



# ELEKTROTECHNIKA

A MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET  
(A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK TAGJA) HIVATALOS KÖZLÖNYE

Официальный орган Венгерского Электротехнического Общества – Official Organ of the Hungarian Electrotechnical Association – Organe officiel de l'Association Électrotechnique Hongroise – Organo ufficiale dell'Associazione Elettrotecnica Ungherese – Offizielles Organ des Ungarischen Elektrotechnischen Vereines

Az egyesület címe: Budapest V., Kossuth tér 6–8. Telefon: 120-662.

## Nagyfeszültségű szigetelőláncok ivállóságának vizsgálata

JANUSZ KAROLAK, Varsó – dr. KERTÉSZ VIKTOR, Budapest – dr. MIHÁLKOVICS TIBOR, Budapest – STANISLAW WIECZOREK, Varsó\*

DK 621.315.625.027.3:621.3.014.3.3.001.4

A nagyfeszültségű hálózatok üzembiztonsága szempontjából lényeges az átívelt szigetelőlánc ivállósága. A lánc ivállósága az alkalmazott ívvédő szerelvények védőhatásától és ivállóságától, és maguknak a szigetelő tagoknak az ivállóságától függ. A zárlati próbaállomásokon elvégzett ivállósági kísérleteknek az üzemi viszonyokat hűen kell leképeznie, ennek feltétele a megfelelő ivállósági vizsgálati módszer.

A KGST-n belüli Interelektroteszt (nagyteljesítményű és nagyfeszültségű technikával foglalkozó laboratóriumok együttműködése) szervezetében résztvevő két intézet, a varsói IEN és a budapesti VEIKI együttműködésével 1977-ben nagyfeszültségű szigetelőláncokon ivállósági vizsgálatokat végeztünk a valóságos viszonyokat hűen leképező ivállósági vizsgálati módszer kialakítása érdekében. A jelen munkában az ív kezdeményezésének, begyújtásának módját tárgyaljuk, továbbá beszámolunk az ív mozgásával és a tapasztalt szigetelő-sérülésekkel kapcsolatos megfigyeléseinkről.

\* JANUSZ KAROLAK okl. villamosmérnök, az Intyutut Energetyki (Varsó) tudományos főmunkatársa;

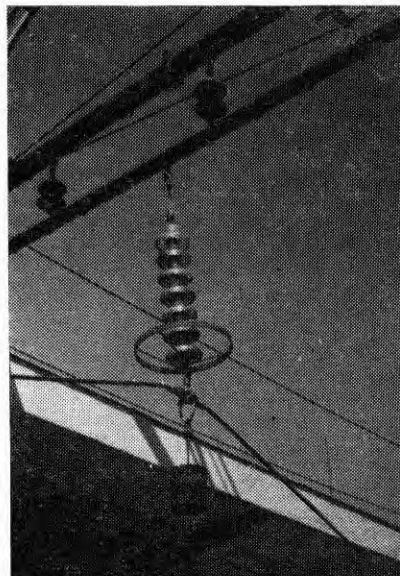
dr. KERTÉSZ VIKTOR okl. villamosmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa, a Villamosenergiaipari Kutató Intézet (Budapest V., Zrínyi u. 1.) tudományos főmunkatársa;

dr. MIHÁLKOVICS TIBOR okl. villamosmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa, a Villamosenergiaipari Kutató Intézet (Budapest V., Zrínyi u. 1.) tudományos osztályvezetője;

STANISLAW WIECZOREK okl. villamosmérnök, az Intyutut Energetyki (Varsó) Zárlati Laboratóriumának helyettes vezetője.

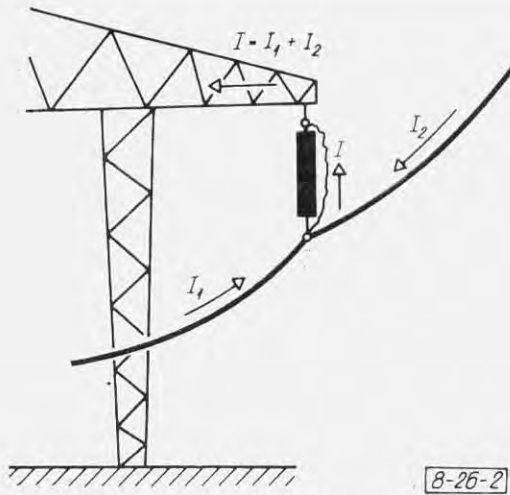
### 1. 120 és 400 kV-os szigetelőláncon végrehajtott vizsgálatok

A vizsgált, 7 db PSZ 16B típusú üveg egysapkás szigetelőből álló 120 kV-os lánc az áramkörben az 1. ábrán látható. Ismeretes, hogy a szél és az ívre ható elektrodinamikusan erőhatás révén a nagyfeszültségű szigetelőláncokhoz csatlakozó áramvezető szakaszok befolyásolják a zárlati ív mozgását, így az ivállósági



1. ábra. 120 kV-os szigetelőlánc a vizsgálati áramkörben

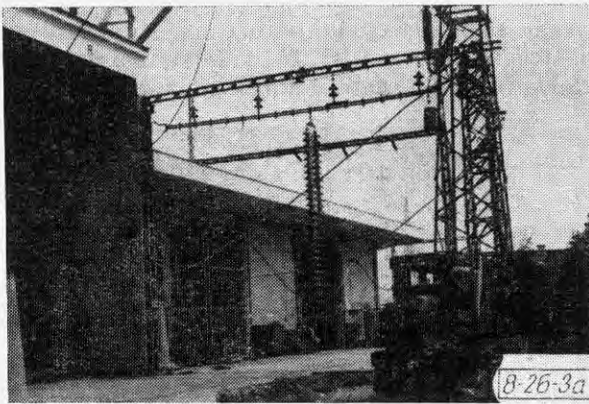
100 éves a magyar erősáramú ipar



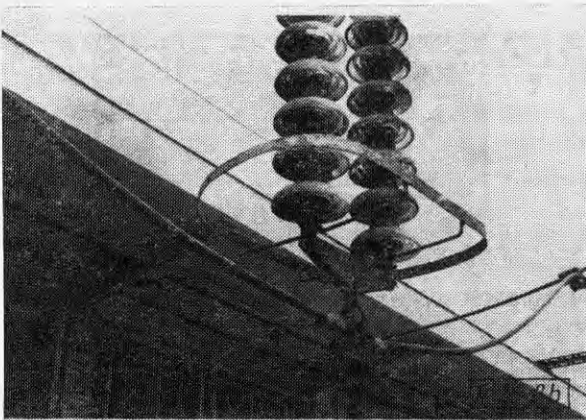
2. ábra. Szigetelőlánc helyzete a távvezeték oszlopon

vizsgálat eredményét. Mivel a jelen munkában elsősorban az ívbegyújtás hatását vizsgáljuk részletesen, a szél és az áramköri kialakítás kérdéseivel kapcsolatban az irodalomra utalunk [1, 2, 3, 4]. Az alkalmazott áramköri kialakítás, a 2. ábrán berajzolt helyzetű szigetelőnek megfelelően, kétféle volt:

- teljesen aszimmetrikus, tehát a fázisoldali betáplálás és a földoldali visszavezetés is aszimmetrikus ( $I_2 = 0$ ,  $I = I_1$ );
- félig szimmetrikus, tehát a fázisoldali betáplálás szimmetrikus és a földoldali visszavezetés aszimmetrikus ( $I_1 = I_2 = I/2$ ).



8-26-3a



3. ábra. 400 kV-os kettős lánc a vizsgálati áramkörben

Az áramkör tényleges kialakításánál az áramhozvezetés, ill. az áramelvezetés 4–5 m hosszan a távvezeték sodronyok vonalvezetését, ill. a vasoszlop irányát követte.

A vizsgálatok szabadterén, teljes szélességben folytak le, tehát nem jelentkezett az ívet a szigetelőlánctól eltávolító légmozgás igénybevétel enyhítő hatása.

Vizsgálati paraméterek:

Zárlati áram:	5, 10, 18 kA
Zárlati idő:	0,5 s
Tápfeszültség:	10 kV
Az ívbegyújtás fázishelyzete:	áram-nullaátmenet

A tápfeszültséget, a zárlati áramot és az ívfeszültséget oszcillográfáltuk; az ívet több oldalról nagysebességű (1000 kép/s) filmfelvevővel filmeztük, az ivnyomokat, a jellegzetes sérüléseket a kapcsolások után lefényképeztük. Összesen 20 zárlati kapcsolást végeztünk 120 kV-os láncon, a szigetelőláncot minden 3. kapcsolás után kicseréltük.

A vizsgálatok második részét  $2 \times 24$  db PSZ 16B típusú üveg egysapkás szigetelőből álló paralel láncon folytattuk le. A paralel lánc a 3. ábrán látható. Az áramkör félig szimmetrikus kialakítású volt, tehát  $I_1 = I_2 = I/2$  (lásd 2. ábra).

Vizsgálati paraméterek:

Zárlati áram:	5...6, 10...14 kA
Zárlati idő:	0,5 s
Tápfeszültség:	16 kV
Az ívbegyújtás fázishelyzete:	áram-nullaátmenet.

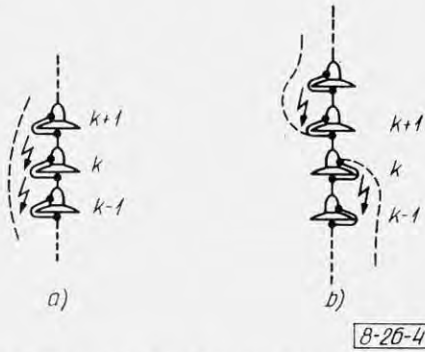
A regisztrátumok (oszcillogram, film, fénykép) megegyeztek a 120 kV-os lánc esetében elmondottakkal. Összesen 19 zárlati kapcsolást végeztünk 400 kV-os láncon, a teljes láncot egy alkalommal, a 7. kapcsolás (27. sorszámú) után cseréltük. Az erősebben sérült tagokat közvetlenül a sérülés után kicseréltük.

## 2. A vizsgálatok eredményei különböző módon elhelyezett fémszállal történő ívbegyújtás esetében

A nagyfeszültségű szigetelőláncok átívelésekor a zárlati ív kezdeti nyomvonalát az ív létrejöttének módja szabja meg. A légköri túlfeszültség léghőköket üt át. A kapcsolási túlfeszültség vagy üzemi feszültség hatására bekövetkező szennyezett átíveléskor az átívelés pillanatában a láncon tagonként, fémszerelvénytől fémszerelvényig a szigetelő felületén égő részívek figyelhetők meg. Ezek az egymás alatti tagokon égő részívek egymáshoz képest véletlenszerűen eltolódott síkokban helyezkednek el. A részívek tehát a fémszerelvényeknél közbenső talppontokat képeznek.

Ha az egymás alatti részívek egymáshoz közeli, tehát egymással kis szöget bezáró síkokban helyezkednek el, akkor a részívek az erősen ionozott térben fellépő átütéssel könnyen egyesülnek, és a hozzájuk tartozó közbenső talppontok kiiktatódnak. Ez az eset látható a 4a. ábrán. Ha a kezdeti ívképben a részívek síkjai között lényeges eltérés van, azaz van

„átváltási pont”, akkor ezen a helyen a közbenső talppontok hosszú ideig fennmaradhatnak és ezáltal veszélyeztetik a szigetelő épségét. Ezt az esetet mutatja be a 4b. ábra.



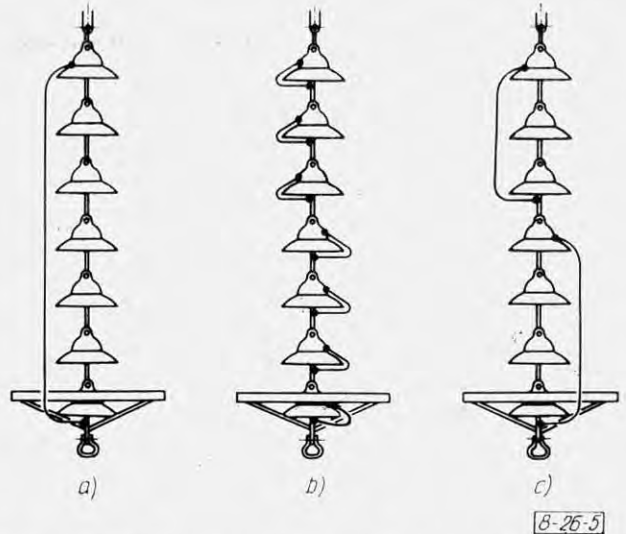
4. ábra. A tagonként égő részívek közti átütések és az „átváltási” pont kialakulása

Ez a jelenség nem figyelhető meg a hagyományos módon történő ívbegyújtás esetén. A szigetelőláncon végigfektetett egyetlen begyújtó fémszállal történő ívkezdemenyezés nem eredményez hosszú ideig fennálló, így veszélyes közbenső talppontokat. Ha azonban a fémszálat a tagonként égő részívek be- és kilépési talppontjának megfelelően, a fémrészeknél megszakítva és a fémhez rögzítve, tagonként eltérő síkokban helyezük el, akkor a szennyezett átívelés ívképe leképezhető.

Tartósan, hosszú ideig fennálló közbenső talppontok az „átváltási” helyeken jönnek létre, tehát ott, ahol az egymás alatti részívek, ill. fémszállak síkja a szigetelőtag palástja mentén mérve közel 180°-ot zár be egymással. Célszerű elegendően nagy számú ilyen átváltási pontot létrehozni, hogy elég sok közbenső talppont kialakulását kényszerítsük ki, mint a valóságban. Másrésztől azonban, ha az átváltási pontok túl sűrűn, tehát egymáshoz közel helyezkednek el, akkor megnő annak a valószínűsége, hogy az egymáshoz közeli ívszakaszok közti átütéssel a közbenső talppontok rövi idő alatt megszűnnek. Megfontolásaink alapján a 3–5 tagonként kialakított átváltási pontok tűnnek optimálisnak, ez a valóságos viszonyokat jól közelíti.

Logikusnak tűnik, hogy a két átváltási pont közti szakaszt egyetlen fémszállal kössük át. Várható ugyanis, hogy az egymás alatt levő, egy síkban elhelyezkedő, tagonként égő részívek néhány ms alatt – mint említettük – átütéssel egyesülnek, ezek leképezése tehát felesleges. Feltételezésünket vizsgálatokkal ellenőriztük.

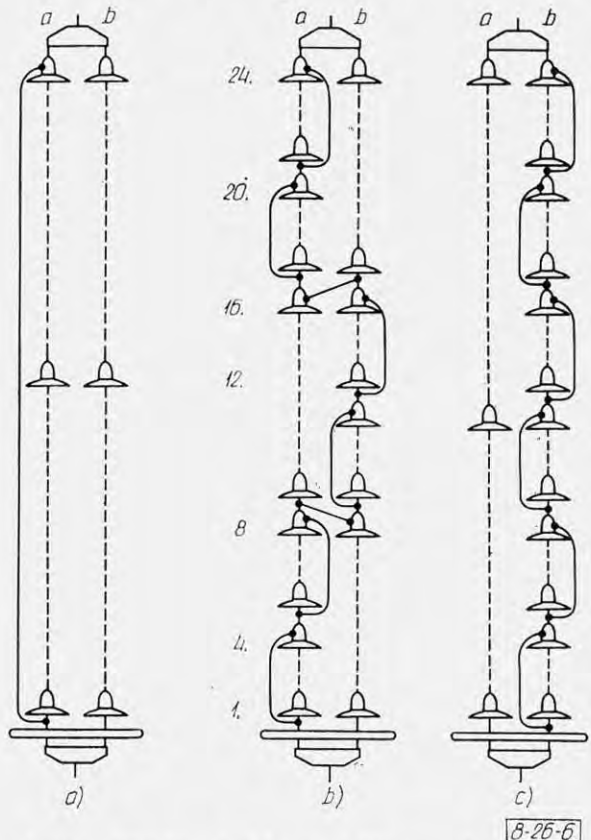
Így végeredményben a 120 kV-os láncon háromféle fémszállelhelyezés mellett végeztünk vizsgálatokat. Az 5a. ábra a hagyományos, az 5b. ábra az átváltási pontot tartalmazó, de tagonként elhelyezett új fémszállas, az 5c. ábra pedig az átváltási pontot tartalmazó, de egyszerűsített új fémszállas ívbegyújtási módot mutatja. A nagysebességű filmfelvételekből kiértékeljük az „átváltási” helyen kikényszerített közbenső talppontok fennállási idejét ( $t_c$ ) és a zárlat folyamán később keletkezett leghosszabb idejű köz-



5. ábra. A 120 kV-os szigetelőláncon alkalmazott ívbegyújtási módok:

- a) hagyományos fémszállas ívkezdemenyezés
- b) „átváltási” pontot tartalmazó, de tagonként elhelyezett új fémszállas ívbegyújtás,
- c) „átváltási” pontot tartalmazó egyszerűsített, új fémszállas ívbegyújtás

benső talppont fennállási idejét ( $t_1$ ), mint a szigetelő sérülésére jellemző paramétert adott áram esetében. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A 4–6. és 7–9. kapcsolások filmfelvételeinek elemzése igazolta, hogy az 5b. szerinti fémszállas begyúj-



6. ábra. 400 kV-os kettős szigetelőláncon alkalmazott ívbegyújtási módok



1. táblázat

## 120 kV-os kapcsolások

Kapcsolás sorszáma	Zárlati áram [kA]	Zárlati idő [s]	Begyűjtés módja (... ábra)	Áramköri kialakítás	$t_c$ [ms]	$t_1$ [ms]	
1	5,2	0,5	5a.	$I_2 = 0$ $I_1 = I$	—	17	
2	5,2				—	18	
3	5,2				—	30	
4	5,2		5b.		195	—	
5	5,2				40	20	
6	5,2				48	36	
7	5,2		5c.		47	7	
8	5,2				$40 + (30) + 30 + (15) + 70^*$	25	
9	5,2				104	—	
10	10,0		5a.		—	—	
11	10,0				—	$18 + (9) + 26^*$	
12	10,0				—	58	
13	10,0		5c.		62	17	
14	9,9				50	6	
15	10,0				20	13	
16	18,2		5a.		—	7	
17	18,4				—	12	
18	18,1				5c.	$I_1 = I_2 = \frac{I}{2}$	29
19	18,4		34			$13 + (5) + 10^*$	
20	19,0		19			14	

\* A zárójelben lévő számok a „szünetidőket” jelentik, tehát azt az időt, ameddig az iv nem tartózkodik az adott tagon.

tás esetén az egymás alatti részívek gyorsan, 5–8 ms alatt egyesülnek, így az 5b. és 5c. ábra szerinti új begyűjtési módok között valóban nincs lényeges különbség.

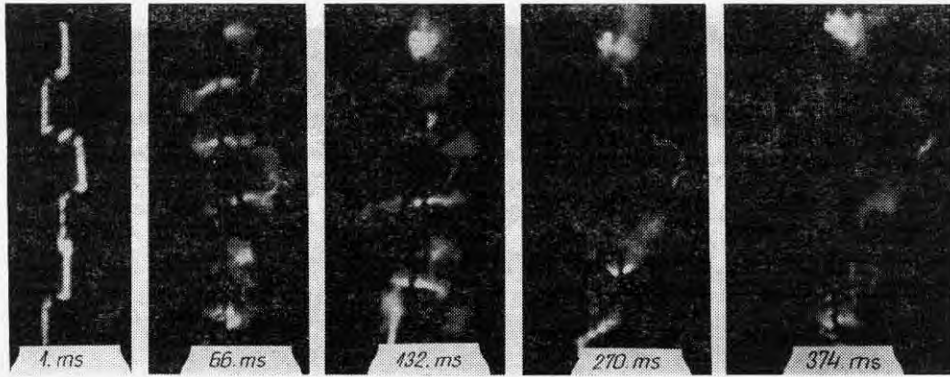
A  $2 \times 24$  tagból álló paralel 400 kV-os szigetelőlánc vizsgálatainál már ezt az elvet követtük, elhagytuk az 5b. ábra szerinti tagonkénti fémzárlathelyezést.

A 400 kV-os paralel lánc szennyezett átvitelésekor

2. táblázat

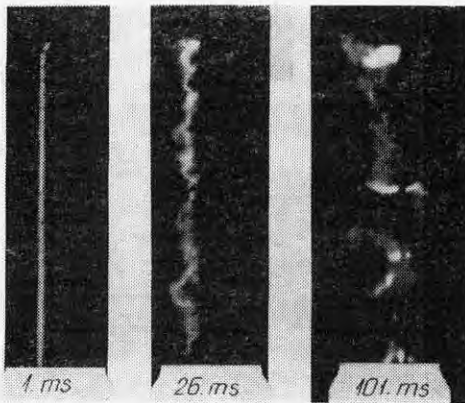
## 400 kV-os kapcsolások

Kapcsolás sorszáma	Zárlati áram [kA]	Zárlati idő [s]	Begyűjtés módja (... ábra)	Áramköri kialakítás	$t_{cm}$ [ms]	$\frac{\Sigma t_c}{5}$ [ms]	$t_1$ [ms]	
21	7,9	0,5	6a.	$I_1 = I_2 = \frac{I}{2}$	—	—	55	
22	6,1				—	35		
23	6,2				—	15		
24	6,2		6b.		165	87	130	
25	4,7				143	89	$20 + (8) + 120$	
26	4,9				115	97	180	
27	4,9		6c.		99	77	—	
28	6,2				85	49	130	
29	6,3				87	76	20	
30	6,3		6a.		—	—	80	
31	10,7				—	60		
32	10,7				6b.	68	49	15
33	12,1		55			38	47	
34	9,9		90			55	95	
35	10,0		6c.		65	48	7	
36	14,0				40	33	—	
37	10,8				57	43	60	
38	10,3				55	47	105	
39	10,5							



8-26-7

7. ábra. 400 kV-os szigetelőláncon végrehajtott 26. számú kapcsolás ( $I = 4,9$  kA) jellemző filmkockái



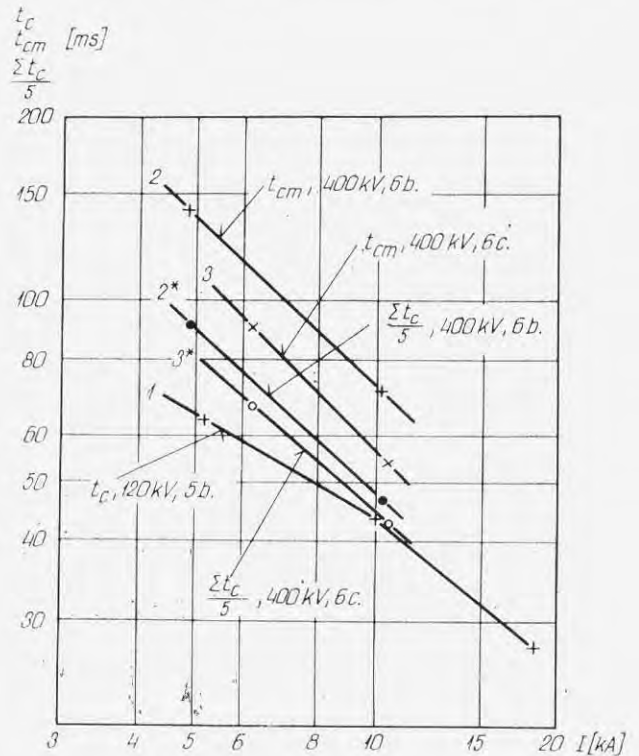
8-26-8

8. ábra. 400 kV-os szigetelőláncon végrehajtott 22. számú kapcsolás (hagyományos ívbeugyítás;  $I = 6,1$  kA) jellemző filmkockái

az átívelés nagy valószínűséggel az egyik láncon jön létre. Megvizsgáltuk azonban azt a kisebb valószínűségű esetet is, amelynél az átívelésben mind a két lánct részt vesz. A 400 kV-os láncon végrehajtott kapcsolásoknál alkalmazott begyújtási módokat a 6. ábrán tüntettük fel. Látható, hogy „átváltási” pontot a 4., 8., 12., 16. és 20. tagokon hoztunk létre. A 400 kV-os láncon végrehajtott kapcsolások eredményeit a 2. táblázatban foglaltuk össze. A 2. táblázatban a leghosszabb ideig fennálló kikényszerített közbenső talppont idején ( $t_{cm}$ ) túlmenően megadtuk az 5 kikényszerített közbenső talppont átlagos fennállási idejét is ( $\frac{\sum t_c}{5}$ ).

Ezzel kívánjuk érzékeltetni, hogy a leghosszabb ideig fennálló közbenső talppont mellett a többi közbenső talppont is jelentős ideig létezik.

A 7. ábrán a 400 kV-os szigetelőláncon végrehajtott 26. kapcsolás néhány jellemző filmkockáját mutatjuk be. Az 1. ms-ban készült felvétel a 4,9 kA-es ív 6b. ábra szerinti begyújtását mutatja. A 66. ms-ban készült felvételen az „átváltási” pontokon égő közbenső talppontok láthatók. A 132. ms-ban már csak a 12b (a b lánct alulról számított 12. tagja) tagon ég a



8-26-9

9. ábra. A szigetelőlánct közbenső tagjain égő talppontok fennállási idejének várható értéke a zárati áram függvényében

begyújtástól származó talppontpár, a 6a tagon a későbbiekben keletkezett közbenső talppontok láthatók. A 12b tagon égő utolsó kikényszerített közbenső talppontok a 143. ms-ban szűnnek meg. A későbbiekben az ív mozgása úgy alakul, hogy a felső sapka és az alsó ívterelő közt égő ív keresztezi a szigetelőlánct és átütéssel újabb közbenső talppontok képződnek. A 270. ms-ban készült felvételen a 2a és 6b tagokon keletkezett újabb talppontok láthatók. A 374. ms-ban készült felvétel egy érdekes jelenséget mutat, a 2., 3. és 4. tagon egymással paralel égő ívek láthatók, az áram nagyobb részét a 2. tagon égő ív viszi.

A 8. ábrán a 400 kV-os szigetelőlánct végrehajtott

22. kapcsolás néhány jellemző filmkockáját mutatjuk be. Az 1. ms-ban készült felvétel a 6,1 kA-es iv 6a. ábra szerinti hagyományos begyújtását mutatja. A 26. ms-ban készült felvétel is bizonyítja, hogy az egyetlen fémszállal történő begyújtás esetén nem keletkezik közbenső talppont. A 101. ms-ban készült felvételen az iv mozgása során később, átütéssel keletkezett közbenső ívtalppontok láthatók.

Az 1. és 2. táblázat kapcsolásaira a  $t_c$ ,  $t_{cm}$  és  $\frac{\sum t_c}{5}$  átlagértékeit a zárlati áram függvényében a

9. ábrán adtuk meg.

Az elvégzett kapcsolások alapján az alábbi következtetéseket tesszük:

- A hagyományos, egyetlen fémszállal történő ívkezdemenyezés nem képezi le helyesen a szennyezett lánc ív okozta igénybevételét, mivel az átívelés pillanatában nem alakulnak ki a közbenső tagokon égő ívtalppontok.
- A 4–6. és 7–9. kapcsolások összehasonlítása bizonyítja, hogy két „átváltási pont” közötti szakaszon nem szükséges a tagokat egyenként átkötni fémszállal, tehát az 5b. ábra szerinti új begyújtási móddal egyenértékű az 5c. ábra szerinti új, egyszerűsített ívkezdemenyezés.
- A 2. táblázat 25–27. és 28–30; valamint a 33–35. és 36–39. kapcsolásainak, továbbá a 9. ábra 2 és 3; ill. 2<sup>+</sup> és 3<sup>+</sup> görbéinek összehasonlítása azt mutatja, hogy a 6b. ábra szerinti ívbegyújtás (a két paralel láncon kialakított „átváltási” pontok) valamivel nagyobb  $t_{cm}$  és  $\frac{\sum t_c}{5}$  értéket eredményez, mint a 6c. ábra szerinti (csak az egyik láncon kialakított „átváltási” pontok) ívkezdemenyezés.
- A közbenső talppontok fennállási ideje áramfüggő. Azonos begyújtás és áramköri elrendezés esetén növekvő árammal  $t_c$ ,  $t_{cm}$  és  $\frac{\sum t_c}{5}$  értéke

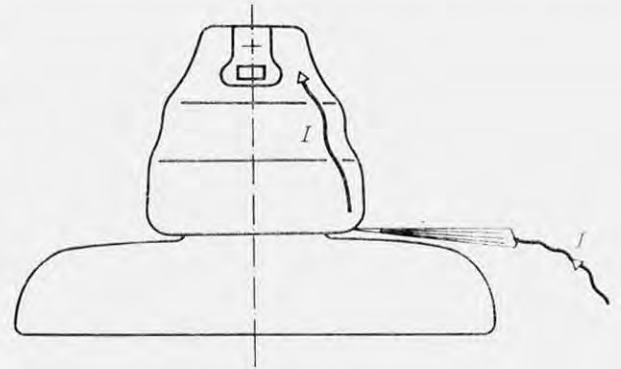
csökken. Ennek oka az, hogy a nagyobb áram okozta nagyobb elektrodinamikusan erőhatás miatt az ívszál gyorsabban mozog, és az erősebben ionozott térben könnyebben jönnek létre a közbenső talppontokat megszüntető átütések. A következő közelítő összefüggés írható fel:

$$t = \frac{\text{const}}{I^n},$$

ahol  $n \approx 1$ , azaz  $It \approx \text{const}$ .

Mivel a sérülés  $It$ -vel arányos, ez a magyarázata annak, hogy a hálózaton kisebb zárlati áramok esetében is jelentős számban fordulnak elő sérülések.

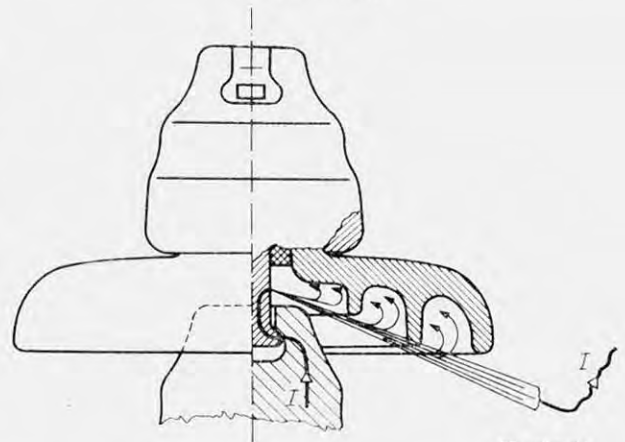
- A közbenső talppontok fennállási ideje és így a szigetelőlánc tagjainak igénybevétele függ a szigetelőlánc hosszától, azaz a feszültségintéztől. Ugyanakkora zárlati áram esetében a hosszabb, 400 kV-os szigetelőláncan égő ívre az áram hozzá- és elvezetésektől származó elektro-



10. ábra. A fémsapkában folyó áram az ívet a szigetelő tányérjára nyomja



11. ábra. Szigetelőlánc legfelső tagján az ívtalppont az alsó peremen helyezkedik el. A felvétel több zárlati kapcsolás eredő hatását mutatja



12. ábra. A szigetelő alatti fémbunkónál az ív az elektrodinamikusan erő hatására az ernyőre szorul

dinamikusan erőhatás kisebb, mint 120 kV-os lánc esetében. Ez magyarázza, hogy a 400 kV-os láncnak megfelelő 2. és 3. görbe az 1. görbe felett halad. Ez magyarázza továbbá azt is, hogy a zárlat folyamán később keletkezett közbenső talppontok a 400 kV-os szigetelőláncan nagyobb számban és jóval hosszabb időtartammal jelentkeznek, mint 120 kV-os lánc esetében. Ezt szemlélteti az 1. és 2. táblázat utolsó oszlopainak ( $t_i$ ) összehasonlítása.



– Végül a  $t_{cm}$  és a  $\frac{\sum t_c}{5}$  összehasonlításából kivágjuk, hogy 400 kV-os láncnál több, egyenként is jelentős idejű közbenső talpponttal kell számolni.

### 3. A szigetelőláncon égő ív mozgása

A szigetelőláncon égő ív mozgásának törvényszerűségeit fontos ismerni a szigetelőt érő igénybevétel csökkentése, a megfelelő szerelvények kifejlesztése és a helyes vizsgálati módszer kialakítása érdekében. A kérdéshez adalékként néhány jelenségről számolunk be nagysebességű filmfelvételeink kiértékelése alapján.

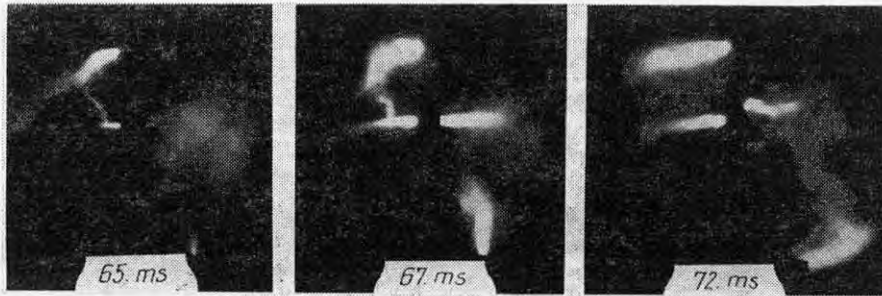
Megfigyeltük, hogy az elektrodinamikus erőhatások következtében az ívtalppont a szigetelő tagokon bizonyos stabil egyensúlyi helyzet felé törekszik. A felső (jelen esetben ívterelő nélküli) sapkán az egyensúlyi helyzet nem pontszerű, hanem a fémsapka alsó pereme, amely közvetlenül a szigetelő ernyő felett van. A fémsapkában folyó áram az ívet a szigetelőre nyomja (10. ábra). A fémsapka alsó peremén belül az egyensúlyi helyzetet az oszlopban folyó áramok határozzák meg. Ezek az áramok azonban – a nagyobb távolság miatt – kisebb erővel

hatnak. Így bár az oszlopban folyó áramok a peremen belül is meghatároznak egy stabil helyet, mégsem akadályozzák meg az ívet abban, hogy a peremen körben elmozduljon. Ez látható a 11. ábra fényképén, amely több zárlati kapcsolás eredő hatását mutatja.

A legalsó tag ernyője alatti fémbunkónál – amíg az ív kiugrik az ívterelőre – az ív az elektrodinamikus erő hatására a szigetelő ernyőre szorul és veszélyezteti a szigetelőtag épségét. A jelenséget a 12. ábrán mutatjuk be.

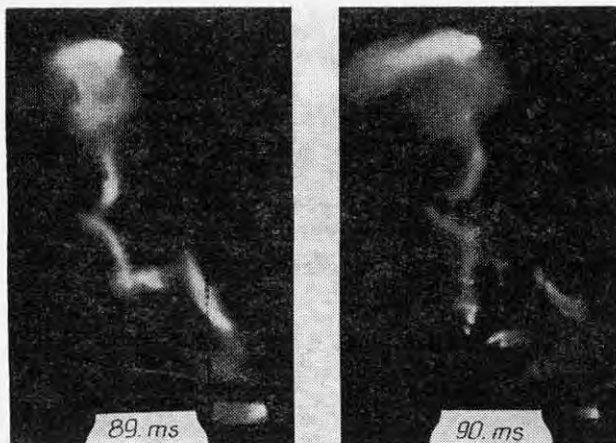
Közbenső talppontok esetében az ív ugyancsak a stabil helyzetek felé törekszik. A zárlat folyamán úgy jön létre közbenső talppont, hogy valamely közbenső fémrész és az ívsatorna között átütés keletkezik. Az átütésnek természetesen nincs stabil helye, így véletlenszerűen helyezkedik el az első pillanatban a közbenső sapkán az új ívtalppont pár. Innen azonban néhány ms múlva a stabil egyensúlyi helyzetbe kerül. A folyamat a 13. ábra felvételein látható.

Az ívtalppont – eltekintve a nagyon erős mágneses terektől – a helyét úgy változtatja, hogy a fémrész és az ívsatorna közötti átütésekkel új ívtalppont jön létre, amely bizonyos feltételek mellett megszünteti a régít, vagy bizonyos ideig paralel ég vele.



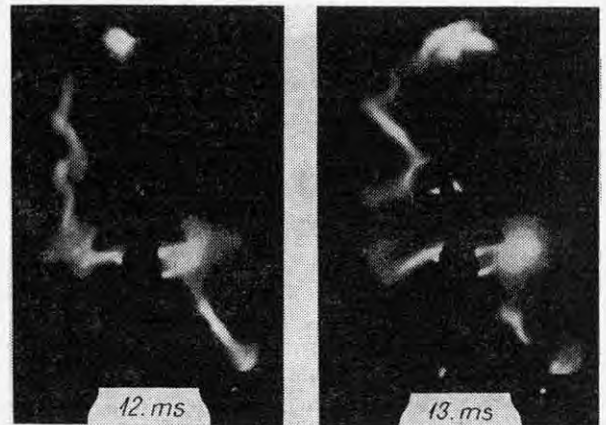
8-26-13

13. ábra. Az átütéssel keletkezett új ívtalppont- pár mozgása



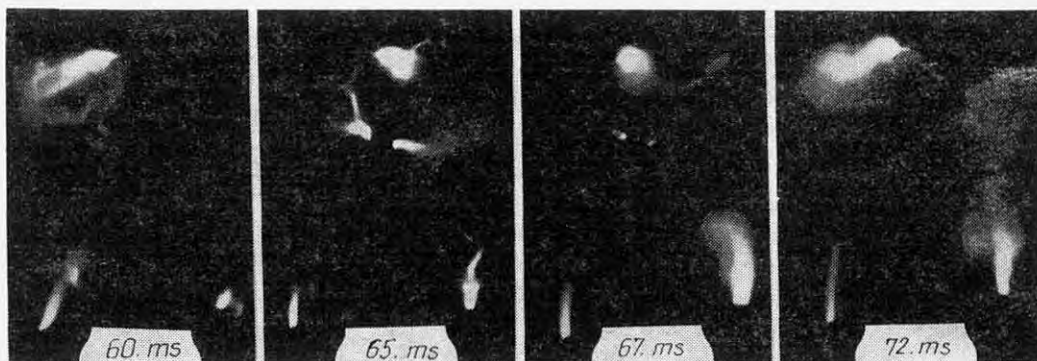
8-26-14

14. ábra. A 2. szigetelőtag fémsapkáján átütéssel kialakult több paralel ívtalppont (120 kV, 18,4 kA)



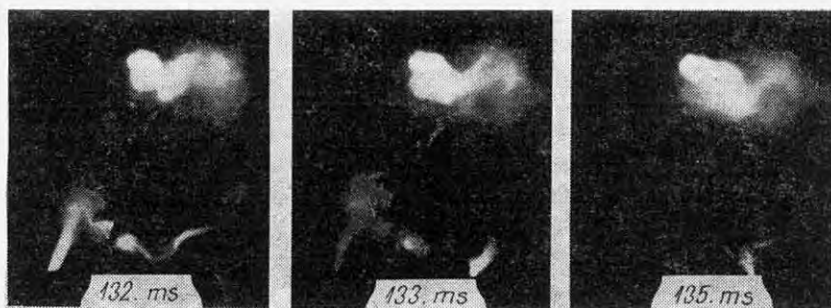
8-26-15

15. ábra. Új közbenső ívtalppontok keletkezése (120 kV, 19 kA)



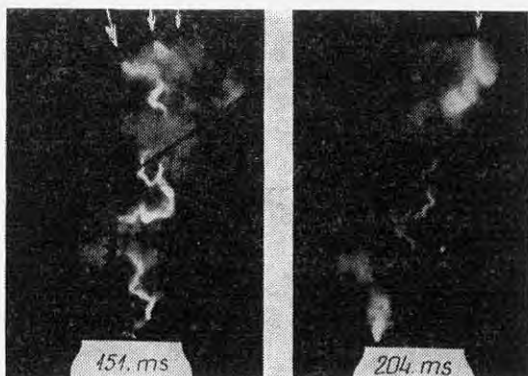
8-26-16

16. ábra. Az alsó ívterelő stabil egyensúlyi helyein hosszú ideig paralel égő ívtalppontok (120 kV, 19 kA)



8-26-17

17. ábra. Az ívterelő szerelvény átellenben levő pontjára valamely közbenső tagon égő ív segítségével, tehát a fémsapka közvetítésével „ugrik” át az ívtalppont (120 kV, 9,9 kA)



8-26-18

18. ábra. Ívtalppont kiugrása a felső vasgerendára (400 kV, 14 kA)

Az ívtalppont látszólagos ugrása tulajdonképpen új talppont kialakulása.

Az 1. táblázat 19. kapcsolásának (120 kV; 18,4 kA) két egymás utáni ms-ban készült filmkockáját mutatjuk be a 14. ábrán. A második filmkockán a 2. szigetelőtag fémsapkáján átütéssel kialakult több paralel ívtalppont látható. Ezek 3 ms után megszűnnek.

Az 1. táblázat 20. kapcsolásának (120 kV; 19 kA) 12. és 13. ms-ban készült filmkockáját a 15. ábrán

mutatjuk be. Az első filmkockán a 3. tagon égő, a megelőző ms-ban átütéssel kialakult összesen három talppont látható. A 13. ms-ban készült filmkockán a felette levő 4. sapkán is közbenső talppontok képződnek, a két tagon égő ív paralel kapcsolódik.

Az 1. táblázat 20. kapcsolásának (120 kV, 19 kA) filmkockáin az alsó ívterelőn stabilan, hosszú ideig paralel égő ívtalppontokat mutatjuk be (16. ábra). A 60. ms-ban az ív a felső sapka talppontja és az alsó ívterelő két egymással átellenben levő talppontja között paralel ég. Az alsó ívterelőn ezek a stabil egyensúlyi pontok. A 65. ms-ban készült felvételen a felső sapka és az alsó ívterelő közt égő két ívcsatorna között átütéssel keletkezett újabb ívcsatorna látható. Ennek az 5. sapkán vannak közbenső talppontjai. Az 5. sapkán égő talppontok intenzitása fokozatosan csökken, a 67. ms-ban készült harmadik felvételen ez látható. A 72. ms-ban készült felvételen már nincs közbenső talppont.

Gyakori eset, hogy az ívterelő szerelvény átellenben levő pontjára valamely közbenső tagon égő ív segítségével, tehát a fémsapka közvetítésével „ugrik” át az ívtalppont. Ezt mutatjuk be az 1. táblázat 14. kapcsolásának (120 kV, 9,9 kA) 132., 133. és 135. ms-ban készült filmkockáin (17. ábra).

A kapcsolások folyamán többször előfordult, hogy felső ívterelő szerelvény hiányában a vasoszlop és az ívcsatorna közötti átütéssel új ívtalppont alakul ki,





19. ábra. A hagyományos fémszálás begyújtás esetén gyakorlatilag nincs sérülés



20. ábra Közberső talppontok által okozott jellegzetes sérülések

így az ív eltávolodik a szigetelőláncról. Ez elősegíti a közberső talppontok megszüntését, ill. keletkezésük valószínűsége erősen lecsökken. Erre a jelenségre mutatunk példát a 18. ábra 151. és 204. ms-ban készült filmkockáin (2. táblázat 36. kapcsolása, 400 kV; 14 kA).

#### 4. A vizsgálatok során tapasztalt sérülések

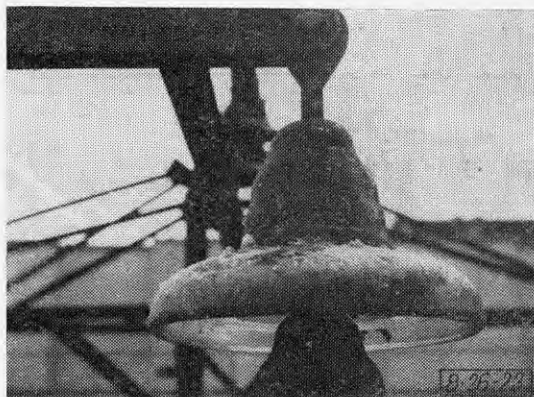
Bár jelen kutatásunk tárgyát elsődlegesen az ív kezdeményezésének, begyújtásának módja képezte, vizsgálataink eredményeket szolgáltatottak a szigetelők sérülésének jellegére és mértékére vonatkozóan is. Ezzel a kérdéssel egy következő cikkünkben részletesen is kívánunk foglalkozni, így most csak röviden érintjük ezt a kérdést.



21. ábra. Közberső talppontok által okozott jellegzetes sérülések



22. ábra. Közberső talppontok által okozott jellegzetes sérülések



23. ábra. Szigetelőlánc felső sapkája 13 db 5...11 kA-es kapcsolás után

Kísérletsorozattal megállapítottuk, hogy a szigetelőlánc tagjainak sérülésére jellemző az  $It$  szorzat, ahol  $I$  a zárlati áram,  $t$  az az idő, ameddig az ívtalppont a szigetelőtagon tartózkodik. Különbség van a sapkán az ernyő felett égő ívtalppont és a bunkón, az ernyő alatt égő ívtalppont sértő hatása között. A fémsapkán égő ív a szigetelő tányérjára nyomódik

(10. ábra), azonban annak sima felületén mintegy „elcsúszik.” A bunkón, az ernyő alatt égő ív viszont az alsó bordákra ráfúj, azokban mintegy megakad (12. ábra).

Néhány jellegzetes sérülés képét a 19–23. ábrákon mutatjuk be. A hagyományos fémszálas begyújtás esetén általában nincs számottevő sérülés, többnyire csak a begyújtó szál fémgőzlecsapódása látható (19. ábra). Ha tartósan fennálló kikényszerített, vagy a zárlat folyamán keletkezett közbenső talppontok léteznek, a sérülés nagyobb, jellegzetes sérüléseket mutatunk be a 20–22. ábrákon.

A 23. ábra a felső sapkát mutatja 13 db 5–11 kA-es kapcsolat után. A felületen „elsikló” ív nem okozza az ernyő törését.

Végül a sérülések általános jellemzésére az alábbiakat említjük meg. Az ernyő felszínén egy néhány tized mm vastag réteg leválik, esetleg a levált rétegből csepp képződik. Nagyobb igénybevételkor a levált felső réteg alatt kiterjedt repedésvonalak láthatók. A teljes vizsgálatsorozat folyamán csak 5 alkalommal volt ernyőtörés.

### Összefoglalás

A nagyfeszültségű szigetelőláncok üzemi viszonyait hűven leképező ívállósági vizsgálatokat az alábbiak szerint kell lefolytatni.

- A begyújtó fémszálat 3–5 tagonként megszakítva és 180°-kal elfordítva kell a fémsapkához hozzáerősíteni (5c; 6b; 6c. ábra). Így kikényszerítjük a szennyezett szigetelők átívelésekor

fellépő ún. „átváltási pontokat”, amelyek a szigetelőlánc közbenső tagjain tartósan fennálló ívtalppontokat eredményeznek.

- A közbenső szigetelőtag sérülésére a közbenső talppont  $t$  fennállási ideje jellemző. Mivel  $t$  áramfüggő és a növekvő áramhoz csökkenő  $t$  idő tartozik, kisebb zárlati áramok is jelentős sérülést okozhatnak. Így az ívállósági vizsgálatot a maximális zárlati áram mellett kisebb zárlati áramokkal is el kell végezni.
- A közbenső talppontok száma és fennállási ideje és így a szigetelőlánc tagjainak igénybevétele az elektrodinamikusan erők révén függ a lánc hosszától. Ezért a teljes hosszúságú szigetelőláncot kell vizsgálni annak minden üzemszerűen felszerelt szerelvényével együtt.

### IRODALOM

- [1] BRASCA, E. – COMMELLINI, E. – DELL'OLIO, D.: Power Arc on Insulator Strings: Testing Procedures and Design of Guard Devices for H. V. Transmission Lines. IEEE Trans. Power App. and Syst. PAS 89 (1970) 420–428.
- [2] HILGARTH, G.: Lichtbogenversuche an 220 kV – Isolator-ketten mit Schutzarmaturen. ETZ-A 83 (1962) 8–12.
- [3] KAROLAK, J. – WIECZOREK, S.: Investigation on Power Arc Resistance of Glass Insulation Strings 110–400 kV and Guard Devices. 6th Meeting of "Interelektrotest", Moszkva, 1977.
- [4] KERTÉSZ, V. – MIHÁLKOVICS, T.: New Testing Procedure for Power Arc Resistance of Insulator Strings for Transmission Lines. Acta Technica Acad. Scient. Hungaricae 83 (1976) 151–172.