

Nagyfeszültségű szigetelők ivállósági vizsgálatának új módszere

Dr. BÀN GÁBOR — KARSA BOTOND — KERTÉSZ VIKTOR — MIHÁLKOVICS TIBOR, Budapest*

DK 621.315.62.027.3.001.4

A nagyfeszültségű szigetelőkön bekövetkező zárlatokból eredő üzemzavarok súlyosságát jelentősen növelheti a szigetelőknek a zárlati ív által kiváltott sérülése. A szabadvezeték szigetelők sérülés nélküli átívelése gyakran nem is jár üzemzavarral, mert a zárlatot a visszakapcsoló automatika tisztázza. A szigetelő megsérülése esetén azonban szükségessé válhat a szigetelőcsere, amely a sérült szigetelő helyének felderítésével együtt a vezeték tartós kiesését jelenti. Súlyosabb szigetelősérülés a szabadvezeték, vagy gyújtósín leszakadására vezethet, vagy fontos készülékek tartós üzemképtelenségét okozhatja.

Az átívelésekből eredő szigetelősérülések megelőzésének egyik módja az átívelés valószínűségének csökkentése, ami a túlfeszültségek kellő mértékű korlátozásával, illetve a szigetelők megfelelő megválasztásával érhető el. A másik módszer a szigetelőkön kialakult ív roncsoló hatásának mérséklése, ami részben a zárlati lekapcsolási idő kellően kis értékre való választása útján, részben pedig megfelelően kialakított ívterelő szerelvények alkalmazásával lehetséges. Az ilyen szempontból megengedhető maximális zárlati lekapcsolási idő, illetve az optimális ívterelő szerelvény meghatározására zárlati laboratóriumokban ivállósági vizsgálatokat végeznek a szigetelőkön. Jelen cikk a szigetelők ivállósági vizsgálatának a Villamosenergiapari Kutató Intézetben kidolgozott új módszeréről számol be.

1. Célkitűzések

A laboratóriumi próbamódszerek kialakításának egyik fő szempontja abban áll, hogy a próba a lehetőség szerint egyszerű és jól reprodukálható legyen. További fontos szempont, hogy a próba képezze le a valóságban előforduló, veszélyes igénybevételeket. Fenti két szempont gyakran ellentétes követelményeket jelent a próbamódszerrel szemben. Ez az eset áll fenn a szigetelők ivállósági próbájánál is. A valóságban a szigetelőátívelés az esetek legtöbbszörben túlfeszültség hullám, vagy a szigetelők felületi szennyeződésének hatására következik be. Az ivkialakulás laboratóriumi reprodukálása vizsgálat-technikai nehézségeket okoz, ezért a szigetelők ivállósági vizsgálatánál a zárlati ívet általában a szigetelőfelületen végigfektetett, kiskeresztmet-

szetű fémszál segítségével hozzák létre: a feszültségnek a szigetelőre való kapcsolását követően a fémszál elég, s helyén zárlati ív alakul ki. Ez a módszer lehetővé teszi, hogy az ivállósági vizsgálatot a szigetelő üzemi feszültségénél lényegesen kisebb feszültséggel végezzék, ami a vizsgálathoz szükséges zárlati teljesítmény nagyságát jelentősen csökkenti.

A fémszállal begyújtott zárlati ívvel végzett ivállósági vizsgálatok eredményeiből csak akkor következtethetünk egyértelműen a szigetelő hálózati megbízhatóságára, ha bizonyított, hogy az ív begyújtásának folyamata nem befolyásolja a szigetelő veszélyes igénybevételét képező zárlati ív elhelyezkedését, illetőleg mozgását, ami determinálja az ív roncsoló hatását. E kérdés a szakirodalomban eddig megjelent publikációk szerint nincs kielégítően tisztázva.

A túlfeszültség hullám, illetve a szennyeződés miatti átívelésből eredő zárlati ívek veszélyesség szempontjából való összehasonlításánál a következőket kell szem előtt tartani:

1. A túlfeszültségek által okozott átívelés általában nem a szigetelőfelülethez simuló ív formájában jön létre, az ív csupán egyes pontokban érinti a szigetelőfelületet. A szennyeződésből eredő átívelés kis, felületi ívek egyesüléséből keletkezik, így nagyobb felületen érintkezik a szigetelővel.

2. A felületi szennyeződés miatti átívelések időszakában valamely szennyezett atmoszférájú környezetben sok szigetelő van veszélyeztetett állapotban. Egyetlen szigetelő átívelése nem szünteti meg a többi szigetelő veszélyeztetett állapotát. A túlfeszültségek időtartama ezzel szemben igen kicsi és a veszélyeztetett szigetelők közül valamelyiknek az átívelése általában megszünteti a többi szigetelő veszélyeztetettségét.

3. A túlfeszültségek okozta szigetelőátívelések túlnyomó részben a vezetékeken következnek be, mert az állomásokat túlfeszültségvédelemmel látják el. A felületi szennyeződés nagyobb mértékben okoz állomási szigetelőkön átívelést, mivel az állomásokban viszonylag kis területen sok szigetelő van felszerelve.

4. Az előbbieket magyarázzák azt az üzemi statisztikából is megállapítható tény, hogy a nagyfeszültségű hálózaton a szigetelősérülések jelentős részét a szennyeződésből eredő átívelések okozzák. Növeli az ilyen eredetű üzemzavarok súlyosságát és gazdasági kihatásait az a körülmény, hogy a felületi szennyeződés veszélye az ipari centrumokban áll fenn, ahol rendszerint a zárlati teljesítmény is nagy, tehát nagyobb az ív roncsoló hatása.

A leírtakból következik, hogy az ivállósági próbáknál elsősorban a szennyeződésből eredő ivkialakulási folyamatot kell imitálni. Ezért munkánk célkitűzése olyan ivállósági próbamódszer kidolgozása

* Dr. BÀN GÁBOR okl. gépészmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa, a Villamosenergiapari Kutató Intézet tudományos tanácsadója, a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosművek Tanszék docense (Budapest XI., Egrý J. u. 18.);

KARSA BOTOND okl. villamosmérnök, tudományos osztályvezető;

KERTÉSZ VIKTOR okl. villamosmérnök, tudományos munkatárs;

MIHÁLKOVICS TIBOR okl. villamosmérnök, tudományos munkatárs; mindhárman a Villamosenergiapari Kutató Intézet dolgozói (Budapest V., Zrínyi u. 1.).

volt, amelynél a szigetelőfelületen a zárlati ívet a valóságghoz hasonlóan felületi részívek gyűjtják be.

A fémszál-begyűjtásos módszernek és a szennyeződés miatti átívelésnek egyenértékűségével a szakirodalomban — tudásunk szerint — csupán [1] foglalkozik. A cikk generátoros próbaállomáson lefolytatott ivállósági vizsgálatokról számol be. A vizsgálatokat fémszálal begyűjtással végezték, a cikk szerzői azonban ellenőrzésképpen szennyeződéses átíveléssel lefolytatott ivállósági próba eredményét is közlik. A szerzők megállapítása szerint a kétféle ívbegyűjtással kapott, a szigetelő sérülés szempontjából kritikus ividő nem különbözik nagy mértékben. Ezért úgy tekintik, hogy a két módszer közül bármelyik alkalmazható, bár megjegyzik, hogy az egyenértékűség vizsgálatára további kutatásokat tartanak szükségesnek.

A további vizsgálatokat indokoltnak láttuk azért is, mert az [1]-ből megállapíthatóan a szennyeződéssel begyűjtött íves vizsgálatok száma igen csekély volt, ami a szóbanforgó, sok véletlenszerűen ható tényező által befolyásolt folyamatnál erősen csökkent a mérési eredmények megbízhatóságának értékét. Hozzájárul ehhez az a körülmény is, hogy összehasonlítási alapul egyedül a szigetelő sérülését tekintették, a sérülés mértékének részletezése nélkül.

2. A próbaáramkör felépítése

A felületi szennyeződésből eredő szigetelőívelések túlnyomó része üzemi feszültségen következik be. Ezért e folyamat laboratóriumi reprodukálásakor a szigetelő átívelését üzemi feszültségen kell előidézni. Ha azonban az átívelés létrejöttét követő, nagy zárlati igénybevételeket is üzemi feszültségű tápáramkörrel állítanánk elő, akkor a próbalehetőségeket a laboratóriumban maximálisan vételezhető zárlati teljesítmény erősen korlátozná. Ez a valószínű magyarázata annak, hogy a már idézett [1] tanulmányban ismertetett próbákat is csak viszonylag kis áramértékekkel és zárlati időtartamokkal (10 kA—60 ms, 3 kA—120 ms, 1 kA—200 ms) végezték, 72 kV-os feszültségen.

A zárlati ív által okozott termikus igénybevétel egyedül az ív áramától függ mindaddig, amíg a tápáramkör feszültsége elegendő nagy ahhoz, hogy biztosítsa az ív stabil égését, illetve az ív árama nem torzul lényegesen a nullaátmenetek környezetében.

Ezt a körülményt a próbaáramkör kialakításánál úgy használtuk ki, hogy a nagyáramú (zárlati) ívet az üzeminél lényegesen kisebb feszültséggel tápláltuk, mivel így a próba zárlati teljesítmény-igénye a tápfeszültségek arányában csökken. A próbaáramkör lényegében szintetikus kör, amelyben a szigetelő átívelését nagyfeszültségű, kis teljesítményű transzformátor idézi elő, a nagyáramú ívet pedig az átívelés bekövetkezése után rákapcsolt, csökkentett feszültségű, nagyteljesítményű zárlati transzformátor tarja fenn. Ez a megoldás a nagyfeszültségű megszakítók bekapcsolóképeségének vizsgálatánál szokásos Skeats-kapcsolás adaptálásának tekinthető.

A valóságos folyamat hű laboratóriumi leképezése a próbaáramkörrel szemben az alábbi követelményeket támasztja:

1. A nagyfeszültségű kört tápláló transzformátor teljesítőképesége elegendő legyen ahhoz, hogy az adott szennyezésnél és üzemi feszültségen elő tudja idézni a szigetelő átívelését.

2. A szigetelő átívelését megelőzően a szigetelőre jutó feszültség ne haladja meg a maximális üzemi feszültséget.

3. A nagyáramú kör feszültsége elég nagy legyen ahhoz, hogy a zárlati áram ne torzuljon számottevően. Ez a követelmény általában kielégíthető, ha a nagyáramú kör üresjárású feszültsége az ívfeszültségnek legalább háromszorosa.

4. A nagyfeszültségű körben létrejött átívelést követően a nagyáramú kör bekapcsolása automatikusan, kellően rövid időn belül következzen be. Ez szigorú követelmény, mert az átívelés pillanata véletlenszerű.

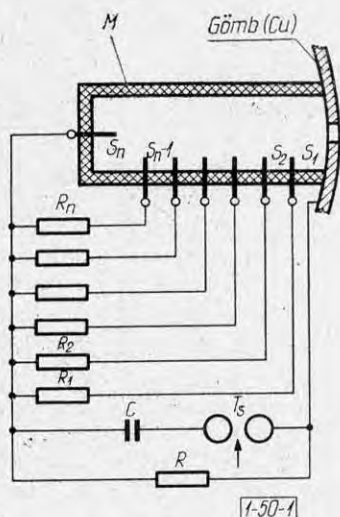
5. A szigetelő átívelésének és a nagyáramú kör rákapcsolódásának pillanata közötti idő olyan rövid legyen, hogy ezalatt ne változzék meg a szigetelőn kialakult ív alakja (talppontjának helye és a szigetelőhöz viszonyított helyzete).

Az 1., 2. és 3. követelmény kielégítése a próbakör paramétereinek megfelelő megválasztásával érhető el. A 4. és 5. követelmény kizárja azt a lehetőséget, hogy a nagyáramú kör rákapcsolását mechanikus kapcsolóberendezéssel végezzük. A mechanikus kapcsoló működési ideje több félperiódust tesz ki, amely idő alatt a kisáramú ív feltétlenül megváltoztatná elhelyezkedését a szigetelőn. Az egyetlen kínálkozó megoldás kis önidejű, vezérelt szikraköz alkalmazása.

A nagyfeszültségű és nagyteljesítményű technikában alkalmazott vezérelt szikraközök (trigatronok) háromelektrodos elrendezések, amelyeknek segédelektrodja az egyik főelektrod közelében — vagy a főelektrodok között — helyezkedik el. A segédelektrodra a kívánt pillanatban vezérlőimpulzust adva, a főelektrodok közötti térben kisülés jön létre, amely megindítja a főelektrodok közti átütés folyamatát. Az ilyen, trigatron-jellegű kapcsolóberendezésekkel igen kis (néhány μ s-os) önidejű bekapcsolások érhetők el. A bekapcsolási idő azonban lényegesen függ a főelektrodok közötti pillanatnyi feszültségtől.

Mivel a szigetelő átívelése véletlenszerűen következik be, a kapcsolóberendezésnek még akkor is igen kis önidejű mellett kell bekapcsolnia, ha a főelektrodok közötti feszültség igen kicsi (ha pl. az átívelési folyamat a feszültség nullaátmenet közelében fejeződik be). Ezért a szokásos trigatronmegoldások nem alkalmazhatók: a feladat megoldására a főelektrodok közötti légtér igen erőteljes ionozására van szükség. Erre a célra plazmainjektort alkalmaztunk.

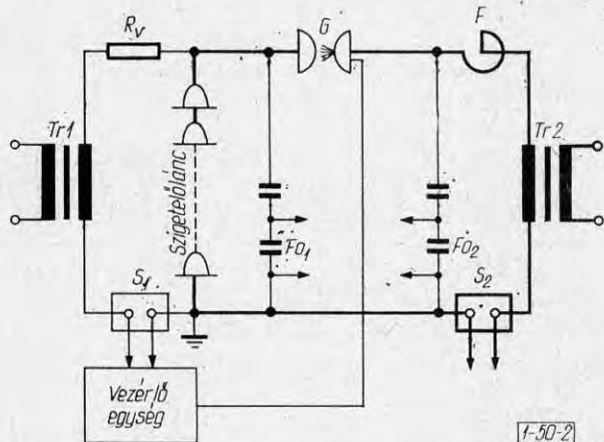
A plazmainjektor működési elve az 1. ábrán követhető. Az előzetesen ($U_c = 7,5$ kV feszültségre) feltöltött nagy kapacitású (esetünkben 70 μ F) C kondenzátornak R ellenálláson (10 kOhm) kereszt-



1. ábra. A plazmainjektor elvi kapcsolása

tüli kisülési folyamatát a T_s segédtrigátron begyújtásával megindítjuk. Ezáltal az S_1 szikraközön megközelítőleg az U_c kondenzátor-feszültség jelenik meg, amelynek hatására a szikraköz átüt. Emiatt a kondenzátor feszültsége az S_2 szikraközre esik és ezen szikraköz átütését idézi elő. A továbbiakban – hasonló okokból – bekövetkezik az $S_3 \dots S_{n-1}$ szikraköz sorozatos átütése. Az átütések áramát az $R_1 \dots R_n$ ellenállások (5 kOhm) korlátozzák. Ha az S_n szikraköz is átüt, akkor a korlátozó ellenállások kiiktatódnak, s ezáltal egy nagyáramú, az elektródokat burkoló cső hosszában széthúzott ív képződik. Az ív az egyik végén lezárt M műanyagcső falából intenzív gázképződést vált ki, amelynek hatására a főelektródok közébe nagy nyomással és sebességgel erősen ionozott plazma tódul ki, amely rövid időre erősen lecsökkenti a két főelektród közötti levegőréteg ellenállását. A tényleges megvalósításnál főelektródként nagy falvastagságú félgömböket alkalmaztunk, a nagy zárlati áramokra való tekintettel. A plazmainjektort az egyik főelektród tengelyében helyeztük el.

A plazmainjektor vezérlését a 2. ábrán sematikus jelölt vezérlő egység végzi, amelyet a nagy-



2. ábra. Szigetelőik ívállósági vizsgálatához kifejlesztett próbaáramkör

feszültségű körbe sorosan iktatott érzékelő elem (S_1 sönt) működtet. Az érzékelő szerv által érzékelt jelek közül a vezérlő egységnek nem szabad működnie azon jelekre, amelyek a szigetelőfelületnek csupán egyes részeire kiterjedő ívek következtében alakulnak ki. Biztonságosan működni kell azonban a teljes átívelés bekövetkezése esetében.

Az előzőek alapján a próbaáramkör a következő módon működik (2. ábra). A $Tr1$ transzformátor bekapcsolása után a szigetelő átível a névleges feszültségen. Az átívelés áramát a nagyfeszültségű körbe iktatott R_v vízellenállás korlátozza a tápláló kör szempontjából megengedhető értékre. Az S_1 sönt a szigetelő átívelését érzékelve impulzust ad a vezérlő egységnek, amely a plazmainjektoros kapcsolóberendezés (G) működtetésével párhuzamosan kapcsolja a szigetelőn égő ívvel a nagyáramú kört. A $Tr2$ zárlati transzformátor a nagyáramú kör tápforrása, az F fojtótekeres a kívánt zárlati áramérték beállítására szolgál.

A zárlati körbe iktatott S_2 sönt segítségével mérhető a zárlati áram. A két áramkör feszültségének mérésére F_{O1} és F_{O2} kapacitív feszültségosztókat alkalmaztunk.

A közölt szintetikus kör helyes működése, illetve a benne szereplő készülékek túlfeszültségek és túláramok elleni védelme érdekében a felsoroltakon kívül további követelményeket kell kielégíteni. Ilyenek pl. a következők:

1. A G kapcsolószikraköz elektródjainak távolságát olyan nagyságúra kell választani, hogy az elektródok közti, a szigetelő átívelése előtti legnagyobb feszültség ne okozhasson szikraközátütést, azonban a plazmainjektor kellő biztonsággal és megfelelően rövid idő alatt létrehozza a két áramkör közötti kapcsolatot.

2. A nagyfeszültségű kör R_v ellenállásának optimális értékét egyrészt az a követelmény szabja meg, hogy a szigetelő átívelésekor az S_1 söntön keletkező feszültségesés lényegesen haladja meg az átívelést megelőző részívekből eredő feszültségeséseket. Az R_v ellenállás kellő megválasztásával biztosítható az is, hogy a két áramkör esetleges hibás összekapcsolódása, vagy a szigetelőn égő ív kis valószínűséggel bekövetkező, próba közbeni kialakása esetén a nagyáramú kör elemein ne jelenjen meg túlfeszültség, illetve a nagyfeszültségű körben ne folyjon nagy áram.

Az előbbieken részletesen leírt áramkör helyes működését, valamint az eredmények használhatóságát számos kísérlettel ellenőriztük. Ezek közül a legfontosabbakról az alábbiakban számolunk be.

3. Ívállósági vizsgálatok kismértékű szigetelőszennyezéssel

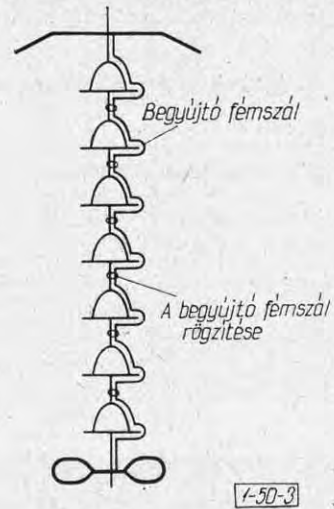
Jellegzetes hálózati körülmények között a szigetelő esetleges átívelése hosszabb idő eltelté után következik be. Ennek laboratóriumi leképezése érdekében a vizsgálatokat olyan mértékű szennyezéssel végeztük, hogy az átívelés a feszültségnek a szigetelőre való kapcsolása után hosszabb idővel (legalább néhány perc után) lépjen fel. A szennye-

zést részben a szigetelőfelületre előzetesen felvitt vékony cementréteg, részben pedig a próba alatt a szigetelőre porlasztott elektrolitkód képezte.

A kísérletek során meggyőződünk arról, hogy a szintetikus kör eleget tesz a vele szemben támasztott követelményeknek: a nagyáramú körnek a teljes átívelést követő automatikus rákapcsolása a szigetelőre bekövetkezik, a nagyáramú körben veszélyes túlfeszültségek, illetve a nagyfeszültségű körben túláramok nem lépnek fel.

A próbák alkalmával — a kísérleti mód jellegéből következően — a szigetelő teljes átívelése, tehát a tényleges ívállósági vizsgálat kezdete véletlenszerű időpillanatban következett be. Ezért az ívmozgások részletes tanulmányozására alkalmas filmfelvételeket, illetőleg oszcillogramokat készíteni nem lehetett, hiszen az e szempontból érdekes folyamat csupán néhány tized másodpercig tart, s ezen idő alatt a teljes átívelés pillanatában indított oszcillográf, illetve filmfelvevőgép még teljes sebességére felfutni sem képes.

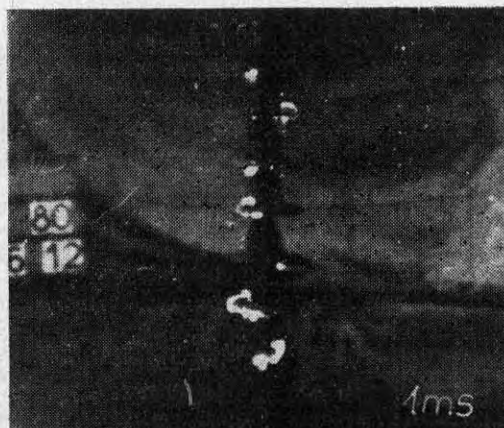
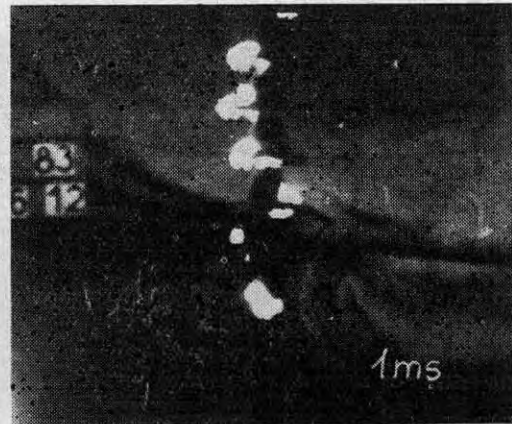
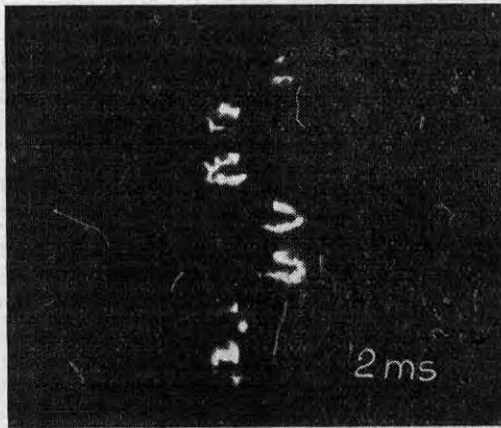
Fenti okok következtében a nagyáramú ív mozgására, illetve elhelyezkedésére vonatkozó információkat részben a próba során tett vizuális megfigyelés, részben a próba után az ívnyomok elemzése szolgáltatotta. Ezen információk alapján megállapítottuk, hogy azon szigetelőtípusoknál, amelyek közbenső fémszerelvényeket tartalmaznak (pl. szigetelőláncok), az ív elhelyezkedése olyan, hogy

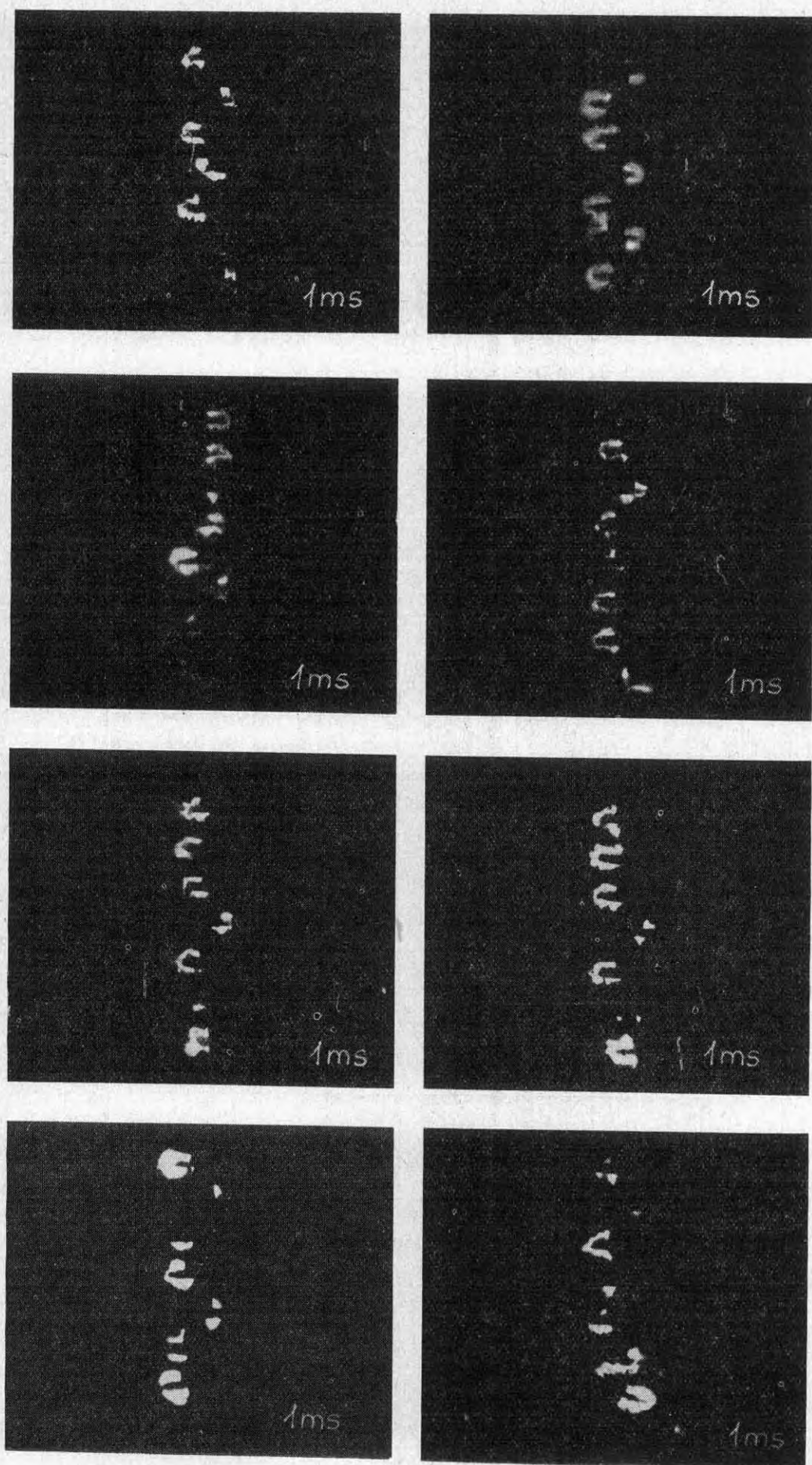


3. ábra. A fémszál elhelyezkedése a hagyományos fémszálás ívbegyűjtési módszernél

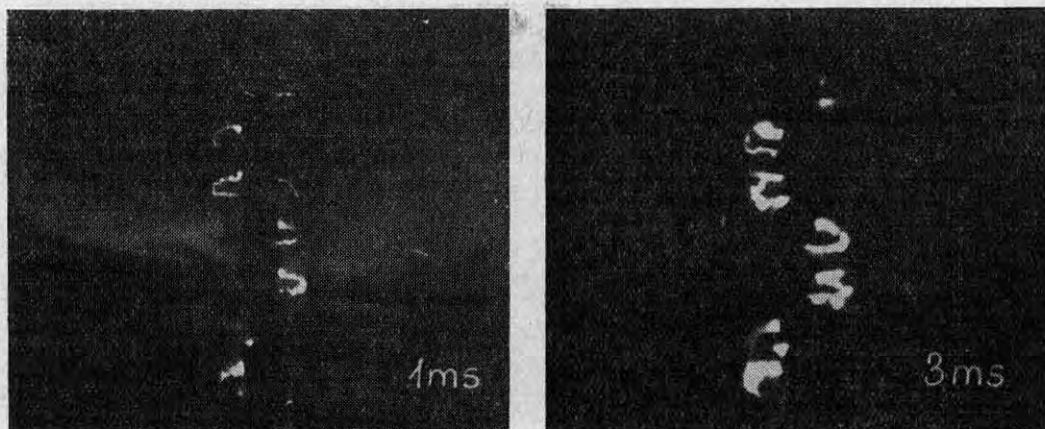
az ív talppontjai hosszabb ideig a közbenső fémszerelvényeken tartózkodnak.

Ezekon a szigetelőtípusokon a vizsgálatot az általánosan alkalmazott [2, 3] fémszálás ívbegyűjtással is elvégeztük, amelynél a begyűjtő fémszálát a szigetelőlánc kontúrja mentén végigfektettük és a közbenső fémrészekhez hozzáerősítettük (lásd 3. ábra). E kísérleteknél a közbenső fémszerelvénye-





4. ábra. A nagyáramú kör bekapcsolódását közvetlenül megelőző ívek elhelyezkedési képe



5. ábra. A kisáramú-, illetve az azt követően kialakult nagyáramú ívek elhelyezkedése 2 ms időkülönbséggel

ken nem maradtak fenn hosszabb ideig ivtalpontok, amit az ivnyomok tanulmányozása is igazolt.

A kétféle próbaeljárás eredményei közötti különbség indokolja a szintetikus körben való ivállósági vizsgálat elvégzését. A tapasztalt különbségek fizikai okainak feltárása érdekében azonban beható vizsgálatok elvégzése vált szükségessé. Ehhez elkerülhetetlen a gyorsfilmezés alkalmazása. Mivel az adott, kismértékű szennyezés mellett a gyorsfilmezés gyakorlatilag nem valósítható meg, a kétféle begyújtási módszer eltéréseinek vizsgálatára olyan szennyezési fokozatot kellett alkalmaznunk, amellyel a szigetelő teljes átívelésének pillanata időzíthető.

4. Vizsgálatok időzített átíveléssel

Ha a szigetelő felületét feszültségmentes állapotban, közel egyenletes és nagy vezetőképességű, szennyező réteggel látjuk el, a nagyfeszültségű áramforrásnak a szigetelőre való kapcsolásakor igen nagy (több száz mA) felületi áram indul meg. Ennek erőteljes szárító hatására az üzemi feszültség néhány periódusa alatt száraz zónák keletkeznek a szigetelő felületén, amelyekre a szigetelőre kapcsolt feszültség túlnyomó része jut. Ezért a száraz zónákat ívek hidalják át, amelyek kellően nagy szennyezettség mellett néhány további periódus alatt egyesülnek és bekövetkezik a teljes átívelés. Kísérleteink során meggyőződünk arról, hogy 120 kV-os, egysapkás szigetelőkből álló láncokon jól reprodukálható módon képezhető olyan intenzív szennyezés, amely a rákapcsolás után 10–20 periódus elteltével vált ki teljes átívelést. Ez a szennyezés megvalósítható vékony (1–2 tizedmilliméter vastagságú), elektrolittal átítatott cementréteggel, de csupán elektrolitfilm-mel is, tehát nem alkot olyan réteget a szennyeződés, amely a szigetelő felületét termikusán védené. Ilyen jellegű szennyezéssel a teljes átívelés bekövetkezésének időpontjában mutatkozó véletlenszerűséget olyan időintervallumra korlátoztuk, amely már lehetővé teszi a gyorsfilmezést és az oszcillografikus mérést.

A leírtak alapján a kétféle begyújtási mód közötti különbségek fizikai okainak tisztázásánál intenzív szennyezést alkalmaztunk. Ennek a szennyeződési mértéknek az átívelési folyamat leképezésére való felhasználhatóságát azzal látjuk indokoltnak, hogy a szigetelők szennyeződésével kapcsolatos szakirodalom megállapításai szerint [4] a szigetelők szennyezésállóságát közel azonos eredménnyel adja meg szigetelők hosszú időn keresztül állandó feszültségen végzett ködkamrás vizsgálata, illetve a feszültség gyors emelésével végzett átívelési vizsgálat. A ködkamrás vizsgálat közelebb áll a valóságos, hálózati körülményekhez, a rákapcsolásos vizsgálat viszont az általunk alkalmazott módszernek felel meg. A nagyáramú kör bekapcsolódását közvetlenül megelőző részívek elhelyezkedésére vonatkozólag filmkockákat mutatunk be a 4. ábrán. A felvételekből megállapítható, hogy a részívek a szigetelő felületére tapadnak és nincs kitértetett helyzetük a szigetelő tengelye körül.

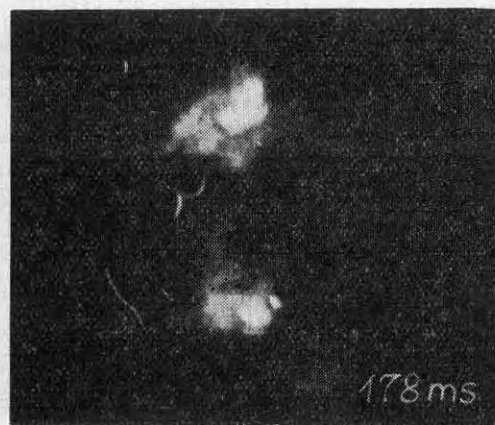
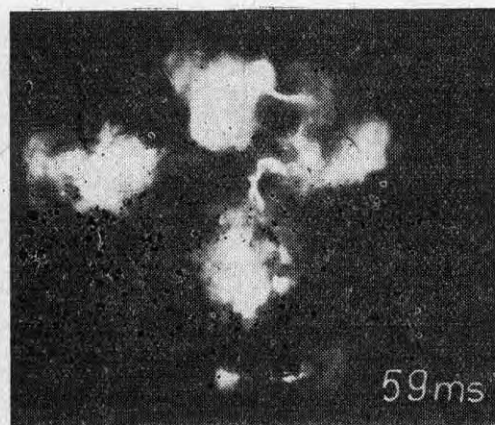
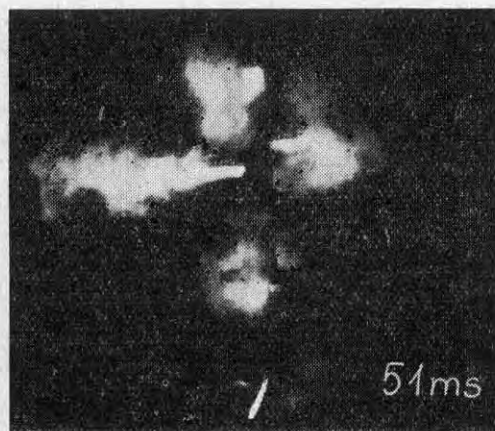
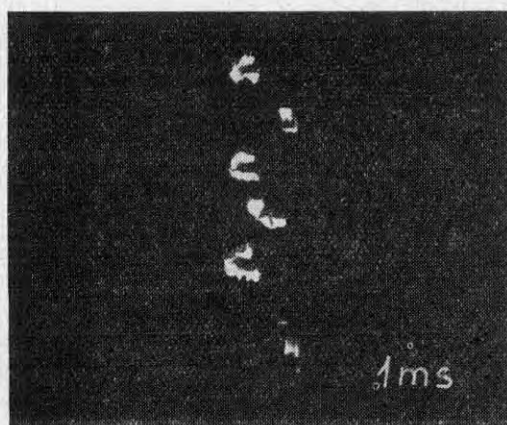
4.1 A nagyáramú kör rákapcsolási ideje

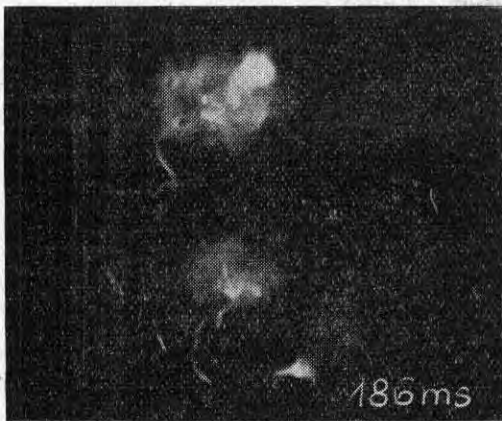
Szintetikus próbaáramkörünket mindenekelőtt ellenőriznünk kellett a próbaáramkörrel szemben támasztott 5. követelmény kielégítése szempontjából.

A teljes átívelés és a nagyáramú kör bekapcsolódása között eltelt idő az oszcillogramokból megállapíthatóan az 1 ms-ot nem haladja meg. A próbamódszer ellenőrzése céljából gyorsfilm (1000 kocka/s) felvételek segítségével megvizsgáltuk, hogy ezen, maximálisan 1 ms idő alatt a kisáramú ív helyzete mennyit változhat. Az 5. ábrán bemutatott felvételek a kisáramú, illetve az azt követően kialakult nagyáramú ívet mutatják, 2 ms időkülönbséggel. Ezekből is megállapítható, hogy a nagyáramú ív elhelyezkedése a kisáramúéval megegyezik, tehát a rákapcsolás sebessége kielégítő.

4.2 A fémszálas, illetve szennyezéses ívbegyújtást követő ivfolyamatok összehasonlítása

A két folyamat különbségeinek tisztázására az alábbi kísérleteket végeztük el:





6. ábra. 7 db ES-3 tagból álló, ívvédő szerelvény nélküli tartó szigetelőlánc szennyezett átíveltetése. (1. táblázat, 3. sz. vizsgálat)

a) 7 db ES-3 tagból álló szigetelőlánc (függőleges elhelyezésben) fémszálas begyújtással való vizsgálata, ívvédő szerelvények nélkül.

b) Ugyanezen szigetelőlánc fémszálas begyújtással való vizsgálata, ívvédő szerelvényekkel.

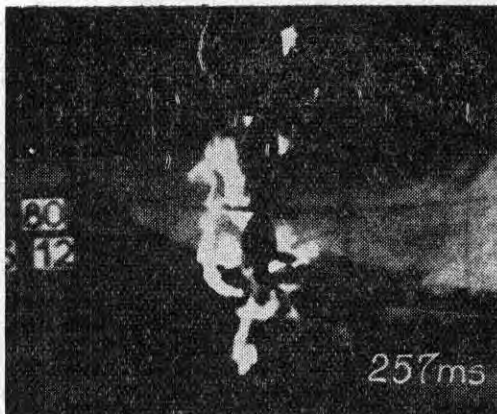
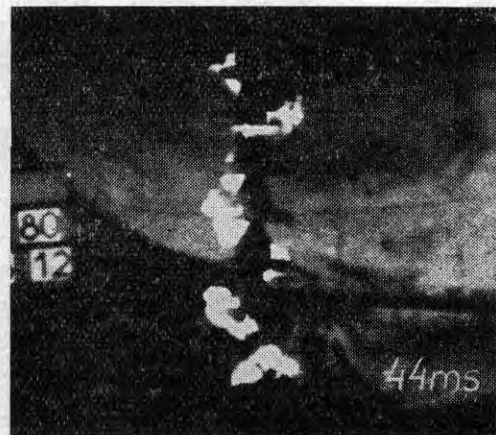
c) Ugyanezen szigetelőlánc szennyezéses ívbegyújtásos vizsgálata, ívvédő szerelvények nélkül.

d) Ugyanezen lánc szennyezéses begyújtásos vizsgálata ívvédő szerelvényekkel.

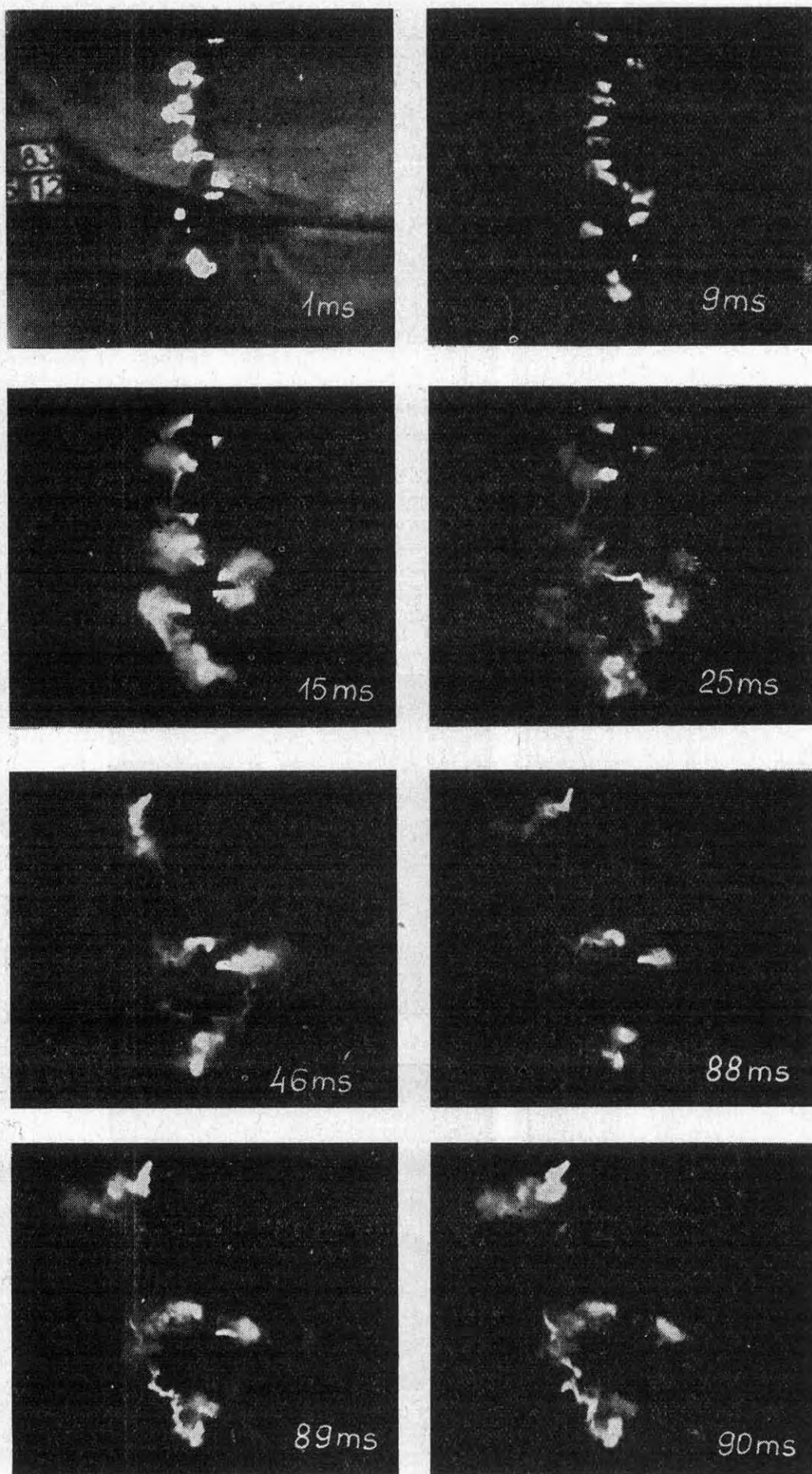
A felsorolt vizsgálatokat 18 kV_{eff} váltakozó-feszültségű, 2,7 kA_{eff} zárlati áramú körben végeztük. A vizsgálatok alkalmával készült gyorsfilm-felvételek néhány jellemző kockáját a 6, 7, 8, 9 és 10. ábrákon mutatjuk be. A felvételeken feltűntettük, hogy az adott felvétel a szigetelő teljes átívelését követően hányadik ms-ban készült.

A felvételek alapján a kétféle begyújtási módból származó nagyáramú ívek mozgására vonatkozólag a következőket állapítottuk meg: a szennyezett átívelésből eredő nagyáramú ív helyzetét alapvetően befolyásolja az a körülmény, hogy a teljes átívelés árama a porcelán felületeket áthidaló íveken és a fémsapkákon keresztül záródik, vagyis a közbenső fémszerelvények az áramkör sorbakapcsolt elemeit alkotják. Ennek megfelelően minden, két porcelán közötti fémszerelvényen egy árambelépési és egy áramkilépési pont van. E pontokból erős plazmasugár indul ki, amely ezeket a talppontokat, valamint a talppontok környezetében az ív helyzetét rögzíti, tehát igyekszik az ívek a talppontokhoz közeli részét a plazmasugár vonalában tartani. (A kilépő plazmasugarak jól láthatók pl. a 6. ábra 51. ms-ban, a 8. ábra 15. és 46. ms-ban, stb. készített filmkockáin).

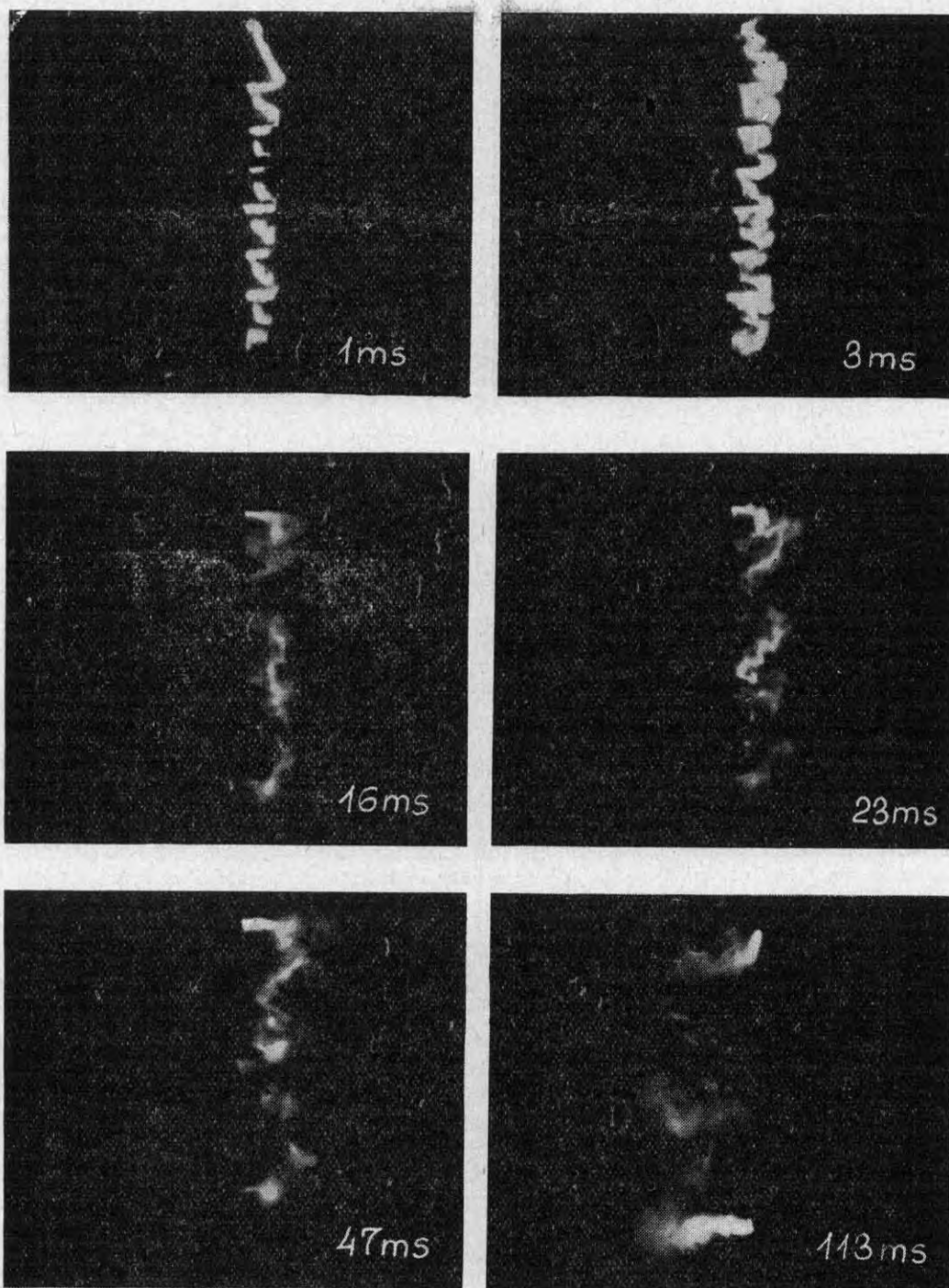
Az átívelési folyamat stohasztikus jellegéből következően, a teljes átívelés pillanatában a részívek



7. ábra. 7 db ES-3 tagból álló ívvédő szerelvényekkel ellátott tartó szigetelőlánc szennyezett átíveltetése. (2. táblázat, 1. sz. vizsgálat)



8. ábra. 7 db ES-3 tagból álló, ívvédő szerelvényekkel ellátott tartó szigetelőlánc szennyezett átvitelte (2. táblázat, 4. sz. vizsgálat)

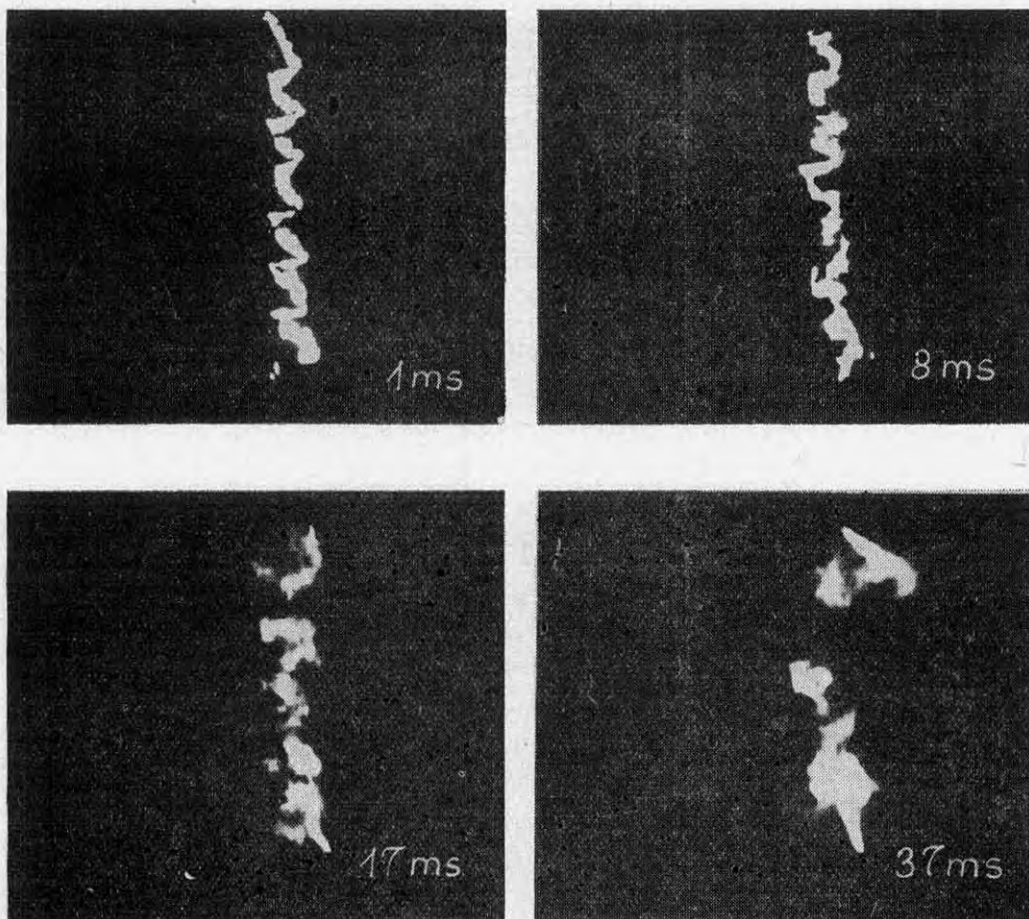


9. ábra. 7 db ES-3 tagból álló, ívvédő szerelvény nélküli tartó szigetelőlánc fémszálas átvitelése. (3. táblázat, 2. sz. vizsgálat)

a szigetelő tengelyén átfektetett különböző síkokban helyezkednek el. Az egymás alatti részívek — amennyiben egymáshoz közeli (egymással kis szöveget bezáró) síkban helyezkednek el — termikus és elektrodinamikus hatások következtében gyorsan egyesülnek. Ezáltal fokozatosan sötétlődnék egyes ívutak és közbenső talppontok, illetve plazmasugarak szűnnek meg. (Lásd pl. a 8. ábra 88., 89. és 90. ms-ban készült filmkockáit). A folyamat előrehaladtával az esetek túlnyomó többségében két alapvető ív alakult ki, amelyek a szigetelőnek

közel átellenes két oldalán helyezkednek el, jellegzetes S alakban. Az ív közepe táján tehát plazmasugarakkal stabilizált, közbenső ívtalppont képződik, amely hosszú időn keresztül a szigetelőn tartja a zárlati ívet (8. ábra 46. és 88. ms-ban készült film kockái). A 11. ábrán a filmkockák kiértékelését megkönnyítő magyarázó rajz látható.

A fémszálas begyújtás általánosan alkalmazott módszerénél (3. ábra) a közbenső fémszerelvények nem képezik az áramkör sorbakapcsolt elemeit, így az előbbi esetben megfigyelhető közbenső



10. ábra. 7 db ES-3 tagból álló, ívvédő szerelvényekkel ellátott tartó szigetelőlánc fémszálás átíveltetése (4. táblázat, 4. sz. vizsgálat)

1. táblázat

7 db egysapkás (ES) tagból álló ívvédő szerelvény nélküli tartó szigetelőlánc szennyezett átíveltetése. Zárati áram: 2,7 kA

Vizsgálat sorszáma	Közbenső ívtalppont(ok) fennállásának max. ideje (ms)
1	137
2	52
3	182
4	20
5	56

2. táblázat

7 db egysapkás (ES) tagból álló ívvédő szerelvényvel ellátott (TVO 655 és TVO 658) tartó szigetelőlánc szennyezett átíveltetése. Zárati áram: 2,7 kA

Vizsgálat sorszáma	Közbenső ívtalppont(ok) fennállásának max. ideje (ms)
1	440*
2	20
3	492*
4	90
5	156
6	85

* – Ezen esetekben a közbenső ívtalppont a beállított túl-áramvédelem működésekor, az ívvel együtt szűnt meg.

3. táblázat

7 db egysapkás (ES) tagból álló, ívvédő szerelvény nélküli tartó szigetelőlánc fémszálás begyűjtással történő átíveltetése. Zárati áram: 2,7 kA

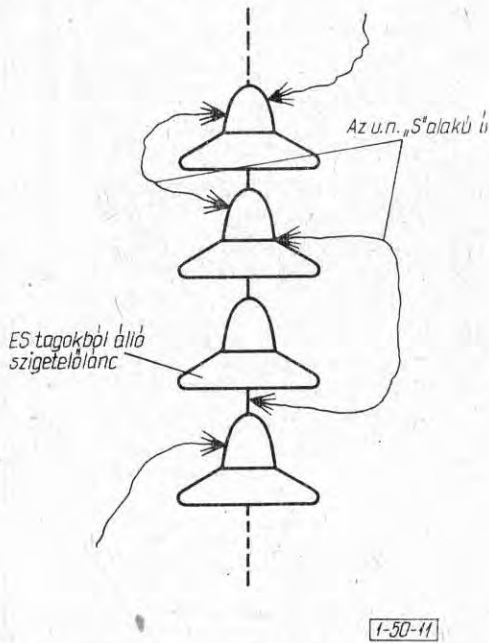
Vizsgálat sorszáma	Azon idő (ms), amely után az ív a felvételtől kiértékelhetően a közbenső tagok fémszerelvényeitől már eltávolodott
1	8
2	7
3	12
4	6
5	6–20**

** – mivel az ív a szigetelőlánc háta mögé fordul be, nem lehet pontosan kiértékelni.

4. táblázat

7 db egysapkás (ES) tagból álló, ívvédő szerelvényvel ellátott (TVO 655 és TVO 658) tartó szigetelőlánc fémszálás begyűjtással történő átíveltetése. Zárati áram: 2,7 kA

Vizsgálat sorszáma	Azon idő (ms), amely után az ív a felvételtől kiértékelhetően a közbenső tagok fémszerelvényeitől már eltávolodott
1	9
2	8
3	8
4	12



11. ábra. A plazmasugarak és S alakú ívek elhelyezkedését bemutató magyarázó ábra

plazmasugarak nem jönnek létre, tehát az ív – stabilizáló hatás hiányában – hamarabb eltávoló-

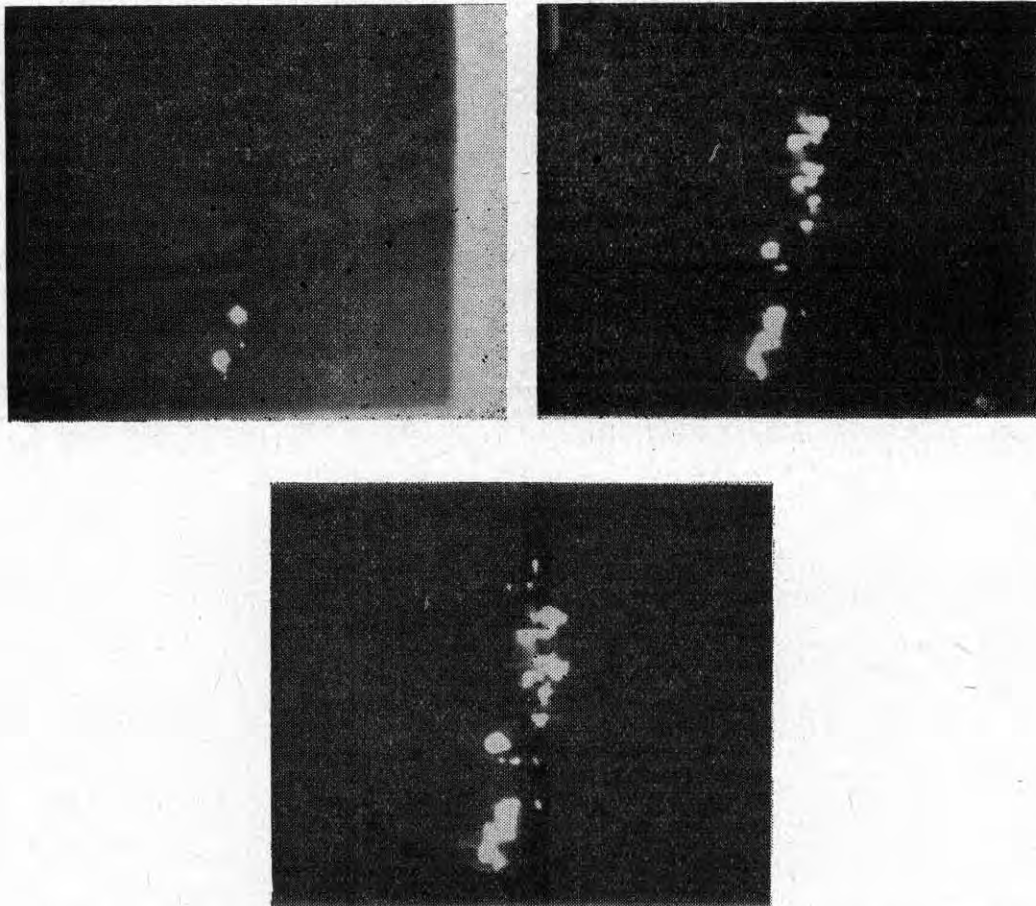
dik a szigetelőlánc közbenső tagjaitól (9. és 10. ábrák).

Az ismertetett tendenciák érvényesülését jól tükrözik az 1–4. táblázatok, amelyek szerint a fémszálas begyűjtésnél a szigetelőlánc közbenső tagjaitól az ív eltávolódása legalább egy nagyságrenddel kisebb idő alatt következik be, mint a szennyezett begyűjtésnél.

Annak bizonyítására, hogy ez az eltávolódási idő ilyen nagy eltérése valóban a belsőfémszerelvények sorbakapcsolódása miatti plazmasugarak hatásából ered, a következő kísérletet végeztük el:

Két ES–3 szigetelő-tagból álló láncon fémszálat fektettünk végig a 3. ábra szerinti módszerrel úgy, hogy a fémszálat a közbenső fémszerelvényre is rácsavartuk. Az elvégzett ívállósági kísérlet utáni ívnyomokból megállapíthatóan a szigetelőláncot egyetlen ív hidalta át, közbenső ívtalppont nélkül.

Ezután a fémszálas begyűjtési kísérletet úgy végeztük el, hogy külön fémszállal hidaltuk át a felső szigetelő porcelánrészét, illetve az alsóét. Ezáltal – a fémszálas begyűjtés ellenére biztosítottuk azt, hogy a kifejlődő ív árama a közbenső fémsapkán folyék át. A kísérlet utáni ívnyomok tanúsága szerint ebben az esetben stabil közbenső ívtalppontok alakultak ki.



12. ábra. A bemutatott kapcsoláskor még a teljes átívelés bekövetkezése előtt átugrik a részív az alsó ívvédő szerelvényre

A kísérletek során felvett filmkockából következtethetünk az ívterelő szerelvények szerepére is. Mivel az ívterelő fémszerelvényből kilépő plazmasugár szintén stabilizáló hatású, ezért nem gyűrűs kialakítású szerelvények az S alakú ív átellenes oldalon levő végpontjait erőteljesen rögzítik, tehát késleltetik a szigetelőlánc közbenső fémszerelvényén kialakult ív talppontok megszűnését. Ez a hatás jól tükröződik az 1. és 2. táblázat értékeiből.

Az ívvédő szerelvényekkel ellátott szigetelők kétféle ívbegyűjtással végzett vizsgálatánál előfordult egyes esetekben az a különbség is, hogy a szigetelőlánc legalsó vagy legfelső tagján kialakult részív egyik talppontja még a teljes átívelés bekövetkezése előtt átugrott az ívvédő szerelvényre (lásd 12. ábra). Ez a hatás az ívterelő szerelvény szerepét az időben előbbre hozza.

5. A kísérletekből levonható következtetések

A) Nagyfeszültségű hálózatokon alkalmazott olyan szigetelők esetében, amelyek közbenső fémszerelvényeket tartalmaznak, a felületi szennyeződésből eredő átívelések alkalmával a közbenső fémrészekeken esetleg a zárlat lekapcsolásáig is fennálló, stabil ív talppontok alakulhatnak ki. Ezek az ívet a szigetelőfelület közelében tartják és részben az ív talppontoktól, másrészt az ívoszlóptól származó nagy termikus igénybevétel miatt befolyásolhatják az ivállósági próba eredményét. Ez a hatás nem érvényesül a hagyományos módon alkalmazott, vezetősálas begyűjtésnél.

Ez a következtetésünk ellentétben áll az [1] megállapításaival. Ennek oka az, hogy az [1] cikkben ismertetett, ezirányú kísérletek száma olyan csekély, hogy a jelenség véletlenszerű tényezőiből eredő nagy szórás miatt nem alkalmasak az eredmények ilyen következtetések levonására.

B) Jelen munkában ismertetett kísérleteinket 2,7 kA_{eff} zárlati árammal végeztük. A leírt fizikai

folyamatokból eredő tendenciákat szükséges ellenőrizni nagyobb zárlati áramok tartományában is.

C) A szigetelőszennyeződés miatti átívelések imitálására kifejlesztett ivállósági próbamódszerünk a kísérletek során jónak bizonyult. Tekintve, hogy ez a módszer az eddig alkalmazottnál hűbben reprodukálja a természetes körülményeket, fontosabb vizsgálatoknál, vagy ellenőrzésképpen célszerű ezt a módszert alkalmazni. Tekintve azonban, hogy a fémszálas vizsgálat kivitelezése egyszerűbb, további vizsgálatok keretében keresni kell a begyűjtő fémszál olyan speciális kialakítását, amely a szennyeződéses átíveléshez hasonlóan, stabil közbenső ív talppontokat hoz létre. Kísérleteink alapján valószínűnek látszik, hogy a fémsapkáknál megszakított, sapkánként eltérő síkokban elhelyezett begyűjtő fémszállal lehet e kívánt hatásokat biztosítani.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki DR. VAJTA MIKLÓS-nak, a VEIKI tudományos tanácsadójának azon értéke segítségével, amelyet a jelen munkában ismertetett próbaáramkör kifejlesztéséhez nyújtott.

IRODALOM

- [1] OZAKI, SARUYAMA.: High-Current Arcing Resistance of Insulators For Transmission Lines. Electrical Engineering in Japan. 1967/5, 91—101.
- [2] MEYER, H.: Zur Frage der Betriebssicherheit von Isolatorenketten in Höchstspannungs-Leitungen. ETZ—B, 1960. 261—263.
- [3] WILDI, P.—KLÄY, H.: Lichtbogenversuche an 220 kV Isolatoren. Bull. Schweiz. Elektrotech. Vereins. 1961/4, 285—287.
- [4] LAMBETH, P. J.—LOOMS, J. S. T.—SFORZINI, M.—MALAGUTI, C.—PORCHERON, Y.—CLAVERIE, P.: International Research on Polluted Insulators. CIGRE, 1970. Rep. No. 33—02.

Érkezett: 1971. XII.