



BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport
Nagyfeszültségű Laboratórium

Elektrotechnika laboratórium

1. mérés

Nagyfeszültségű kisülések vizsgálata

Tartalomjegyzék

Nagyfeszültségű kisülések vizsgálata	1
1. A mérés célja.....	3
2. Rövid elméleti áttekintés.....	3
3. Ellenőrző kérdések	6
A 750 kV-os lökésgerjesztő kezelése.....	7
A 250 kV-os próbatranszformátor kezelése	10
A Nagyfeszültségű Laboratórium működési rendje.....	12

1. A mérés célja

Atmoszférikus levegőben kialakuló kisülés kialakulási feltételeinek vizsgálata. Az átütési feszültség meghatározása különböző elektródelrendezések esetén, nagy váltakozó feszültség és nagyfeszültségű impulzus alkalmazásakor.

2. Rövid elméleti áttekintés

A nagyfeszültségű technika egyik legfontosabb szigetelőanyaga az atmoszférikus levegő. (Gondoljunk a nagyfeszültségű távvezetésekre vagy a szabadtéri alállomásokra.)



1. ábra Nagyfeszültségű alállomás és távvezeték

Mint minden szigetelőanyag, így a levegő is csak bizonyos villamos igénybevételt visel el, vagyis van egy olyan kritikus térerősség érték, amely felett elveszti szigetelőképességét, „átüt”. Ezt a kritikus *térerősséget* nevezzük *villamos szilárdságnak*.

A gyakorlatban a levegő, mint szigetelőanyag, eltérő potenciálú elektródok között helyezkedik el. Azt a feszültséget, amelyet az elektródok közé kapcsolva a levegő elveszti szigetelőképességét, átütési feszültségnek nevezzük. Homogén erőterben adott elektródtávolság (d) mellett az átütési feszültség (U_i) és a villamos szilárdság (E_{sz}) között az

$$U_i = E_{sz}d \quad (1)$$

egyszerű összefüggés áll fenn. Enyhén inhomogén erőterek esetén, bár a térerősség nagysága a levegő különböző pontján más és más, a legnagyobb E_{max} és a legkisebb E_{min} térerősség aránya (E_{max}/E_{min}) alig haladja meg az 1-et, így (1) összefüggés jó közelítést ad. Erősen inhomogén erőterekben, ahol E_{max}/E_{min} a 10-es értéket is meghaladja, (1) már nem alkalmazható. Erősen inhomogén erőterek esetén egy bizonyos feszültség szint elérésekor a nagy térerősségű helyeken a levegő már elveszíti szigetelőképességét (ún. koronakisülés alakul ki), noha a teljes elektródközben még nem jön létre átütés.

A villamos szilárdság meghatározásakor az elektródok közötti feszültséget folyamatosan növeljük, amíg az átütés be nem következik. A nagy térerősség hatására felgyorsuló elektronok ugyanis *ütközési ionozás* útján újabb és újabb töltéshordozókat hoznak létre, így alakul ki az ún. *elektronlavina*. Az elektronlavina megindulásának alapfeltétele egy ún. *startelektron* keletkezése, amit fotoionozás, kozmikus háttérsugárzás stb. hozhat létre. Az ütközési ionozás hatásosságát döntően befolyásolja az elektronok átlagos szabad úthossza, vagyis az a távolság, amelyen a villamos térerősség az elektront gyorsítja, neki mozgási energiát ad. Az ütközés pillanatában akkor keletkezhet új töltéshordozó, ha az elektron mozgási energiája már meghaladja az adott molekula ionizációs energiáját. Az elektronlavinából alakul ki a halvány fényszálakat formáló pamatos kisülés, majd ha a pamatok árama meghalad egy kritikus értéket (hőionozási határáram), a kisülés jellege megváltozik, a töltéshordozók létrehozásában már a hőionozás is részt vesz és kialakul az átütési csatorna. A teljes átütési folyamatot tehát az határozza meg, hogy van-e startelektron, majd ezt követően a különböző ionozási folyamatok képesek-e hirtelen nagy mennyiségű töltéshordozó létrehozására.

Az átütést követően - elegendően nagy tápteljesítmény esetén - villamos ív jön létre, amelyet jó vezetőképesség és nagy áram jellemez, a töltéshordozók pedig az ívcsatornában *hő ill. fotoionozás* révén jönnek létre. Ilyenkor az elektródokra kapcsolt nagyfeszültségű próbatranszformátor feszültsége az ív hatására hirtelen lecsökken.

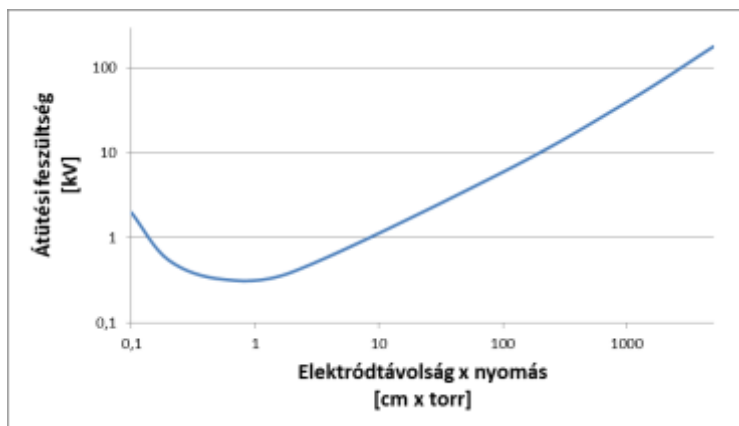
A villamos szilárdság értékét több tényező befolyásolja. Ezek az alábbiak:

- az alkalmazott feszültség fajtája (egyen-, váltakozó- vagy lököfeszültség /feszültség impulzus/)
- a levegő nyomása, hőmérséklete, páratartalma.
- az elektródok távolsága
- az elektródok alakja
- az elektródok polaritása
- az igénybevétel időtartama (ill. a feszültségváltozás sebessége)

A feszültség fajtája és a feszültségváltozás sebessége azért befolyásolja a villamos szilárdság értékét, mert az átütési csatorna kialakulásához szükség van bizonyos időre (ún. *átütés késés*). Ennek a késleltetésnek két összetevője van: a startelektron létrejöttéhez szükséges idő (várakozási idő) és az ebből kiinduló, az átütési csatornát létre hozó folyamatok kifejlődéséhez szükséges idő (kialakulási idő). Ha tehát egy gyors felfutási meredekségű impulzust alkalmazunk, ahol rövid idő alatt nagymértékben változik a feszültség, nagyobb villamos szilárdság értéket fogunk kapni, mert az átütés késés alatt tovább tud növekedni a feszültség, mint lassú feszültségnövelés esetén.

A nyomás és elektródtávolság hatását az ún. *Paschen-törvény* (2. ábra) írja le, amelynek érdekessége, hogy adott elektródelrendezés esetén van egy olyan nyomásérték, ahol az átütési feszültség minimális (levegőre 327 V), ettől kisebb és nagyobb értékek esetén az átütési feszültség nő. Tehát normál levegőben e minimális értéknél kisebb feszültségen nem jön létre átütés, akármilyen kicsi az elektródtávolság. Ennek magyarázata, hogy nagyon kicsi elektródtávolság vagy nagyon ritka gáz esetén nem jön létre elegendő számú ütközés, ami az elektronok számának növekedését eredményezhetné. A Paschen-görbe függőleges tengelyén az *átütési feszültség* (U_a), vízszintes tengelyén a *nyomás és az elektródtávolság szorzata* ($p \cdot a$) van. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a nyomást és

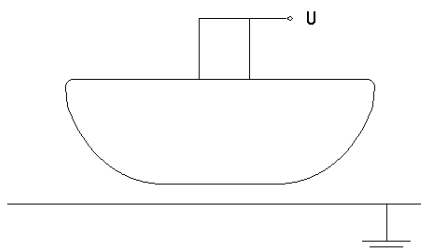
az elektródtávolságot fordított arányban változtatva azonos görbét kapunk. A nyomás és a hőmérséklet egymással szintén összefügg, mindkettő az elektronok átlagos szabad úthosszának változása révén fejt ki hatását. Állandó nyomáson a hőmérsékletet növelve nő az átlagos szabad¹ úthossz, ezáltal az ionozás hatásossága, így az átütési feszültség csökken. A páratartalom növekedése ugyanakkor az ionozás hatásosságát rontja, ezért a villamos szilárdságot növeli!



2. ábra Paschen-görbe levegőre

Adott alakú elektródok esetén az elektródköz növelésével az átütési feszültség nő, a villamos szilárdság viszont csökken. Ez szintén leolvasható a Paschen-görbe emelkedő szakaszáról: azonos nyomáson kétszeres elektródtávolsághoz kétszeresnél kisebb átütő feszültség tartozik, tehát az (1) képletet alkalmazva kisebb villamos szilárdság adódik.

Homogén térerősséget elvben két, végtelen hosszú sík lemez között hozhatunk létre. Véges kiterjedésű párhuzamos lemezek esetén azonban a lemezek széleinél a térerősség megnövekszik. Emiatt a 3. ábra szerinti, ún. Rogowski-elektrodát használjuk, ami biztosítja a fenti hatás kiküszöbölését. Enyhén inhomogén erőteret gömb-sík v. gömb-gömb elrendezés esetén kaphatunk, míg erősen inhomogén erőteret csúcs-sík elrendezés esetén alakíthatunk ki.

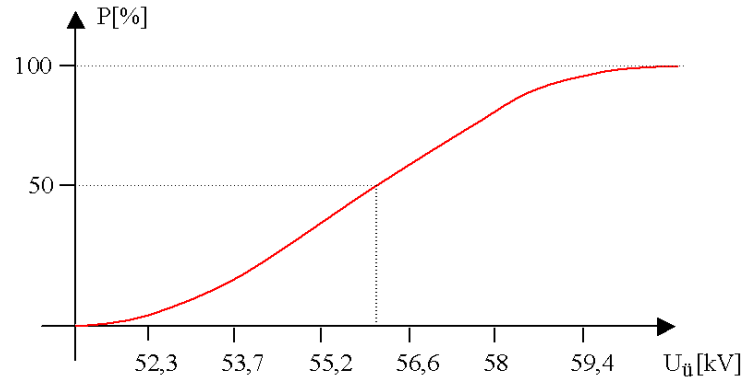


3. ábra Rogowski-elektrod – sík elrendezés

Ha az átütési feszültség meghatározásakor egy adott elektródelrendezésnél egymás után több mérést is elvégezzünk, azt tapasztaljuk, hogy a kapott átütési feszültségértékek egymástól kis mértékben eltérnek. Ezt a tényt statisztikailag úgy kezelhetjük, hogy egy adott feszültségértékhez egy ún. átütési

¹ Látszólag távoli tudományterületek néha meglepő módon tudják egymást előrevinni. Az átlagos szabad úthossz és a Paschen-görbe igen érdekes alkalmazása lehet a jövőben a vákuum csatorna tranzisztor (<http://spectrum.ieee.org/semiconductors/devices/introducing-the-vacuum-transistor-a-device-made-of-nothing>), egy 460 GHz-en működtetett eszköz.

valószínűséget rendelünk, ami megadja, hogy a próbálkozások hány %-ában várható átütés az adott feszültség szintig. Ha a kapott eredményeket a feszültség függvényében ábrázoljuk, a 4. ábra látható ún. „S” görbéhez jutunk. A gyakorlatban általában a 0%, 50% és 100% átütési valószínűséghez tartozó feszültségértéket szokták megadni.



4. ábra: Az S-görbe

A mérés célja az 50%-os átütési valószínűséghez tartozó feszültség- ill. télerősségérték meghatározása lesz, különböző alakú elektródelrendezés esetén.

3. Ellenőrző kérdések

A mérés megkezdésének előfeltétele a laboratórium biztonsági szabályainak ismerete, amiket az útmutató melléklete (A Nagyfeszültségű Laboratórium működési rendje) tartalmaz. Az ebben foglaltakat számon kérő ún. biztonságtechnikai teszt a beugró szerves részét képezi! A mérést megkezdni életvédelmi okokból csak a biztonságtechnikai teszt hibátlan kitöltését követően engedélyezett!

A mérés megkezdéséhez szükséges ismeretanyagra vonatkozó mintakérdések:

Mi a villamos szilárdság?

Mit értünk enyhén és erősen inhomogén villamos erőtér alatt?

Milyen tényezők befolyásolják a villamos szilárdságot?

Hogyan jön létre a villamos átütés levegőben?

Miért alkalmazunk Rogowski-elektrodot?

Mi az „S” görbe és hogyan lehet meghatározni?

Rajzolja fel a Paschen-görbét! Milyen fizikai mennyiségeket jelölnek a tengelyek?

Hogyan keletkeznek töltéshordozók az elektronlavinában és az ívcatornában?

A következő kérdések a biztonságos laboratóriumi munkavégzéshez elengedhetetlen ismeretekre kérdeznek rá, ezek megválaszolása nélkül nem kezdhető meg a laboratóriumi foglalkozás!

- 1. Ismertesse a feszültségmentesítés szabványos lépéseit!**
- 2. Milyen feltételekkel léphet be hallgató a nagyfeszültségű vizsgálótérbe?**

Gondolkodtatónak:

Két, egymással párhuzamos, sík fémlemez közötti potenciálkülönbség 200 V. Milyen közel kell őket tenni egymáshoz, hogy átütés jöjjön létre? (A levegő villamos szilárdságát vegyük 20 kV/cm értékűnek!)

Az Országos Kék Túra útvonalán Úrkút közelében gyalogolva áthaladunk egy 400 kV-os távvezeték alatt. A földtől mintegy 14 méternyire lévő („belógó”) távvezetéken jól hallható koronakisülés jellegzetes hangja. Miért nem alakul át a koronakisülés teljes átütéssé?

Miért nő az átütési szilárdság a páratartalom növelésével

Egy kis segítő videó a felkészüléshez:

<https://www.youtube.com/watch?v=t72CyWj5QBY>

További információk az érdeklődőknek:

<https://www.facebook.com/bme.nfl?fref=ts>

<http://nfl.vet.bme.hu/>

A 750 kV-os lökésgerjesztő kezelése

A lökésgerjesztő berendezés a villámcsapáshoz hasonló impulzus jellegű feszültség előállítására alkalmas berendezés. Működési elve, hogy egyenfeszültségről nagy ellenálláson keresztül feltöltött kondenzátort kapcsolunk hirtelen a mérendő próbatárgyra kis ellenálláson keresztül. A laboratóriumban található berendezés többfokozatú, azaz több kondenzátor töltődik párhuzamosan, melyek az impulzus kialakulásakor sorba kapcsolódnak, tehát feszültségük összeadódik.



5. ábra A 750 kV-os lökésgerjesztő a hozzá tartozó osztóval

A lökésgerjesztő kezelése

A feszültség alá helyezés megkezdésekor (földelés eltávolítása) a mérőtérben a kapcsolást végző személyen kívül nem tartózkodhat senki.

Az első lépés a földelőrúd eltávolítása a 750 kV-os lökésgerjesztő nagyfeszültségű kivezetéséről; *mivel ebben az állapotban a mérőtér már nem tekinthető feszültségmentesnek, azt a lehető legrövidebb és a nagyfeszültségű kivezetéstől legtávolabbi úton kell elhagyni.*

A berendezést tápláló kábelt a mérésvezető helyezi feszültség alá az NFL 0,4 kV-os erőátviteli elosztószekrényében található háromfázisú kismegszakító felkapcsolásával. Ekkortól a pult mellett található visszajelző lámpa sárga színe világít.

A mérőpult a függőleges rész bal oldalán található kulcsos kapcsoló elfordításával helyezhető üzembe; **a kezelőpult veszély esetén a „VÉSZ KI” feliratú gombbal kapcsolható ki azonnal.**



6. ábra A 750 kV-os lökésgerjesztő kezelőpultjának függőleges része

A mérés a pult vízszintes részén található „mérés indítás” gomb négy másodperces nyomva tartásával indítható.



7. ábra A 750 kV-os lökésgerjesztő kezelőpultjának vízszintes része

Az impulzusok elindításához a töltőfeszültséget kell addig emelni, amíg az impulzusok meg nem jelennek. A kimenő impulzus feszültségét a gömbtávolság növelésével, míg gyakoriságát a töltőfeszültség állításával szabályozhatjuk.

A mérés leállításához először szabályozzuk le a töltőfeszültséget a töltőfeszültség csökkentés gomb megnyomásával, majd a leszabályozás befejeztével a mérés leállítás gomb megnyomásával választható le a tápforrás. Ezzel az automata földelőszakaszoló földeli és rövidre zárja a lökésgerjesztő kondenzátorait.

A 250 kV-os próbatranszformátor kezelése

A 250 kV-os próbatranszformátor egyfázisú, szinuszos, ipari frekvenciás (50 Hz) nagy váltakozófeszültség előállítására alkalmas berendezés. Mivel próbatranszformátor, károsodás nélkül el tudja viselni a nagyfeszültségű kapcsán keletkező zárlatokat. Ugyanakkor ez a zárlati áram a valós, energiaátviteli hálózatokhoz képest igen kicsiny, ennek megfelelően a próbatranszformátorok csak a nagy villamos térerősségek és az átütéshez vezető folyamatok vizsgálatára alkalmasak, az átütést követően bekövetkező hatások elemzésére viszont alkalmatlanok.



8. ábra A 250 kV-os próbatranszformátor

A próbatranszformátor kezelése

A feszültség alá helyezés megkezdésekor (földelés eltávolítása) a mérőtérben a kapcsolást végző személyen kívül nem tartózkodhat senki.

Az első lépés a földelőrúd eltávolítása a 250 kV-os transzformátor nagyfeszültségű kivezetéséről; *mivel ebben az állapotban a mérőtér már nem tekinthető feszültségmentesnek, azt a lehető legrövidebb és a nagyfeszültségű kivezetéstől legtávolabbi úton kell elhagyni.*

A földelőrudat a mérőtérben elhelyezett „250 kV földelés” feliratú tárolóhelyen kell elhelyezni. A transzformátor bekapcsolása ehhez a művelethez reteszelt.

A mérőtér elhagyása után annak ajtaját be kell zárni, a bekapcsolás ehhez is reteszelt.



9. ábra A 200/250 kV-os transzformátorok kezelőpultja

A kezelőpult üzembe helyezése a kulcsos kapcsoló elfordításával történik; a **kezelőpult veszély** esetén a „**VÉSZ KI**” feliratú gombokkal kapcsolható ki azonnal.

A védelmek aktiválása a „**DST**” feliratú nyomógomb használatával végezhető el; a **reteszlánc** ettől a lépéstől kezdődően ép.



10. ábra A 250 kV-os transzformátor kezelőpultjának részlete

A gerjesztés, majd a nagyfeszültség bekapcsolása a „**Gerjesztés be**”, ill. „**Nagyfeszültség be**” nyomógombok használatával végezhető el. Ezt követően a kívánt feszültség a felszabályozás és leszabályozás gombokkal állítható be.

A transzformátor kikapcsolásához először szabályozzuk le a feszültséget, amíg az alsó végállás lámpa kigyullad. Ezt követően a NAF ki és a gerjesztés ki gombokkal válasszuk le a transzformátort a tápforrásról, majd végezzük el a feszültségmenetesítés további lépéseit.



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: 05

Jóváhagyta és kiadta: Dr. Berta István csoportvezető

Kelt: Budapest, 2017. január 30.

1. FOGALMAK MEGHATÁROZÁSA

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

átívelési (átütési) távolság: két, különböző potenciálú rész, vagy egy feszültség alatt álló és egy földelt rész közötti azon legkisebb távolság, amely szükséges ahhoz, hogy ne következzen 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

feszültség alatti állapot:

fizikailag: az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor az a villamos energia tápforrásával vezetői kapcsolatban áll, vagy feszültség alatti üzemi villamos berendezéssel indukzív és/vagy kapacitív csatolásban van, és rajta a földhöz képest villamos feszültség mérhető

jogilag: az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor nem teljesülnek rajta maradéktalanul a feszültségmentesítés szabványos feltételei

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

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

feszültségmentes állapot:

fizikailag: az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor a földhöz képesti villamos feszültsége nulla vagy közel nulla

jogilag: az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor vezetői kapcsolata minden villamosenergia-tápforrással meg van szakítva, és maradéktalanul teljesülnek rajta a feszültségmentesítés szabványos feltételei

feszültségmentes munkavégzés:

- a munkavégzés az MSZ 1585:2016 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 megbízha-

tóan meg van akadályozva, a munkavégzés a feszültség alatt álló berendezés közelítési övezetétől olyan távolságra zajlik, hogy az abba való behatolás kizárt.

feszültségmentesítés: az MSZ 1585:2016 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 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 feszültségkémlő eszközök és/vagy különálló kémlő 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

hallgató: a BME bármely karának bármely szakára beiratkozott és ott ténylegesen tanulmányokat folytató, valamint a BME VIK által szervezett doktori (PhD) képzésben, illetve az MTI felnőttképzésében részt vevő személy. A Nagyfeszültségű Laboratórium működése szempontjából a hallgatók alábbi csoportjait különböztetjük meg:

– **Az NFL-ben kutatási munkát nem végző hallgató:**

➤ *tantervi tantárgy oktatásának keretében hallgatói mérésen részt vevő hallgató*

- *MTI-hallgató:* az a hallgató, aki a Mérnöktovábbképző Intézet által szervezett tanfolyamon az NFCS által oktatott olyan tantárgyat tanul, amelynek keretében az NFL-ben kell mérésen résztvennie.
- **Az NFL-ben kutatási munkát végző hallgató:**
 - *önálló laboratóriumos (önálló laborozó) hallgató:* az a hallgató, aki a tantervben szereplő „Önálló laboratórium” című gyakorlati tantárgyat az NFCS-nél veszi fel,
 - *TDK-zó hallgató:* az a hallgató, aki tudományos diákköri kutatómunkáját az NFCS-nél végzi,
 - *szakdolgozat készítő hallgató:* az a hallgató, aki a „Szakdolgozat” című tantárgyat az NFCS-nél veszi fel,
 - *diplomatervező hallgató:* az a hallgató, aki a „Diplomatervezés” című gyakorlati tantárgyat az NFCS-nél veszi fel,
- PhD hallgató:* az a hallgató, aki a BME VIK által szervezett doktori (PhD) képzésben az NFCS-n folytatja tanulmányait.

Hallgatói mérés: az NFL berendezéseivel végzett olyan művelet(sor), amely a nagyfeszültségen végbemenő jelenségeket mutatja be és teszi tanulmányozhatóvá. Fajtái:

- *Egyszerűsített bemutató mérés:* a hallgatók egy bemutató program alapján a nagyfeszültségen végbemenő jelenségeket közvetlenül és/vagy multimédiás eszközökkel tanulmányozzák; ennek során kizárólag az NFL I. emeleti galériájának kijelölt helyén tartózkodhatnak, és az NFL berendezésein kapcsolási műveletet nem hajthatnak végre.
- *Bemutató mérés:* a hallgatók egy bemutató program alapján a nagyfeszültségen végbemenő jelenségeket közvetlenül és/vagy multimédiás eszközökkel tanulmányozzák; ennek során kizárólag az NFL I. emeleti galériáján és földszinti kezelőfolyosóján tartózkodhatnak, és az NFL berendezésein kapcsolási műveletet nem hajthatnak végre.
- *Egyszerűsített laboratóriumi mérés:* a hallgató(k) egy mérési program alapján a nagyfeszültségen végbemenő jelenségekkel kapcsolatos méréseket végez(nek); ennek során kizárólag az NFL I. emeleti galériáján és földszinti kezelőfolyosóján tartózkodhat(nak), és előre kidolgozott és a mérésvezető által jóváhagyott kapcsolási sorrend alapján az NFL berendezésein kapcsolási művelete(ke)t is végrehajthatnak.
- *Laboratóriumi mérés:* a hallgató(k) egy mérési program alapján a nagyfeszültségen végbemenő jelenségekkel kapcsolatos méréseket végez(nek); ennek során az NFL emeleti galériáján, földszinti kezelőfolyosóján és mérőterének a feszültség alatt álló berendezések közelítési övezetén kívüli részén tartózkodhat(nak), és előre kidolgozott és a mérésvezető által jóváhagyott kapcsolási sorrend alapján az NFL berendezésein kapcsolási művelete(ke)t is végrehajthat(nak).

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 kapcsoló-

készülékkel 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, szerszámaival, védő- vagy segédeszközével, illetve munkagépével ne hatoljon a veszélyes övezetbe

közreműködő: a Nagyfeszültségű Laboratóriumban folyó kutatási-mérési-vizsgálati tevékenységben részt vevő, nem az NFCS állományába tartozó és nem hallgató státuszú személy, aki önálló munkavégzésre nem jogosult

látogató: a Nagyfeszültségű Laboratórium berendezéseit és az ott folyó oktatási, illetve kutatási-mérési-vizsgálati tevékenységet megtekintő, tanulmányozó, nem hallgató státuszú személy, akinek számára az NFCS esetenként kijelölt munkatársa egyszerűsített bemutató mérést vagy bemutató mérést tart(hat)

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

reteszelés: adott kapcsolási, illetve üzemállapotban tiltott kapcsolási vagy egyéb művelet végrehajtását megakadályozó villamos áramkör, (elektro)mechanikai vagy szoftver eszköz. A BME Nagyfeszültségű Laboratóriumában minden főberendezésnél a mérőtérbe vezető ajtó, illetve a földelőrúd kampója reteszelt. Egyes berendezéseknél további reteszelés is lehetséges.

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 (FAM 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. A NAGYFESZÜLTSGŰ LABORATÓRIUMBA VALÓ BELÉPÉS ÉS AZ OTT-TARTÓZKODÁS RENDJE

A Nagyfeszültségű Laboratóriumba az NFCS munkatársai, az oktatási és kutatási-mérési-vizsgálati tevékenységben részt vevő, nem az NFCS állományába tartozó személyek (a közreműködők), látogatók, hatósági ellenőrző személyek és hallgatók a következő táblázat szerint léphetnek be és ott tartózkodhatnak:

	NFL mérőtér	Fsz-i kezelő-folyosó	Emeleti galéria	Darukezelő pult	Szabadtéri alállomás
Az NFCS főberendezés önálló kezelésére feljogosított munkatársai	kn	kn	kn	—	kn
Az NFCS főberendezés önálló kezelésére és darukezelésre feljogosított munkatársai	kn	kn	kn	kn	kn
Az NFCS kezelési feljogosítás nélküli munkatársai	k	kn	kn	—	—
Közreműködők	k	k	k	k	k
Látogatók	—	k	k	—	—
Hatósági ellenőrző személyek	k	k	k	k	k
Kutatási tevékenységet nem végző hallgatók	—	k	k	—	—
Kutatási tevékenységet végző hallgatók	k	kn	kn	—	—
PhD hallgatók	kn	kn	kn	—	k

kn: korlátozás nélkül

k: kísérvél

— : belépés és ott-tartózkodás nincs engedélyezve

NFL mérőtérén az éppen feszültség alatt álló főberendezések közelítési övezetén kívüli térrész értendő, amelyben nem áll fenn az ott tartózkodót érő villamos átütés-átívelés veszélye.

3. A NAGYFESZÜLTSGŰ LABORATÓRIUM FŐBERENDEZÉSEINEK KEZELÉSE

A Nagyfeszültségű Laboratórium főberendezéseit a következő táblázat szerint önállóan kezelhetik azok a személyek, akik számára a Nagyfeszültségű Laboratóriumba való belépés és az ott-tartózkodás az 5.5 pont táblázata szerint van engedélyezve:

Dátum: 2017. 01. 30.

Változat: 05

Oldalszám: 7/9

	10 és 6 kV-os kapcsolóberendezés	600 kV-os próbatranszformátor (jelenleg 550 kV)	200 kV-os próbatranszformátor	250 kV-os próbatranszformátor	1 MV-os lökőgenerátor	750 kV-os lökőgenerátor
Az NFCS főberendezés (beleértve a 10 és 6 kV-os kapcsolóberendezést is) önálló kezelésére feljogosított munkatársai	kn	kn	kn	kn	kn	kn
Az NFCS főberendezés önálló kezelésére feljogosított munkatársai	–	kn	kn	kn	kn	kn
Az NFCS kezelési feljogosítás nélküli munkatársai	–	k	k	k	k	k
Közreműködők	–	–	–	–	–	–
Látogatók	–	–	–	–	–	–
Hatósági ellenőrző személyek	–	–	–	–	–	–
Kutatási tevékenységet nem végző hallgatók	–	–	k	k	–	k
Kutatási tevékenységet végző hallgatók	–	k	k	k	k	k
PhD hallgatók	–	kn	kn	kn	kn	kn
Szakmai képzésben résztvevő	–	–	–	–	–	–

kn: korlátozás nélkül

k: kísérvél

– : az adott főberendezés kezelése nincs engedélyezve

Külön kiemelendők azonban a következő műveletek:

- **Tilos a feszültségforrás nagyfeszültségű kapcsának földelését megszüntetni mindaddig, míg a próbaáramkör (a kísérleti eszköz, illetve a próbatárgy, a nagyfeszültségű hozzávezetés és a földelő elvezetés) nincs véglegesen és szilárdan, nem kívánt átütéstől-átíveléstől mentesen összerakva.**
- **Tilos a kísérlet-mérés-vizsgálat befejezése és a feszültségforrás nulla kimenő nagyfeszültségre való leszabályozása után a feszültségforrás nagyfeszültségű pontját és a próbaáramkört a veszélyes közelségen belül megközelíteni mindaddig, míg az újbóli feszültség alá kerülés (fölszabályozás) nincs megakadályozva, és nem történt meg a feszültségforrás és a próbaáramkör kisütése, majd földelése-rövidrezárása. Különösen ügyelni kell a nagykapacitású elemek kisütésekor fellépő fény- és hangjelenségre.**

4. TOVÁBBI SZABÁLYOK A NAGYFESZÜLTSGŰ LABORATÓRIUMBAN

- **A Nagyfeszültségű Laboratóriumban csak az a személy dolgozhat, aki 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 vizsgálótérbe csak annak feszültségmentesített állapotában szabad bemenni a mérésvezető engedélyével és kíséretében.**
- **A nagyfeszültséget csak akkor szabad bekapcsolni, ha a vizsgálótérben 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 vizsgálótérben 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!

Dátum: 2017. 01. 30.

Változat: 05

Oldalszám: 9/9

- A Laboratóriumba belépni csak zárt ruházatban és zárt, lapos talpú lábbeliben engedélyezett.
- Beültetett szívritmus szabályozó (pacemaker), nagyothalló készülékkel, inzulinadagolóval stb. a Laboratóriumba belépni tilos.