

HIGHVOLTAGE **LABORATORY**

BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport
Nagyfeszültségű Laboratórium

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

Mérési útmutató

Koordinált túlfeszültségvédelmi rendszer vizsgálata

1 Fontos megjegyzés

A mérés a BME VET Nagyfeszültségű laboratóriumában zajlik, ahol a mérés során veszélyes feszültségszinteket 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 Elméleti áttekintés

2.1 A túlfeszültségek keletkezése és jellemzői

Túlfeszültség a villamos elosztóhálózatokban, illetve berendezésekben fellépő, a legnagyobb megengedett üzemi feszültség csúcsértékét meghaladó feszültség, amely nagyságától, jel alakjától vagy hullámformájától, frekvenciájától és fennállásának időtartamától függően igénybe veszi a berendezés szigetelését.

A túlfeszültségek nagyságuktól függően **kétféle hibát okozhatnak**. Egyrészt ha a túlfeszültség nagysága a megengedett legnagyobb üzemi feszültség értékét meghaladja, de nem lépi át a szigetelések szilárdsági határértékét, akkor a berendezések üzemmenetében, illetve az elektronikus berendezések programjaiban okozhat hibát. Ebben az esetben a berendezések tönkremehetnek, vagy hibásan működnek, de a túlfeszültség megszűnése után a berendezés üzeme akár helyre is állítható. Másrészt, ha a túlfeszültség nagysága meghaladja a szigetelések szilárdsági határértékét, akkor a szigetelések leggyengébb pontján átütés, azaz rövidzárlat keletkezik, ami a hálózatot, illetve berendezést üzemképtelenné teszi.

A **túlfeszültségek keletkezési** módjuk és időtartamuk szerint három csoportra oszthatók: belső eredetű túlfeszültségek, külső úgynevezett légköri eredetű túlfeszültségek és elektrosztatikus feltöltődésből eredő túlfeszültségek, amelyeket a villamos energia elosztó rendszerhez viszonyítva szintén a külső eredetű csoportba lehet sorolni.

- A belső eredetű túlfeszültségek (tranzienst jelenségek) a zárlatok, védelmek működése, olvadó biztosítók kioldása, nagy fogyasztók ki/bekapcsolása, hirtelen terhelésváltozás következtében jönnek létre. Feszültségmentesített berendezésben nem léphet fel belső eredetű túlfeszültség.
- A külső eredetű túlfeszültséget a légköri kisülések (villámok), vagy a különböző szigetelőanyagok, (műanyagok) elektrosztatikus feltöltődésének kisülése (ESD) okozza. Független a berendezés feszültség alatt lévő, vagy feszültségmentes állapotától.

A külső eredetű túlfeszültségek esetén beszélhetünk:

- Közvetlen villámcsapásról, ekkor a fázisvezetőt éri a becsapás
- Visszacsapásról, ami akkor következik be, ha szabadvezetékek oszlopába, vagy védővezetőjébe csap be a villám és a villámáram a földelési ellenálláson olyan nagy potenciált hoz létre, hogy az oszlop és a fázisvezető között átütés, átívelés jön létre.
- Indukált túlfeszültségről.

Az indukált túlfeszűlűsűgegek galvanikus, induktív és kapacitív csatolás útján juthatnak el a berendezésekhez.

A galvanikus csatolás közös impedancián keresztül következik be. Egy épűlet villámvédelmi berendezésébe történű közvetlen becsapásnál a villámáram a földelési ellenálláson potenciálemelkedést okoz. A potenciálkiegyenlítésen keresztül ezáltal túlfeszűlűsűgeget csatol be az összes rácsatlakoztatott vezetékbe. Például, ha egy földelési ellenállás értéke 20Ω , akkor egy 20 kA-es villámáram 400kV-os potenciálkülönbsűgeget fog eredményezni.

Az induktív csatolás esetén a transzformátorok működési elve szerint az energia egy közös mágneses téren át továbbítódik. Elkerűlése hurokfelűletek csökkentésével lehetsűges, pl. az árnyékolási intézkedések optimalizált elhelyezésével (két oldalon földelt árnyékolás).

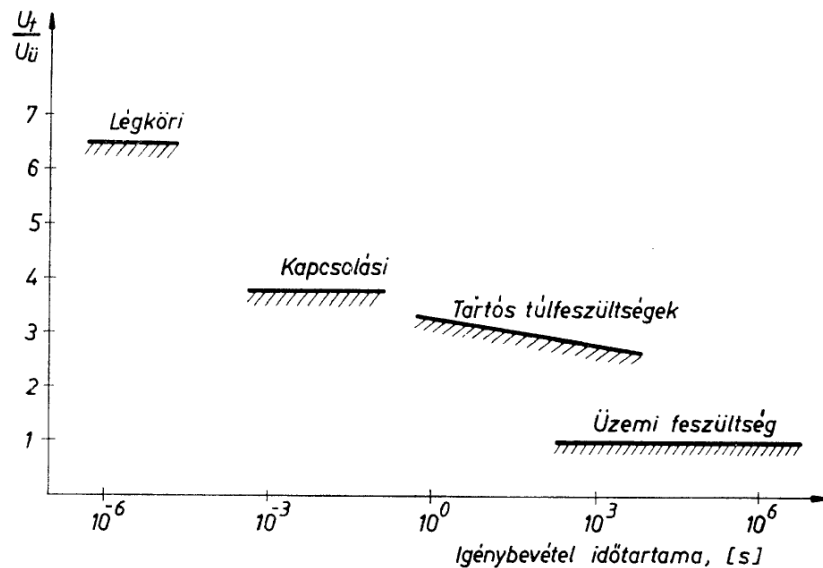
A kapacitív csatolás az egymástól elszigetelt vezeték, fűm részek és a villámcsatorna egymás közötti valamint szűrt kapacitásai következtűben alakul ki. Elkerűlése árnyékolási intézkedésekkel lehetsűges.

A belsű eredetű túlfeszűlűsűgegek közé tartozik az:

- Űzemi frekvenciájű túlfeszűlűsűgegek. Ezek elosztóhálózati berendezések hibás működésekor léphetnek fel, például földzáratok esetén, vagy feszűlűsszabályozók helytelen működésekor.
- Rezonanciás túlfeszűlűsűgegek. Akkor lépnek fel, amikor az áramkörben lévű vezeték és berendezések kapacitásai és induktivitásai egy olyan kört alkotnak, ahol a rezonancia frekvenciájuk közel azonos a tápfeszűlűsűgűk frekvenciájához. Elég ritka esemény, de igen fokozottan igénybe veszi a berendezéseket.
- Kapcsolási túlfeszűlűsűgegek

A kapcsolási túlfeszűlűsűg kialakulása: Nagyszűlűsűgű és közűpfeszűlűsűgű berendezésekben a kapcsolási műveletek által keltett túlfeszűlűsűgegek főleg kapacitív csatolás révűn hatnak a kifizűlűsűgű és szekunder berendezésekre, ezek mellett előfordulhat még induktív csatolásű túlfeszűlűsűg is a kifizűlűsűgű berendezésekben. Ezt a nagyszűlűsűgű hálózat gyors áramváltozásai (például: nagyszűlűsűgű berendezések ki- és bekapcsolása, valamint rövidzáratok keletkezése és megszűnése) okozhatják. A kifizűlűsűgű oldalon induktivitások, fojtótekercek, motorvédű kapcsolók, relék tekercseinek kikapcsolása, valamint áramkörök szándékos, vagy véletlen megszakítása, biztosítók, vagy védűkapcsolók lekapcsolása és, akár vezeték szakadás is okozhat kapcsolási túlfeszűlűsűgeget.

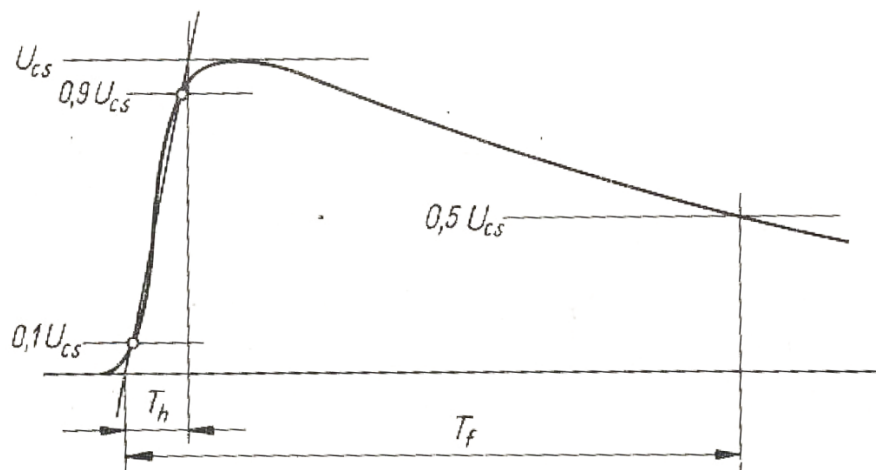
Mind a légkűri eredetű (kűlsű eredetű), mind a kapcsolási (belsű eredetű) túlfeszűlűsűgeket tranziens túlfeszűlűsűgként lehet jellemezni, ezt azt jelenti, hogy rövid idejű túlfeszűlűsűgegek. Ezek idűtartama légkűri túlfeszűlűsűg esetén μs , míg kapcsolási túlfeszűlűsűgegek esetén ms nagyszűgrendű. A túlfeszűlűsűg-védűlmi készülékek tervezésénél ezeket az idűintervallumok kell figyelembe vennie a tervezűknek.



1. ábra: A berendezéseket érő túlfeszültségek az igénybevétel időtartama szerint ábrázolva

2.2 A léggöri és kapcsolási lökőhullámok kialakulása és jellemzői

Ezen tranzienst túlfeszültségek egy aperiodikus hullámalakkal jellemezhetők. A hullámnak több fontos tulajdonságát vesszük figyelembe, de ezek közül a két legfontosabb a felfutási ideje és a félérték ideje. A léggöri eredetű és a kapcsolási hullámalakok különböző tulajdonságokkal bírnak, a léggöri (villám) sokkal gyorsabb, mint az elosztóhálózatokon előforduló kapcsolási impulzus alakja. A szabványos lökőhullám alakja az ábrán látható.



2. ábra: Szabványos lökőhullám

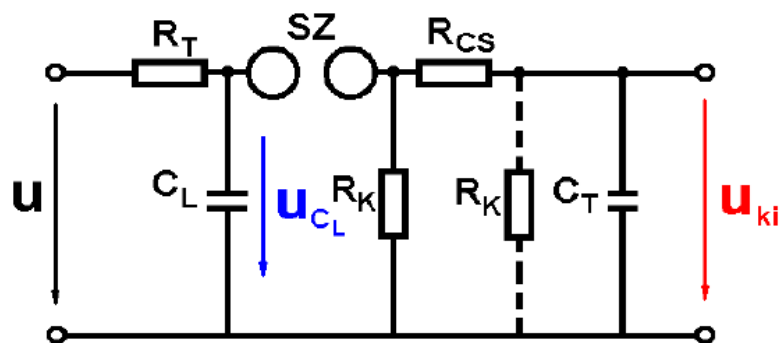
Jelölések:

- T_h a felfutási idő vagy homlokidő
- T_f a félérték idő
- U_{cs} a csúcsérték

A különböző villamos és elektronikus berendezéseket, eszközöket, ideértve a túlfeszültség-védelmi készülékeket, szigeteléseket, transzformátorokat, stb. laboratóriumi körülmények között tesztelik, mielőtt használatba helyezik őket. A tesztek során villamos szilárdságukat ipari frekvenciájú próbafeszültséggel, légköri eredetű (villám) lökőhullámú próbafeszültséggel, és kapcsolási eredetű próbafeszültséggel is vizsgálják. A villám szabvány szerinti hullámalakja $1,2/50 \mu\text{s}$, ahol az $1,2 \mu\text{s}$ jelenti a felfutási időt, az $50 \mu\text{s}$ pedig a félérték időt. A kapcsolási impulzus szabványos alakja pedig egy $250/2500 \mu\text{s}$ -os hullám. Ezen hullámalakok definícióját többek között a szigetelés koordinációhoz tartozó 2011-es IEC 60071-1 Edition 8.1 szabvány írja le.

2.3 Lökésgerjesztő áramkörök

A lökőfeszültség hullámot kondenzátorokból és ellenállásokból álló áramkörök transziens feszültségeként állítják elő. Az ilyen berendezéseket nevezik lökésgerjesztőnek.



3. ábra: A lökésgerjesztő elvi kapcsolása

A kapcsolásra egy U töltő egyenfeszültséget kapcsolunk, így az R_T ellenálláson keresztül tölteni kezdjük a C_L lökőkondenzátort. A C_L kondenzátortól jobb oldalra az áramkörben ilyenkor nem folyik áram, azok feszültségmentesek. Az SZ szikraköz bal oldalán ugyanaz a feszültség lesz, mint a C_L kondenzátoron, míg jobb oldalán változatlan marad a feszültségmentes állapot. Amikor a feszültség eléri az SZ szikraköz átütéséhez szükséges feszültség értékét az áramkör rövidre záródik és R_{CS} csillapító ellenálláson keresztül elkezdi feltölteni a C_T kondenzátor. Amikor a két kondenzátor feszültsége egyenlő lesz mindkettő kondenzátor az R_K ellenálláson keresztül kisül. A lökőhullám alakját az

$$U_{ki}(t) = U \cdot \frac{1}{R_{CS} \cdot C_T} \cdot \frac{1}{a - b} \cdot (e^{-at} - e^{-bt})$$

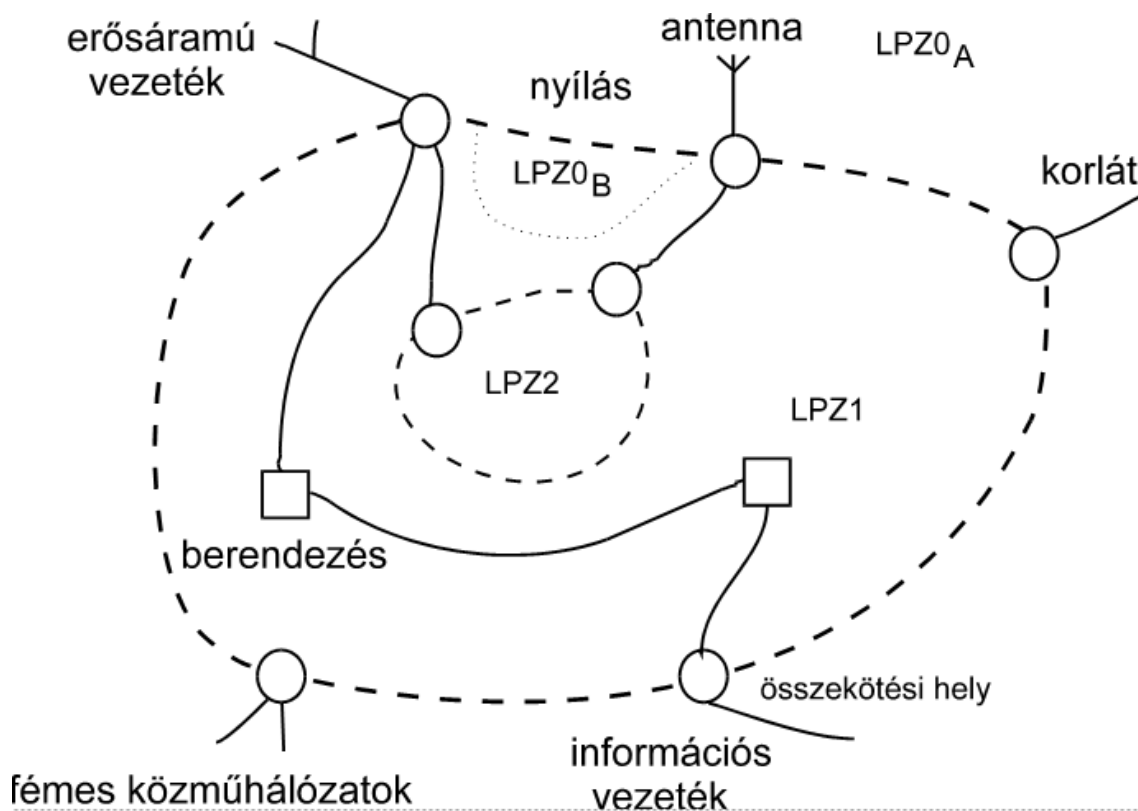
feszültségfüggvény írja le, ahol az U értéke a lökőkondenzátor kisülés előtti pillanatértéke, valamint az a és b reciprokával megadhatjuk a hozzájuk tartozó exponenciális görbék időállandóját.

$$a = \frac{1}{R_K \cdot (C_L + C_T)} \quad \text{és} \quad b = \frac{C_L + C_T}{R_{CS} \cdot C_L \cdot C_T}$$

2.4 A túlfeszűltűség-védelem alapjai

A túlfeszűltűség-védelem során a villamos rendszert olyan védelmi berendezésekkel, eszközökkel, megoldásokkal látjuk el, amelyek megakadályozzák vagy mérsékelik a túlfeszűltűségek által okozott károkat. A villám- és túlfeszűltűség védelem kialakítását Magyarországon az MSZ EN 62305 1-4 szabvány szabályozza.

A túlfeszűltűség-védelem kialakításának első lépése a védendő tér villámvédelmi zónákra való beosztása. A zónákra jellemző, hogy határaikon az elektromágneses jellemzőkben jelentős változás mutatkozik. A jellegzetes elvi zónabeosztást mutatja a következő ábra.



4. ábra: Tipikus zónabeosztás

A zónák meghatározása a következő:

- LPZ 0_A: Az itt levő berendezések közvetlen villámcsapásnak vannak kitéve
- LPZ 0_B: Az itt levő berendezések közvetlen villámcsapásnak nincsenek kitéve, de az elektromágneses tér csillapítatlanul érvényesül.
- LPZ 1: Az itt levő berendezések sem közvetlen villámcsapásnak, sem csillapítatlan elektromágneses térnek nincsenek kitéve.
- LPZ N: Az egyre nagyobb csillapítású terek egyre nagyobb sorszámúak

Minden olyan esetben, amikor egy vezeték, kábel, vagy bármilyen vezető anyagú cső átlép egy-egy zónahatárt, gondoskodni kell az egyenpotenciálra hozásáról. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a fémes vezetőket a zónahatárokon lehetőleg azonos nyomvonalon célszerű átvezetni, valamint minden zónahatár átlépésnél minden vezetőt egymással, illetve az EPH sínnel össze kell kötni. Az összekötéseket azokban az esetekben, amikor a vezetők között üzemszerűen potenciálkülönbség van (pl. kifizűrésű energiavezetékek, jelvezetékek erei), megfelelő túlfűrésű-védelmi eszköz felhasználásával kell megoldani.

A túlfűrésű-védelmi eszközök feladata, hogy a túlfűrésűt előidéző töltések egy részét a vezeték és a föld között létesített ideiglenes összeköttetésen keresztül levezessék a földbe, és a túlfűrésűt értékét a maradékfűrésűt értékére korlátozzák. A maradékfűrésűt pedig az a fűrésűt esés, amely a levezetett áram hatására a túlfűrésűt levezető impedanciáján fellép.

A túlfűrésűt-védelmi eszközökkel szemben támasztott alapvető követelmények a következők:

- minél kisebb túlfűrésűt szinten szólaljon meg és a lehető leggyorsabban tegye azt
- az utánfolyó áramot az első nullaátmenetkor oltsa ki (utánfolyó áram- a levezetés megtörténte után a névleges fűrésűt hatására a levezetőkön keresztül a hálózatból a földbe folyó áram)
- a maradék fűrésűt legyen kisebb a védendő berendezés legalacsonyabb szigetelési szintjénél
- megbízható működés
- robbanásbiztos legyen (membránt építenek bele)
- karbantartása egyszerű legyen
- a levezető mérete és súlya kicsi legyen

A túlfűrésűt-védelmi eszközök legfontosabb villamos jellemzői:

- $U_{C(50\text{ Hz})}$: névleges fűrésűt (V);
- $I_n(8/20)$: névleges levezetési áram 8/20 μs alakú áramimpulzus esetén (kA);
- $I_{\text{max}}(8/20)$: legnagyobb levezetési áram 8/20 μs alakú áramimpulzus esetén (kA);
- $I_n(10/350)$: névleges levezetési áram 10/350 μs alakú áramimpulzus esetén (kA);
- $I_{\text{max}}(10/350)$: legnagyobb levezetési áram 10/350 μs alakú áramimpulzus esetén (kA);
- U_p : védelmi szint (kV);

2.5 A túlfűrésűt védelem eszközei

2.5.1 Szikraköz

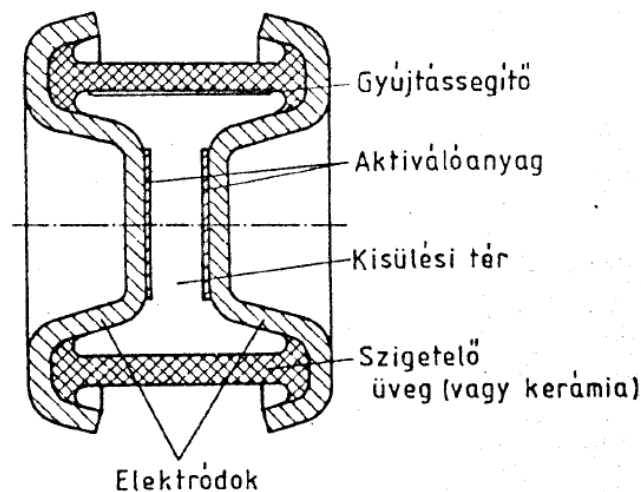
A túlfűrésűt-védelmi eszközök között ez a legegyszerűbb. Már a XIX. század végén felfedezték, de akkor még nem túlfűrésűt védelmi célokra használták, hanem hírközlésre. Légtözt a hálózat (fázis) és föld közé kapcsolva állítják be úgy, hogy csak a hálózat névleges fűrésűténél nagyobb túlfűrésűt hatására üssön át. A szikraköz átütésekor a

túlfeszültséget létrehozó nagy energia a föld felé vezetődik el ezzel megszüntetve a túlfeszültséget. Ezt az átütést követően viszont a szikraközön egy hálózati feszültségforrás által táplált földzárlati áram fog folyni. Ívöltő szerkezet hiányában ez az áram csak akkor szűnik meg magától, ha nagysága legfeljebb néhány Amper értékű.

2.5.2 Nemesgáztöltésű túlfeszültség levezető és az elektronikusan vezérelt szikraköz

A nemesgáz (pl. argon, neon) töltésű túlfeszültség levezetők, valójában szikraközök, amik a gázkisülés elvét használják ki. A gyújtó feszültség értékének (ez típustól függően (70 - 15 000 V) túllépésekor a hermetikusan lezárt kisülési térben ellenőrzött ív alakul ki néhány ms-on belül, amely a folyamatot beindító túlfeszültséget rövidre zárja. A kicsi ívfeszültség kivételesen nagy levezetőképességet biztosít (max. 60 kA). A kisülés után a túlfeszültség levezető kiolt és ellenállása a zavar nélküli üzemállapotra jellemző nagy értéket ($\geq 10 \text{ G}\Omega$) veszi fel. A hermetikusan zárt, nemesgázzal (argon, neon) töltött kisülési teret egy üreges henger alakú szigetelő alkotja, amelynek két végén, egymással szemben helyezkednek el az elektródok. Az 1 mm-nél kisebb távolságra elhelyezett elektród felületeket emissziót elősegítő bevonattal látják el. Ez az aktiváló anyag lényegesen csökkenti az elektronok kilépési munkáját. A gyakorlatban döntő jelentőségű kérdés, hogy a túlfeszültség levezetővel gyorsan növekvő feszültség (kb. $1 \text{ V}/\mu\text{s}$) esetén milyen védelmi szint érhető el. A túlfeszültség hatásos korlátozása miatt gyors megszólalás az igény, ezért a hengeres szigetelő belső felületére gyújtássegítőt hordanak fel.

Az utóbbi években a nemesgáztöltésű szikraközöket új generációs elektronikusan vezérelt szikraközök kezdték el leváltani, mivel a túlfeszültség védelemben első fokozataként használt nemesgáztöltésű eszközök a néhány kV-os megszólalási feszültségük miatt, már több esetben, nem teljesítették a rájuk megszabott alapvető követelményeket. Azért elektronikusan vezéreltűek, mert egy gyújtóelektronika segíti a szikraközök működésbe lépését. A gyújtóelektronika egy nemesgáztöltésű szikraköz, azonban ennek a megszólalási feszültsége jóval kisebb értékű, mivel csak a vezérelendő szikraköz ívbejuttatására használjuk. Az ekképpen vezérelt szikraközök védelmi szintje 1,5kV, vagy akár 900V is lehet.



5. ábra: Gáztöltésű túlfeszültség levezető elvi felépítése

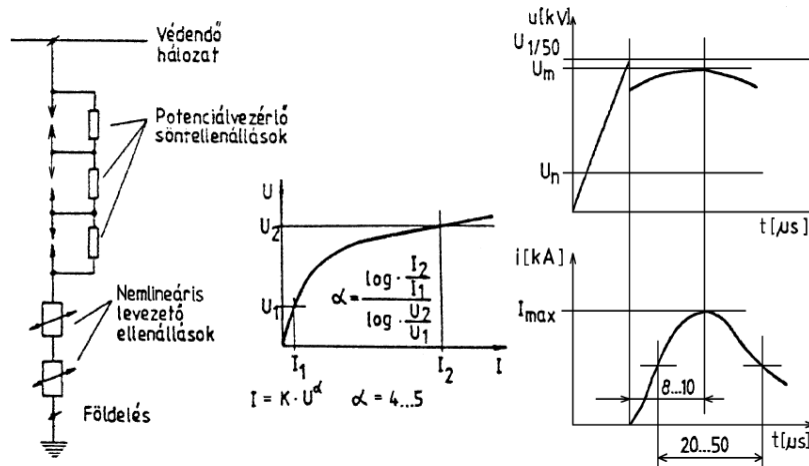


6. ábra: Egy nemesgáztöltésű túlfeszültség levezető képe

(a levezető a képalján látható fém henger)

2.5.3 Túlfeszültség levezető

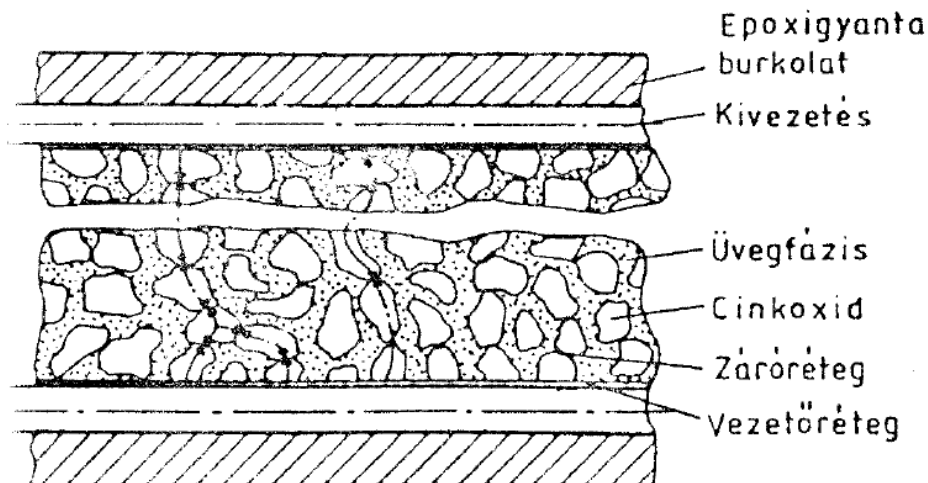
Sorba kapcsolt szikraközöket, feszültségfüggő (szilíciumkarbid = SiC) nemlineáris félvezető ellenállásokat, esetleg ívfúvó tekercset tartalmaz. A működése során, amikor a feszültség hullám eléri a levezető megszólalási feszültségét, a szikraközök átütnek és a levezetőn áram folyik. Ez az áram feszültségesést hoz létre a levezető ellenállásain, így a feszültség nem nullára, hanem egy előre meghatározott értékre csökken, amelyet a levezető maradék feszültségének nevezünk (U_m). A levezető áram maximumát az a körülmény korlátozza, hogy a levezetőn eső maradék feszültség kisebb legyen a szikraköz megszólalási feszültségénél, ellenkező esetben a levezető nem képes már a túlfeszültséget a megszólalási szintre korlátozni. A levezető működése után az üzemi feszültség igyekszik az ívet fenntartani. Az üzemi 50 Hz-es feszültségen azonban a nemlineáris elemek ellenállása olyan nagy, hogy a levezetőn átfolyó utánfolyó áram néhány A-ra csökken. Ezt a kicsi áramot a sorba kapcsolt szikraközök az első áram-nullaátmenetnél kioltják. A levezető megszólalási feszültségét úgy kell megválasztani, hogy a kapcsolási eredetű túlfeszültségek ne szólaltassák meg. Gyakorlati alkalmazási területe a közép és nagyfeszültségű feszültség tartományban (6 - 220 kV).



7. ábra: Egy túlfeszültség levezető felépítése, nemlineáris ellenállása és működése

2.5.4 Fémoxidos túlfeszültség-korlátozók (varisztor):

A szilíciumkarbid (SiC) ellenállású túlfeszültség levezető működését megismerve belátható, hogy ott a szikraközökre csak azért van szükség, mert az 50 Hz-es üzemi feszültségnél adódó maradékáram olyan nagy, hogy ezt a terhelést az ellenállás termikusan nem képes elviselni. A fémoxid túlfeszültség korlátozók cinkoxidos (ZnO) ellenállásokkal készülnek. Példaképpen, ha megnézzük, a cinkoxid varisztor kerámia kompozíció, amely 90 %-ában ZnO, többi részében Bi_2O_3 és CoO (bizmut- és kobaltoxid) tartalmú. Ezen anyagok finom porszerű keverékéből sajtolással hengeres formákat állítanak elő, amely nagy hőmérsékleten való szintereléssel mechanikailag szilárd testté áll össze.



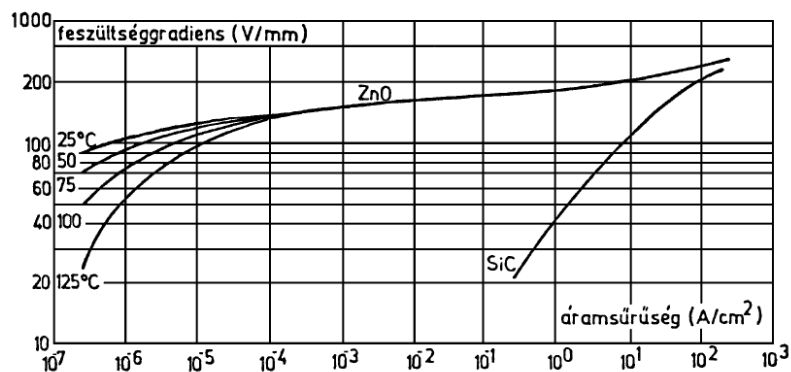
8. ábra: Fémoxid túlfeszültség korlátozó (varisztor) szerkezeti felépítése

A varisztorok hátrányaira azonban nagyobb figyelmet kell szentelni, ezek nem mások, mint a varisztorok öregedése és a viszonylag nagy kapacitás.

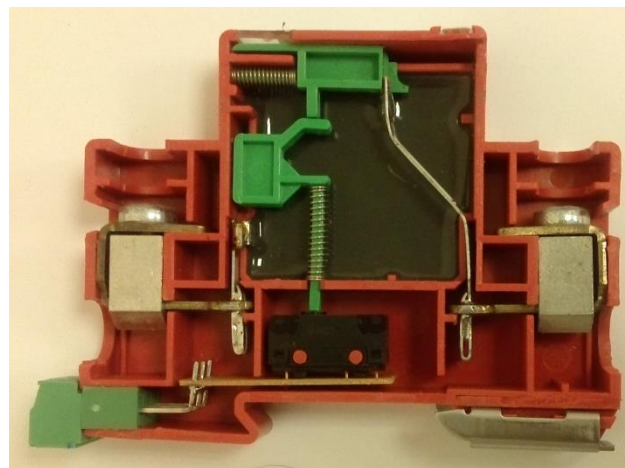
A szikraköz nélküli cinkoxidos túlfeszültség korlátozó előnyei:

- a szikraköz és a potenciálvezérlés hiányában egyszerűbb, olcsóbb és megbízhatóbb működésű, mint a szikraközös túlfeszültség levezető.
- a védelmi szint az ellenállásoktól függ és nem a szikraköztől, amelynek megszólalási értéke gyakran jelentős szórást mutat.
- a túlfeszültség korlátozó szennyezettsége nem okoz működési zavart, amely a szikraközös levezetőnél előfordulhat.

Alkalmazási hátránya abban jelentkezik, hogy energiaelnyelő képessége véges, hőmegfűtásra hajlamos és gyártása ennek megfelelően fejlett technológiát igényel.



9. ábra: Nemlineáris ellenállások karakterisztikái

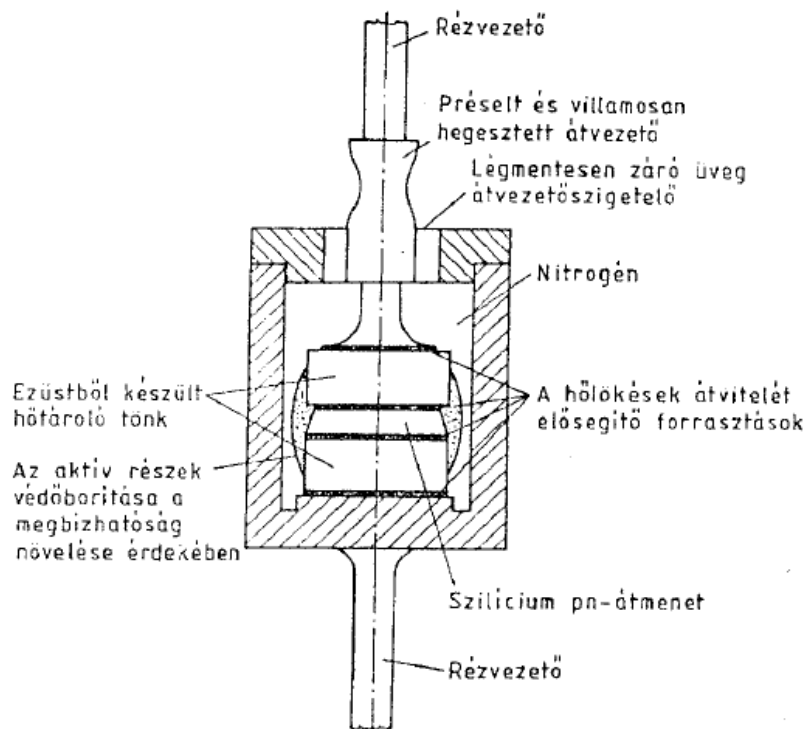


10. ábra: Varisztoros túlfeszültség-védelmi készülék
(a varisztor felül a barnászöld négyzet alak)

2.5.5 Szupresszor dióda

Az érzékeny félvezető elemek védelme során a túlfeszültségeket gyakran néhány V-ra kell korlátozni. Az ilyen finomvédelem céljára kapcsolódiódákat vagy más néven szupresszor diódákat alkalmaznak, mivel ezekkel az elemekkel viszonylag pontosan be lehet állítani a kicsi határfeszültségeket. Az érzékeny finomvédelmekben gondoskodni kell arról, hogy túlfeszültség korlátozás esetén a terhelő áramok a megengedett érték alatt maradjanak.

Egyedüli védelmi alkalmazása nem ajánlott, többlépcsős védelmi rendszer utolsó elemeként viszont ma már gyakran alkalmazzák.

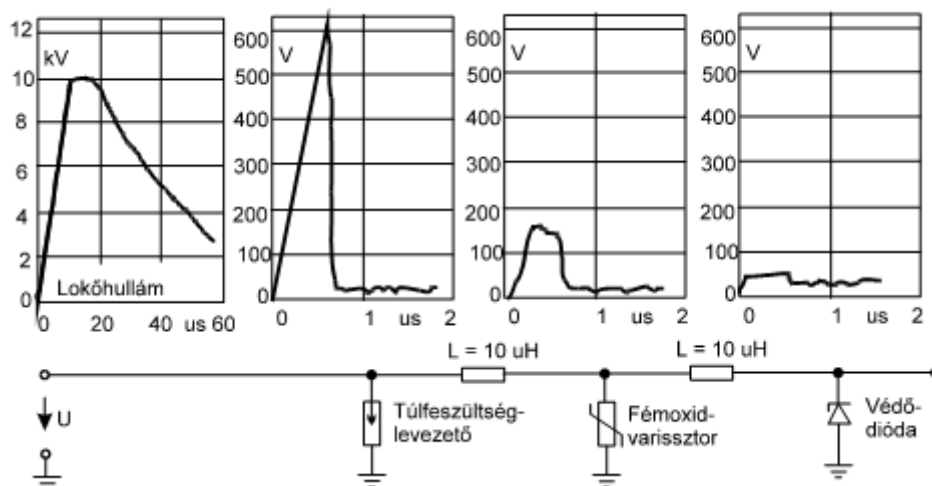


11. ábra: Egy nagy hőtároló kapacitású szupresszor dióda keresztmetszete

2.6 Koordinált többlépcsős túlfeszültség-védelem

A túlfeszültségek kialakulásának törvényszerűségeit figyelembe véve belátható, hogy megfelelő védelmet egyetlen eszköz alkalmazásával nem lehet elérni. A követelményeknek rendszerint háromlépcsős túlfeszültség-védelmi rendszerrel lehet maradéktalanul eleget tenni.

A 3 lépcsős rendszer egyes lépcsőit (durva, közbülső és finomfokozat) különböző túlfeszültség-védelmi eszközök (szikraköz, varisztor, védődióda) soros és párhuzamos kombinációiból összeállított készülékek alkotják. Általában megállapítható, hogy a durva fokozat elemei lassúak, viszonylag nagy feszültséget engednek meg, de igen nagy terhelést viselnek el. A kis maradék feszültségű, gyors működésű készülékvédelmi elemek terhelhetősége viszont nagyon kicsi, könnyen túlterhelhetők.



12. ábra: Az egyes túlfeszültség-védelmi elemek és jellemző karakterisztikáik

A túlfeszültség megjelenésekor elsőként a finomvédelem, a védődióda kezd működni, erősen korlátozva a védendő készülék sarkain a feszültséget. A dióda árama átfolyik az L induktivitáson s a rajta eső feszültség és a diódára jutó feszültség elérve a varisztor megszólalási feszültségét, a varisztor elkezd levezetni az áramot.

A viszonylag nagy varisztoráram az L induktivitáson feszültségesést okoz és ez a varisztor feszültséggel együtt begyűjtja a szikraközt. A működés során az egyre később belépő fokozatok egyre nagyobb energia levezetésére képesek, s tehermentesítik az érzékenyebb fokozatot.

Gyakran előforduló létesítési hiba, hogy valamelyik fokozatot hozzá nem értés vagy gazdasági okok miatt kihagyják. Ha például nem építünk be durva, vagy középvédelmi fokozatot, az eredmény a védendő készülék és a finomvédelmi fokozat együttes tönkremenetele lesz: az utóbbi ugyanis nem tud megbirkózni a túlfeszültség impulzus teljes energiájával.

Hasonlóan nem vezet eredményre a finom fokozat elhagyása: ekkor a meglévő védelmi fokozatok jól működnek, de nem a kellő szintre korlátozzák a feszültséget, s így nem védik meg a védendő készüléket.

3 Mérés

A mérés célja a különböző típusú túlfeszültség-védelmi eszközök megismerése és azok állapotának és működésének méréssel való ellenőrzése.

3.1 A méréshez használt mérőeszközök

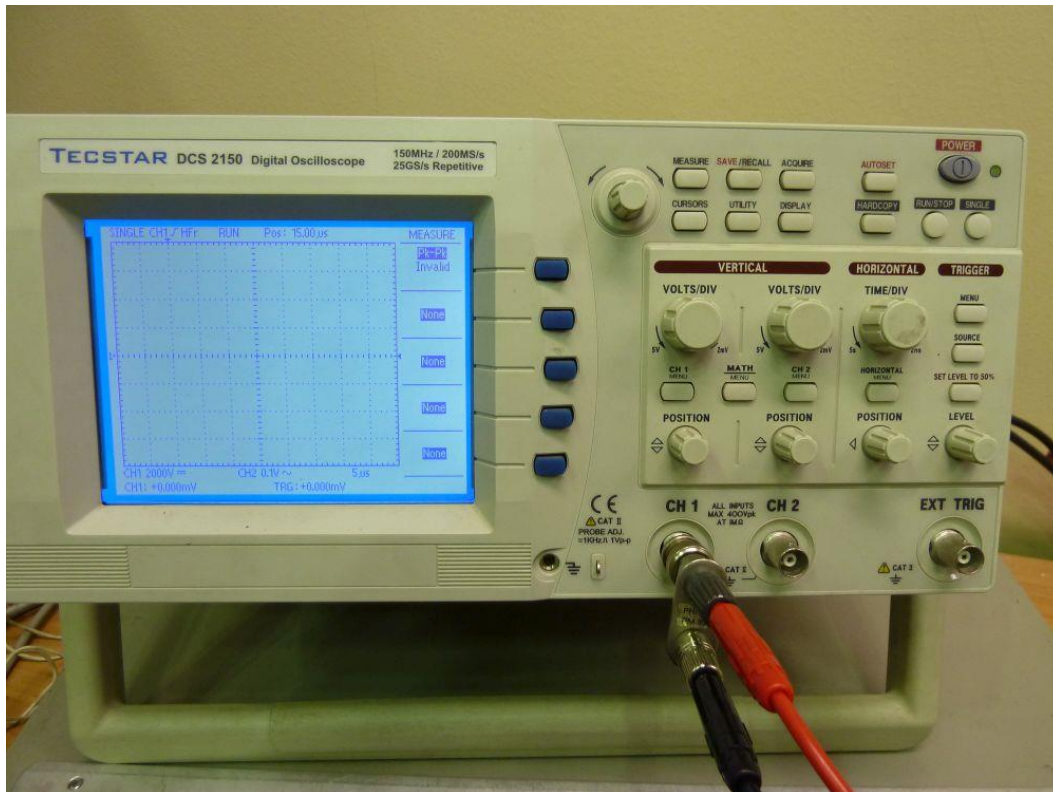
3.1.1 Lökőgenerátor

A méréshez szükséges lökőfeszültséget az ábrán látható Haefely P12 típusú lökésgerjesztővel állítjuk elő. A lökőgenerátor 12 kV csúcstértékű 1,2/50 μ s-os lökőimpulzus előállítására alkalmas.



3.1.2 Oszilloszkóp

A lökésgerjesztővel előállított impulzusokat oszcilloszkóppal vizsgáljuk, amelyre nagyfeszültségű feszültségosztón keresztül kapcsoljuk rá a mérendő jelet.



3.1.3 ISOLAB

A túlfeszültség-védelmi patronokat az OBO gyártmányú ISOLAB műszerrel vizsgáljuk.



3.1.4 Life Control

A mérés- és vezérléstechnikai áramkörök és berendezések védelmére alkalmas túlfeszültség-védelmi eszközöket az OBO gyártmányú Life Control műszerrel vizsgáljuk.



3.2 Vizsgált túlfeszültség-védelmi eszközök

3.2.1 OBO Bettermann MC 50-B VDE



Az eszköz paraméterei:

- Ívkifűvés-mentes szikraköz.
- Névleges feszültség $U_N(50-60\text{Hz})$: 230V
- Levezetőképesség $I_{\text{imp}}(10/350\mu\text{s})$: 50kA
- Névleges levezetőképesség (8/20 μs) I_n : 50kA
- Záratiáram megszakító képesség, csúcs $I_{\text{fi peak}}$: 25kA
- Megszólalási feszültség (védelmi szint) U_p : <2kV

3.2.2 OBO Bettermann V20-C 1+NPE-280 + C25-B+C

- $U_N(50-60\text{Hz})$: (V20C) 280VAC, (C25B+C) 255VAC
- Levezetőképesség $I_{\text{imp}}(10/350\mu\text{s})$: 25 kA
- Névleges levezetőképesség $I_n(8/20 \mu\text{s})$ 20 kA
- Maximális levezetőképesség $I_{\text{max}}(8/20 \mu\text{s})$: 40 kA,
- Megszólalási feszültség (védelmi szint) U_p : <1,3kV

3.2.3 OBO Bettermann V50-B+C 0-280



- Névleges feszültség U_N (50-60Hz): 280VAC
- Levezetőképesség I_{imp} (10/350 μ s): 12,5 kA
- Maximális levezetőképesség I_{max} (8/20 μ s): 50 kA
- Megszólalási feszültség (védelmi szint) U_p : <1,3kV

3.2.4 OBO Bettermann VF230-AC/DC

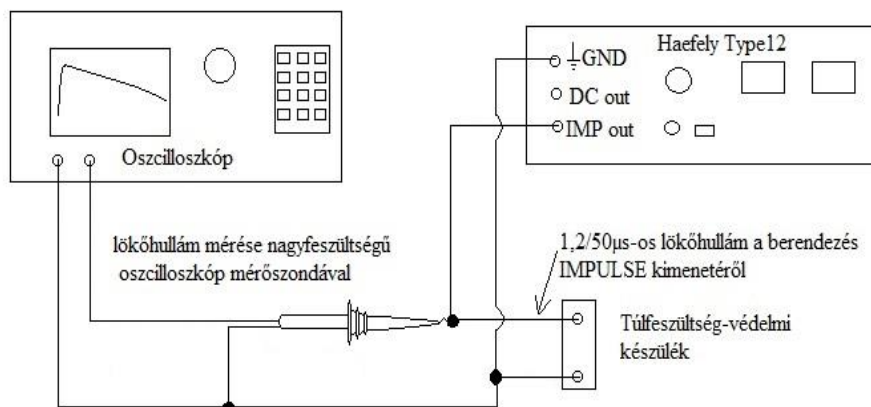


- Névleges feszültség U_N : 230V
- Névleges áram I_L : 20A
- Névleges levezetőképesség I_n (10/350 μ s): 2,5 kA
- Maximális levezetőképesség I_{max} (8/20 μ s): 7 kA
- Megszólalási feszültség (védelmi szint) U_p : <1,0kV

3.3 Mérési feladatok

3.3.1 Túlfeszültség-védelmi eszközök megszólalási feszültségének kimérése

A mérést az ábrán látható mérési elrendezésben kell elvégezni. A lökésgerjesztő által létrehozott, és a vizsgált eszközre kapcsolt lökőimpulzus csúcstértékét addig kell növelni, amíg a védőeszköz működésbe nem lép. Az oszcilloszkópon le kell olvasni azt a csúcstértéket, ahol a működés bekövetkezett. A mérést a mérésvezető által meghatározott számú és típusú túlfeszültség-védelmi eszközön kell elvégezni.



14. ábra: A mérés kapcsolási elrendezése

3.3.2 Túlfeszültség-védelmi eszköz jellemzőinek kimérése ISOLAB műszerrel

A mérést az ISOLAB műszerrel végezzük. A méréshez a kiválasztott védőeszközt be kell helyezni a műszeren lévő foglalatba. Ezután a funkcióválasztó gomb megfelelő pozícióba állítása után a kijelzőről leolvassuk a mért értékeket. A következő adatokat kell feljegyezni:

- a védőeszköz ellenállását
- a jelleggörbe 1 mA-es pontját (U_c)

A mért ellenállásból meg kell határozni a védőeszköz névleges feszültségen folyó szivárgó áramát.

A 1 mA-es áramhoz tartozó leolvasott feszültség alapján az alábbi táblázat segítségével meg kell állapítani a védőeszköz megfelelő működőképességét.

Typ/ Type	U_c	Toleranzbereich/ Tolerance range
V10-C/ V20-C	75V	110V - 130V
	150V	215V - 265V
	280V	385V - 475V
	320V	460V - 560V
	335V	460V - 560V
	385V	560V - 680V
	440V	645V - 785V
V25-B+C/ V50-B+C	550V	820V - 1000V
	150V	215V - 265V
	280V	385V - 475V
	320V	460V - 560V
	385V	560V - 680V

A mérést a mérésvezető által meghatározott számú és típusú túlfeszültség-védelmi eszközön kell elvégezni.

3.3.3 *Túlfeszültség-védelmi eszköz működőképességének ellenőrzése Life Control műszerrel*

A műszer a mérés- és vezérléstechnikai áramkörök és berendezések védelmére alkalmas túlfeszültség-védelmi eszközök ellenőrzésére alkalmas. Az ellenőrzést a kiválasztott védőkészüléknek a műszerhez való csatlakoztatását követően a testgomb megnyomásával tudjuk elvégezni.

A mérést a mérésvezető által meghatározott számú és típusú túlfeszültség-védelmi eszközön kell elvégezni.

4 Ellenőrző kérdések

1. Mit értünk túlfeszültség alatt?
2. Milyen típusú túlfeszültségeket ismer?
3. Milyen eredetűek lehetnek a túlfeszültségek?
4. Mit értünk galvanikus csatolás alatt?
5. Mit értünk induktív csatolás alatt?
6. Mit értünk kapacitív csatolás alatt?
7. Rajzolja fel a berendezéseket érő túlfeszültségek nagyságát az igénybevétel időtartama szerint!
8. Rajzolja fel a szabványos 1,2/50 μ s-os lökőhullám alakját!
9. Rajzolja fel az egyfokozatú lökésgerjesztő kapcsolási rajzát!
10. Ismertesse a lökésgerjesztő működési elvét!
11. Mit értünk zónás túlfeszültség-védelem alatt?
12. Melyek a túlfeszültség-védelmi eszközök legfontosabb jellemzői?
13. Ismertesse a gáztöltésű túlfeszültség-levezető felépítését és karakterisztikáját!
14. Ismertesse a varisztor felépítését és karakterisztikáját!
15. Ismertesse a szupresszor dióda felépítését és karakterisztikáját!
16. Ismertesse a többlépcsős túlfeszültség-védelem felépítését és működését!



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.

5 Fogalmak meghatározása

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

átívelési (átütési) távolság: két, különböző feszűtsűgű rész, vagy egy feszűtsűg 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

feszűtsűg alatti állapot:

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

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

feszűtsűg 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

feszűtsűgmentes állapot:

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

feszűtsűgmentes munkavégzés:

- a munkavégzés az MSZ 1585:2001 szabvány szerint feszültségmentesített 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 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 feszültségmentes állapotának ellenőrzése:** a feszültségmentes 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

közelfítési 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.

6 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.

– 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 megérintható 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!

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