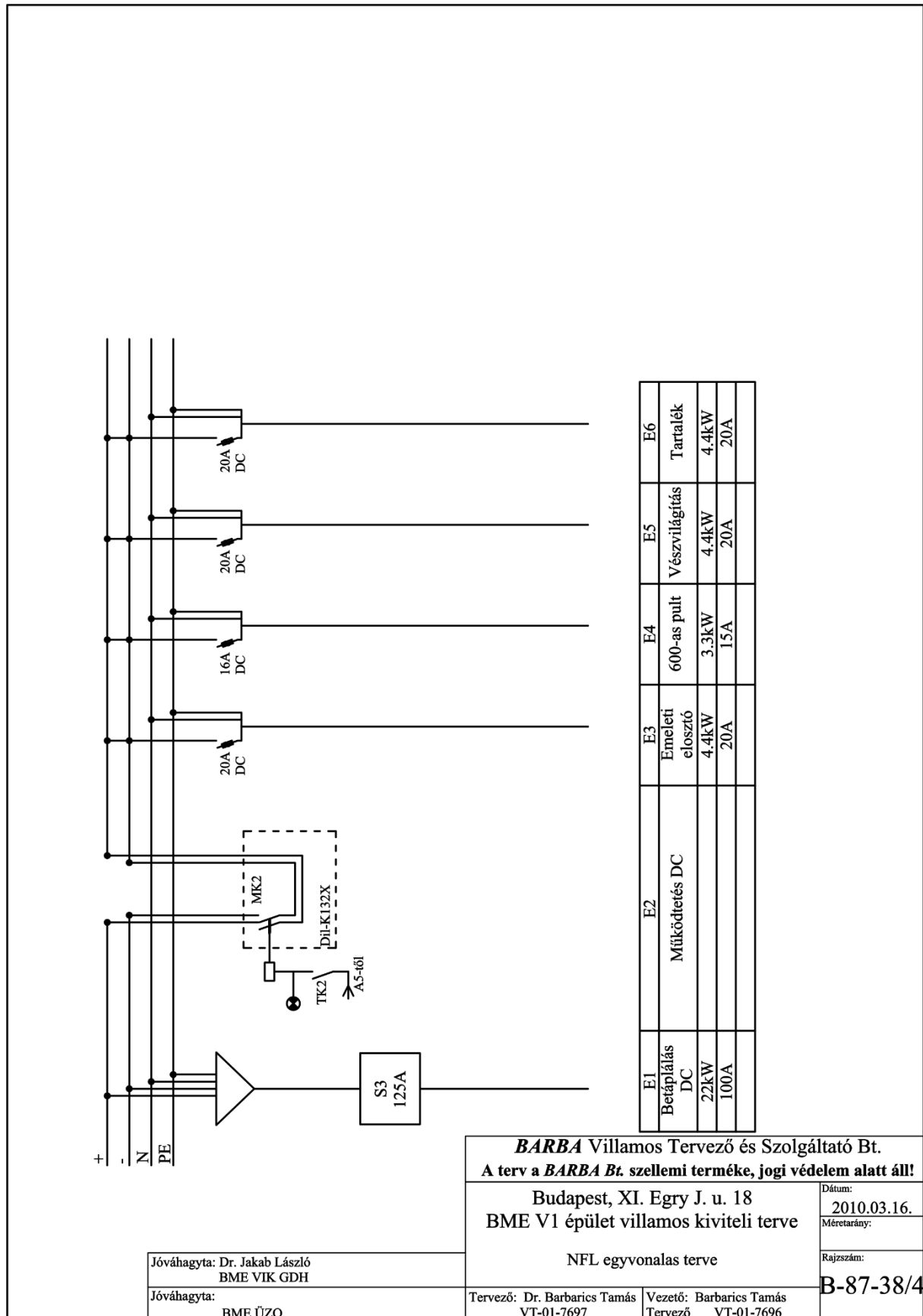
NFL egyvonalas terve

Dátum:	2010.03.16.
Méretarány:	
Rajzszám:	B-87-38/1

Tervező: Dr. Barbarics Tamás
VT-01-7697

Vezető: Barbarics Tamás
Tervező VT-01-7696







Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport

BME-VIK-VET-NFCS-MŰSZ-001 sz.

Minőségügyi Munkautasítás

A Nagyfeszültségű Laboratórium működési rendje

Kivonat

Készítette: Dr. Németh Bálint

Változat: 01

Jóváhagyta és kiadta: Dr. Berta István csoportvezető

Kelt: Budapest, 2016. január 31.

1 Fogalmak meghatározása

Ez a fejezet azoknak a fogalmaknak a meghatározását tartalmazza, amelyeknek az egyértelmű, félre nem érthető és egységes használata a Nagyszűltűsűgű Laboratórium működéssének fontos biztonsági követelménye.

átívelési (átütési) távolság: két, különböző feszűltűsűgű rész, vagy egy feszűltűsűg alatt álló és egy földelt rész közötti azon legkisebb távolság, amely szükséges ahhoz, hogy ne következék be villamos átívelés (átütés) az előforduló legnagyobb villamos igénybevétel esetén sem (fizikai összetevő)

ergonómiai összetevő: az átívelési (átütési) távolsághoz hozzáadandó azon többlet távolság, amely azt veszi figyelembe, hogy a munkavégző hibát véthet a mozgásban és a távolság megítélésében

feszűltűsűg alatti állapot:

- **fizikailag:** az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor az a villamos energia tápforrásával vezetői kapcsolatban áll, vagy feszűltűsűg alatti üzemi villamos berendezéssel induktív és/vagy kapacitív csatolásban van, és rajta a földhöz képest villamos feszűltűsűg mérhető
- **jogilag:** az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor nem teljesűlnék rajta maradéktalanul a feszűltűsűg mentesítés szabványos feltételei

feszűltűsűg alatti munkavégzés: minden olyan munkavégzés, melynek során a munkavégző személy testével, testrészével, szerszámával, védő- vagy segédeszközével, illetve munkagépével feszűltűsűg alatti részt érint, vagy a veszélyes övezetbe hatol. Ilyennek számít az is, ha a munkavégző személy a szokásos körűltekintés mellett nem tudja elkerűlni feszűltűsűg alatti rész érintését, vagy a veszélyes övezetbe való behatolást.

feszűltűsűg közeli munkavégzés: minden olyan munkavégzés, melynek során a munkavégző személy testével, testrészével, szerszámával, védő- vagy segédeszközével, illetve munkagépével a közelítési övezetbe hatol, vagy abban tartózkodik, és csak fokozott figyelemmel tudja elkerűlni a veszélyes övezetbe való behatolást

feszűltűsűg mentes állapot:

- **fizikailag:** az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor a földhöz képesti villamos feszűltűsűge nulla vagy közel nulla
- **jogilag:** az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor vezetői kapcsolata minden villamosenergia-tápforrással meg van szakítva, és maradéktalanul teljesűlnék rajta a feszűltűsűg mentesítés szabványos feltételei

feszűltűsűg mentes munkavégzés:

– a munkavégzés az MSZ 1585:2001 szabvány szerint feszűltűsűg mentesített berendezésen történik,

– a munkavégző személy testének, testrészének, szerszámának, védő- vagy segédeszközének, illetve munkagépének a feszültség alatt álló szomszédos berendezések közelítési övezetébe való behatolása műszaki eszközökkel, pl. ideiglenes elhatároló védőszerkezettel megbízhatóan meg van akadályozva, a munkavégzés a feszültség alatt álló berendezés közelítési övezetétől olyan távolságra zajlik, hogy az abba való behatolás kizárt.

feszültségmentesítés: az MSZ 1585:2001 szabvány szerinti azon folyamat, melynek során az üzemszerűen feszültség alatt álló üzemi villamos berendezést olyan állapotba hozzák, hogy rajta (érintésével, közelében, azaz veszélyes övezetében) a villamos áramütés veszélye nélkül, biztonságosan lehet munkát végezni. A feszültségmentesítés szabvány szerint a következő munkafolyamatok egymásutánjából áll:

1. **Teljes leválasztás:** a villamos berendezésnek azt a részét, amelyen munkavégzés folyik, le kell választani az összes tápforrásról.
2. **Biztosítás visszakapcsolás és visszakapcsolódás ellen:** a villamos berendezésnek a munkavégzés céljából történő leválasztására használt összes kapcsolóeszközt biztosítani kell a visszakapcsolás ellen, célszerűen a működtető mechanizmus reteszelésével. Távműködtetésű kapcsolóeszközök alkalmazása esetén a visszakapcsolást helyi működtetésű eszközökkel kell megakadályozni. A leválasztásnál használt jelző- és reteszelőrendszernek megbízhatónak kell lennie.
3. **A villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzése:** a feszültség nélküli állapotot a villamos berendezés minden pólusán ellenőrizni kell a munkavégzés helyén vagy annak közelében. Az ellenőrzés magában foglalja például a szerkezetekbe épített feszültségkémlelő eszközök és/vagy különálló kémlelő eszközök használatát.
4. **Földelés és rövidre zárás:** minden nagyfeszültségű és meghatározott kisfeszültségű villamos berendezés esetében a munkavégzés helyén minden olyan részt, amelyen munka folyik földelni kell és rövidre kell zárni. A földelő- és rövidre záró szerkezeteket vagy eszközöket először a földelési ponthoz kell csatlakoztatni és csak aztán a földelendő alkatrészhez. A földelő- és rövidre záró szerkezetek vagy eszközök lehetőleg legyenek a munkavégzés helyéről láthatóak.
5. **A közeli, feszültség alatt álló részek elleni védelem:** A feszültségmentesített rész körülhatárolása mindig úgy történjék, hogy még a határvonal érintése se legyen feszültség alatti tevékenységnek tekinthető. (Pl. ha egy szabadvezeték közbenső szakaszát feszültségmentesítik, akkor a határ nem lehet a nyitott oszlopkapcsolók vagy bontott szakaszbiztosítók oszlopán, hanem annál csak beljebb.)

feszültség nélküli állapot: az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor vezetői kapcsolata minden villamosenergia-tápforrással meg van szakítva, következésképp nem áll az üzemi feszültséghez hasonló értékű földhöz képesti villamos feszültség alatt, de nem teljesülnek rajta maradéktalanul a feszültségmentesítés szabványos feltételei

földelés: az üzemi villamos berendezés meghatározott pontját vagy részét a föld potenciáljára hozó vezetői összeköttetés

kapcsolási művelet: primer kapcsolókészülék (megszakító, szakaszoló, szakaszoló kapcsoló, földelő szakaszoló, primer biztosító, transzformátor fokozatkapcsoló), szekunder kapcsolókészülék (kisautomata, biztosító, élesítő-bénító kapcsoló, választókapcsoló, üzemmódkapcsoló, nullbontó, irányítástechnikai gyűjtő-leválasztó sorozatkapocs stb.) kapcsolási állapotának megváltoztatása, tokozott kapcsolóberendezés kocsizható megszakítójának ki-, bekocsizása, szinkron állapot ellenőrzése, a terhelés/feszültség meglétének/hiányának ellenőrzése, munkahelyi földelő, földelő-rövidrezáró felhelyezése, eltávolítása, tiltó táblák, szimbólumok elhelyezése, megjelenítése, eltávolítása

kapcsolási sorrend: kapcsolási műveletek olyan egymásutánja, amellyel a kapcsolóberendezés(rész) szabályosan (árampálya tilos vagy szükségtelen, illetve arra nem alkalmas kapcsolókészülékkel történő megszakítása, illetve feszültség alatt álló rész leföldelése nélkül) vihető át a kiindulási kapcsolási állapotból az elérni kívánt kapcsolási állapotba

közelítési övezet: a veszélyes övezetet körülvevő azon térség, amelyben dolgozva a munkavégző elővigyázata szükséges ahhoz, hogy testével, testrészével, szerszámmal, védő- vagy segédeszközével, illetve munkagépével ne hatoljon a veszélyes övezetbe

munkahelyi földelés: az üzemi villamos berendezés üzemszerűen feszültség alatt álló, de munkavégzés céljából feszültségmentesítendő, vagy már feszültségmentesített részének földelése beépített készülékkel (pl. földelőszakaszolóval vagy szakaszoló földelőkéssel), illetve hordozható földelőeszközzel a munkahelyen annak érdekében, hogy a munkahelyre veszélyes feszültség semmiképpen se hatolhasson

rendellenesség: a Nagyfeszültségű Laboratórium üzemi villamos és nem-villamos berendezéseiben bekövetkező olyan üzemi hiba (nem tervezett állapotváltozás), melynek következtében az adott berendezés vagy annak meghatározott része közvetlenül nem válik üzemképtelenné, de elhárításának elmaradása üzemzavarhoz vezethet

üzemi földelés: az üzemi villamos berendezés áramköre meghatározott pontjának (pl. a háromfázisú váltakozó áramú rendszer csillagpontjának) állandó jellegű, de szükség esetén (pl. mérési célból) bontható földelése, amely az üzemi villamos berendezés helyes működéséhez szükséges

üzemzavar: a Nagyfeszültségű Laboratórium üzemi villamos és nemvillamos berendezéseiben bekövetkező olyan üzemi hiba (nem tervezett állapotváltozás), melynek következtében az adott berendezés vagy annak meghatározott része, de esetleg a Nagyfeszültségű Laboratórium egésze az elhárítás idejéig üzemképtelen állapotba kerül

veszélyes övezet: a feszültség alatt álló csupasz (szigetelő burkolat nélküli) rész körüli olyan térség, amelyben a villamos veszély kiküszöbölését szolgáló szigetelés nincs meg az e

térségbe védelmi intézkedések nélkül behatoló személy vagy eszköz és a feszültség alatt álló csupasz rész között. A veszélyes övezet külső határa egyenlő a munkavégzés legkisebb védőtávolságával.

2 Alapvető szabályok a Nagyfeszültségű Laboratóriumban

- A Nagyfeszültségű Laboratóriumban csak az a személy dolgozhat, aki azt a laboratóriumi szabályzatot ismeri és előírásainak betartására írásban kötelezte magát.
- A Nagyfeszültségű Laboratóriumba történő belépés csak akkor engedélyezhető amennyiben a belépő személy zárt ruházattal és cipővel rendelkezik.

– Csak az a hallgató vehet részt a mérési gyakorlatokon, aki a mérések anyagát megfelelően elsajátította és a felkészültségéről minden mérési gyakorlat elején szóban vagy írásban számot ad.

– A Laboratóriumban **életveszélyes feszültséggel**, illetve árammal kell a mérések alatt dolgozni, ezért fokozott figyelemmel és körültekintéssel szabad csak tevékenykedni.

– **Elkerített nagyfeszültségű vizsgálóterbe csak annak feszültségmentesített állapotában szabad bemenni a mérésvezető engedélyével és kíséretében.**

– A nagyfeszültséget csak akkor szabad bekapcsolni, ha a vizsgálóterben senki nem tartózkodik.

– A méréseket általában a hallgatók állítják össze, de a feszültséget a mérőkörre csak a mérésvezető engedélyével szabad rákapcsolni.

– A mérési gyakorlat megkezdése előtt a mérőcsoport minden tagja jól jegyezze meg, hogy baleset vagy veszélyhelyzet esetén mely kapcsolókkal lehet a vizsgálóteret vagy mérőkört a tápforrásról leválasztani.

– Ha a bekapcsolás után bármilyen rendellenes jelenség lépne fel, a vizsgálóteret vagy a mérőkört azonnal feszültségmentesíteni kell. A hibás mérőköri elrendezést csak a mérésvezető útmutatásával szabad megváltoztatni.

– A kapcsolásokon változtatásokat csak feszültségmentes és leföldelt állapotban szabad végezni. Biztosítani és ellenőrizni kell az összekötések megfelelő csatlakozását.

– Üzemszerűen feszültség alatt nem álló, de megérinthető fémszerelvényeket földelni kell.

– A vizsgálóterben lévő, de a mérésben nem használt nagy kapacitású eszközöket, kondenzátorok kapcsait rövidrezárni és földelni kell.

– Tilos az érintésvédelmi és biztonságtechnikai berendezéseket hatástalanítani.

– A mérőműszerek vagy berendezési tárgyak gondatlan használatából eredő károkért a kár okozója, illetve a mérőcsoport anyagilag felelős.

– Az esetleg fellobbanó villamos tűz oltására csak a laboratóriumban rendszeresített tűzoltó készülékeket szabad használni.

– Ittas vagy gyógyszer hatása miatt kábult személy a Laboratóriumban nem tartózkodhat. A Laboratórium egész területén dohányozni tilos!

– A laboratóriumban való munkavégzéshez zárt cipő és ruházat (hosszú nadrág) viselése kötelező!

– Beültetett szívritmus szabályozó (pacemaker), nagyothalló készülékkel, inzulinadagolóval stb. a Laboratóriumba belépni tilos.