

Elektrotechnika – laboratóriumi mérések

1.mérés: Nagyfeszültségű kisülések vizsgálata

ellenőrző kérdések

Mi az a villamos szilárdság?

A nagyfeszültségű technikában a leggyakrabban alkalmazott **szigetelőanyag az atmoszférikus levegő**. Ez a többi szigetelőkhöz hasonlóan meghatározott villamos igénybevételt visel el. Egy bizonyos térerősség (kritikus térerősség) **elveszíti a szigetelőképességét**; ennek neve a villamos szilárdság:

$$U_{\bar{u}} = E_{sz} * d$$

Mit értünk enyhén és erősen inhomogén villamos erőtér alatt?

Enyhén inhomogén villamos erőtérben a maximális (E_{max}) és minimális (E_{min}) térerősség aránya az 1 közelében van, alig haladja meg azt. Nagyobb eltérés esetén (pl. $E_{max}/E_{min} >= 10$) már **erősen inhomogén erőtérrel** beszélhetünk. Enyhén inhomogén tér esetében alkalmazható a villamos szilárdság-elektrodtávolság-átütési feszültség közötti összefüggés: $U_{\bar{u}} = E_{sz} * d$. Ezzel ellentétben erősen inhomogén villamos térben nem használható jól ez az összefüggés; bizonyos feszültség mellett a nagy térerősségű helyeken elveszíti a szigetelő a szigetelőképességét, így habár a teljes elektród közelében nem jön létre átütés, úgynevezett **koronakisülés** alakul ki.

Milyen tényezők befolyásolják a villamos szilárdságot?

- **az alkalmazott feszültség fajtája** (egyen-, váltakozó- vagy lökőfeszültség /feszimpulzus), a **feszültségváltozás sebessége**: az átütési csatorna létrejöttéhez bizonyos időre - **átütés késés** - van szükség. Ennek a késleltetésnek két összetevője a **várakozási idő** a **startelektron** létrejöttére és a **kialakulási idő** az átütési csatornát létrehozó folyamatokat illetően. Tehát gyors meredekségű impulzusnál - rövid idő alatt nagy feszültségváltozás - nagyobb villamos szilárdsághoz jutunk, mert az átütés késés alatt tovább tud növekedni a feszültség, mint lassú feszültségnövelés során.
- **a levegő nyomása, hőmérséklete, páratartalma**: a nyomás és a hőmérséklet egymással összefügg, hatásukat az elektronok szabad úthosszának változásán keresztül fejtik ki. Állandó nyomás mellett a hőmérséklet növekedésével nő az átlagos szabad úthossz, emiatt hatásosabb lesz az ionozás, így pedig csökken az átütési feszültség. A páratartalom növekedése ezzel ellentétben az ionozás hatásosságát rontva növeli a villamos szilárdságot.
- **az elektródok távolsága** (lásd: $U_{\bar{u}} = E_{sz} * d$)
- **az elektródok alakja** (lásd: Rogoswki-elektrod)
- **az elektródok polaritása**
- **az igénybevétel időtartama**

Hogyan jön létre a villamos átütés a levegőben?

A levegőben lévő elektródok között addig növeljük a feszültséget, amíg nem következik be az átütés. A nagy térerősségben gyorsulnak az elektronok, **ütközési ionozás** során pedig új töltéshordozókat hoznak létre - így alakul ki az **elektronlavina**. Az elektronlavina megindulásának feltétele egy **startelektron**, amely fotoionozás vagy pl. kozmikus háttérsugárzás által jöhet létre. Az ütközési ionozás sikeressége nagyban függ az **elektronok átlagos szabad úthosszától**: ez az a távolság, amely a villamos térerősségben gyorsítja az elektront, és mozgási energiát ad neki. Ütközéskor akkor keletkezhet új töltéshordozó, ha az elektron mozgási energiája már meghaladja a leütközött molekula ionizációs energiáját. Az elektronlavinából halvány fényszálformájú **pamatos kisülések** jönnek létre. Ha ezen pamatok árama meghalad egy kritikus értéket - a **hőionozási határáramot** -, akkor megváltozik a kisülés jellege. A töltéshordozók létrehozásában már a hőionozás is részt vesz, illetve kialakul az **átütési csatorna**. A teljes átütési folyamatot meghatározza a startelektron megléte, majd az ionozási folyamatok hirtelen nagy mennyiségű töltéshordozókat létrehozó képessége. Elegendően nagy tápteljesítmény esetén létrejön a **villamos ív**, melyet jó vezetőképesség, nagy áram jellemez, és a töltéshordozók hő-, illetve fotoionozás révén jönnek létre az ívcsatornában. Ekkor az ív hatására hirtelen lecsökken az elektródokra kapcsolt nagyfeszültségű próbatranszformátor feszültsége.

Miért alkalmazunk Rogowski-elektrodát?

Homogén télerősség csak elméletileg - két végtelen hosszú síklemez között - hozhatunk létre, de a gyakorlatban a véges kiterjedésű párhuzamos lemezek esetén a lemezek szélén megnövekszik a télerősség - ezt küszöböli ki a **Rogowski-elektrod**. Enyhén inhomogén villamos erőteret hoz létre a gömb-sík vagy gömb-gömb elrendezés, csúcs-sík elrendezéssel pedig erősen inhomogén erőteret hozunk.

Mi az az S görbe, és hogyan lehet meghatározni?

Ha az átütési feszültséget vizsgáljuk, akkor megfigyelhető, hogy adott elektrodarendezés mellett a kapott feszültségértékek kis mértékben eltérnek egymástól több mérés esetén. Ezt **statisztikailag** kezeljük, még hozzá úgy, hogy adott feszültségértékhez átütési **valószínűséget** rendelünk: ez megadja, hogy az adott feszültségig mellett az esetek hány százalékában várható átütés. Ezeket az eredményeket a feszültség függvényében ábrázolva S görbéhez jutunk - gyakorlatban a 0,50 és 100%-hoz tartozó értékeket szokás megadni.

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

A nyomás és elektrodávolság villamos szilárdságra gyakorolt hatását jellemzi a **Paschen-görbe**: egy adott elektrodarendezés esetén egy bizonyos nyomásérték mellett van egy **minimális átütési feszültség** (levegőre 327V), ettől viszont kisebb és nagyobb nyomásérték esetén az átütési feszültség nő. A görbe függőleges tengelyén az átütési feszültség (U_{ii}), vízszintes tengelyén pedig a nyomás és elektrodávolság szorzata ($p \cdot a$) szerepel - tehát a nyomást és az elektrodávolságot fordított arányban változtatva azonos görbéhez jutunk.

Hogyan keletkeznek töltéshordozók az elektronlavinában és az ívcatornában? (lásd:

Hogyan jön létre villamos átütés a levegőben?)

A nagy télerősségben gyorsulnak az elektronok, **ütközési ionozás** során pedig új töltéshordozókat hoznak létre - így alakul ki az **elektronlavina**. Elegendően nagy tápteljesítmény esetén létrejön a **villamos ív**, melyet jó vezetőképesség, nagy áram jellemez, és a töltéshordozók hő-, illetve **fotioionozás** révén jönnek létre az ívcatornában. Ekkor az ív hatására hirtelen lecsökken az elektrodokra kapcsolt nagyfeszültségű próbatranszformátor feszültsége.

biztonságtechnikai kérdések

Mi az a feszültségmentes állapot?

fizikailag: az üzemi villamos berendezés olyan állapota, amikor a földhöz képesti villamos potenciálja zérus vagy közel zérus.

jogilag: az üzemi villamos berendezés olyan állapota, amikor a vezetői kapcsolat minden villamosenergia-tápporrással meg van szakítva, és maradéktalanul teljesülnek rajta a feszültségmentesítés szabványos feltételei.

Mi az a feszültség nélküli állapot?

az üzemi villamos berendezésnek az az állapota, amikor vezetői kapcsolata minden villamosenergia-tápporrással 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.

Mi az a feszültségmentesítés?

Az a folyamat, melynek során a feszültség alatt álló üzemi villamos berendezést olyan állapotba hozzák, hogy rajta (annak érintésével, közelében – azaz veszélyes övezetében) a **villamos áramütés veszélye nélkül** biztonságosan lehet munkát végezni. A folyamat öt egymás után következő szabványos lépésből áll.

Mik a feszültségmentesítés szabványos lépései?

1. **teljes leválasztás:** a villamos berendezés azon részét, amelyen a munka folyik, le kell választani az összes tápforrásról.
2. **biztosítás visszakapcsolás ellen:** a villamos berendezések munkavégzés céljából történő leválasztására használt összes kapcsolót biztosítani kell visszakapcsolás ellen az azt működtető folyamat reteszelésével. Távműködtetésű kapcsolóeszközök esetén helyi eszközökkel kell megakadályozni az visszakapcsolást. Fontos, hogy a leválasztásnál használt jelző- és reteszelőrendszernek megbízhatónak kell lennie.
3. **a villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzése:** a villamos berendezés minden pólusán ellenőrizni kell a feszültség nélküli állapotot a munkavégzés helyén vagy annak közelében. Az ellenőrzésbe beletartozik a szerkezetbe épített vagy különálló kémlelőeszközök használata.
4. **földelés és rövidre zárás:** minden nagy- és meghatározott kisfeszültségű villamos berendezésnél a munkavégzés helyén minden olyan részt, ahol munka folyik le kell földelni és rövidre kell zárni. A földelő és rövidre záró eszközöket először a földponthoz kell csatlakoztatni, majd csak ezután a földelendő alkatrészhez. A használt eszközöknek a munkavégzés helyéről jól láthatónak kell lenniük.
5. **a közeli, feszültség alatt álló részek elleni védelem:** a feszültségmentesített részt úgy kell körülhatárolni, hogy még a határvonal érintése sem lehessen feszültség alatti tevékenységnek tekinthető.

A Nagyfeszültségű Laboratóriumban a kutatást nem végző hallgatókra a következő belépési szabályok vonatkoznak:

- a mérőterbe be nem léphetnek
- a feszültségi kezelőfolyosón kísérettel tartózkodhatnak
- az emeleti galérián kísérettel tartózkodhatnak
- a darukezelő pultba be nem léphetnek
- a szabadtéri alállomásra be nem léphetnek

A Nagyfeszültségű Laboratóriumban a kutatást nem végző hallgatókra a következő használati szabályok vonatkoznak:

- 10 és 6kV-os kapcsolóberendezés kezelése nem engedélyezett
- 600kV-os próbatranszformátor kezelése nem engedélyezett
- a 200kV-os próbatranszformátor kezelése kísérethez kötött
- a 250kV-os próbatranszformátor kezelése kísérethez kötött
- az 1MV-os lökőgenerátor kezelése nem engedélyezett
- a 750kV-os lökőgenerátor kezelése kísérethez kötött

Tilos a feszültségforrás nagyfeszültségű kapcsának földelését megszüntetni mindaddig, míg a próbaáramkör 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 újbóli feszültség alá kerülés (fölszabályozás) nincs megakadályozva, és nem történt meg a feszültségforrás és a próbaáramkör kisütése, majd földelése, rövidre zárása. Különösen ügyelni kell a nagykapacitású elemek kisütésekor fellépő fény- és hangjelenségekre.

Mi a laboratóriumi mérés?

A hallgató(k) egy mérési program alapján a nagyfeszültségen vég-bemenő 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 berendezéseinek kapcsolási művelete(ke)t is végrehajthat(nak).