

145 kV-os, SF₆ gázoltású megszakító zárlati megszakítóképeségének vizsgálata szintetikus áramkörben

dr. Miháلكovics Tibor, Schmidt László, dr. Szabó-Bakos Róbert, Szabó Zoltán

Összefoglalás

A Villamosenergiaipari Kutató Intézet Villamos Berendezések Főosztálya a nagyfeszültségű megszakítók megszakítóképeségének vizsgálatára szintetikus vizsgáló áramköröket fejlesztett ki.

A megszakítók vizsgálati előírásának változása és az SF₆ gázoltású megszakítók rohamos elterjedése az áram nullaátmenete körüli jelenségeket hűven leképező áraminjektáló szintetikus kapcsolás alkalmazását helyezte nemzetközileg előtérbe. Jelen cikkben a Ganz-Ansaldo Villamosági Rt. 145 kV/40 kA, SF₆ gázoltású, önálló szabadtéri megszakítójának sikeres típusvizsgálati oszcillogramjai segítségével a továbbfejlesztett áraminjektáló szintetikus áramkör paramétereit és működését ismertetjük.

Bevezetés

A Villamosenergiaipari Kutató Intézet Villamos Berendezések Főosztálya (VEIKI-VBF) a nagyfeszültségű megszakítók megszakítóképeségének vizsgálatára szintetikus vizsgáló áramköröket fejlesztett ki. Ezek leírását [1] tárgyalta részletesen. A feszültséginjektáló szintetikus áramkör maximálisan 245 kV-os feszültségű megszakítókapcsolási próbáinak — az áraminjektáló szintetikus áramkör a csökkentett feszültségű kistávolságú zárlati próbák elvégzésére készült.

A megszakítók vizsgálati előírásainak változása [2], elsősorban az előírt visszaszökő feszültség (VSF) meredekségének növelése (pl. a 100%-os megszakítási áramú 4. vizsgálati sorozatnál 1 kV/μs-ról 2 kV/μs-ra) lehetlenné tette a VSF kezdeti szakaszának előírt meredekségű beállítását, hiszen a feszültséginjektáló áramkörben a VSF kezdeti szakaszát adó nagyáramú kör önfrekvenciájának megfelelő VSF meredeksége kisebb volt az előírt meredekségnél. Másrészt a rohamosan elterjedő SF₆ gázoltású megszakítók kis, 1 μs körüli ívdőállandója az áram nullaátmenete közeli termikus visszagyújtás viszonyait hűven leképező áraminjektáló szintetikus kapcsolás alkalmazását helyezte nemzetközileg előtérbe.

dr. Miháلكovics Tibor, műszaki tudományok kandidátusa, a Budapesti Elektromos Művek Rt. Vizsgálóállomás vezetője,

Schmidt László, a Villamosenergiaipari Kutató Intézet Villamos Berendezések Főosztályának (VEIKI-VBF) tudományos főmunkatársa,

dr. Szabó-Bakos Róbert, a műszaki tudományok kandidátusa, a VEIKI-VBF műszaki tanácsadója,

Szabó Zoltán, a VEIKI-VBF Zárlati Próbáállomásának vezetője

Fenti két szempont indokolta a VEIKI-VBF áraminjektáló körének olyan továbbfejlesztését, hogy az alkalmas legyen a 145 kV/50 kA megszakítók kapocs- és kistávolságú zárlati megszakítóképeségének IEC előírások szerinti vizsgálatára. Az alábbiakban a Ganz-Ansaldo 145 kV névleges feszültségű, 40 kA megszakítóképeségű, SF₆ gázoltású megszakítóján elvégzett kapocs- és kistávolságú zárlati megszakítási vizsgálatok és kapacitív áramú megszakítási vizsgálatok kapcsán a VEIKI-VBF szintetikus áramköreinek, mérés technikájának [1] irodalmon túlmenő részletkérdéseit is ismertetjük.

1. Az áraminjektáló szintetikus áramkör működése és felépítése

A vizsgált megszakítóval párhuzamosan kapcsolt nagyfeszültségű körű áraminjektáló szintetikus áramkör kapcsolását az 1. ábra mutatja. A VEIKI-VBF nagyáramú körét a két párhuzamosan kapcsolt, egyenként 500 MVA-es INDELVE tip. zárlati transzformátor táplálja. Mivel az SF₆ megszakítók ívfeszültsége kicsi (az utolsó félperiódusban 1-3 kV), 16,6 kV ill. 13,3 kV tápfeszültség esetén az 50 kA ill. 63 kA zárlati áram elérhető anélkül, hogy az [2]-ben megengedett áramtorzulást meghaladnánk.

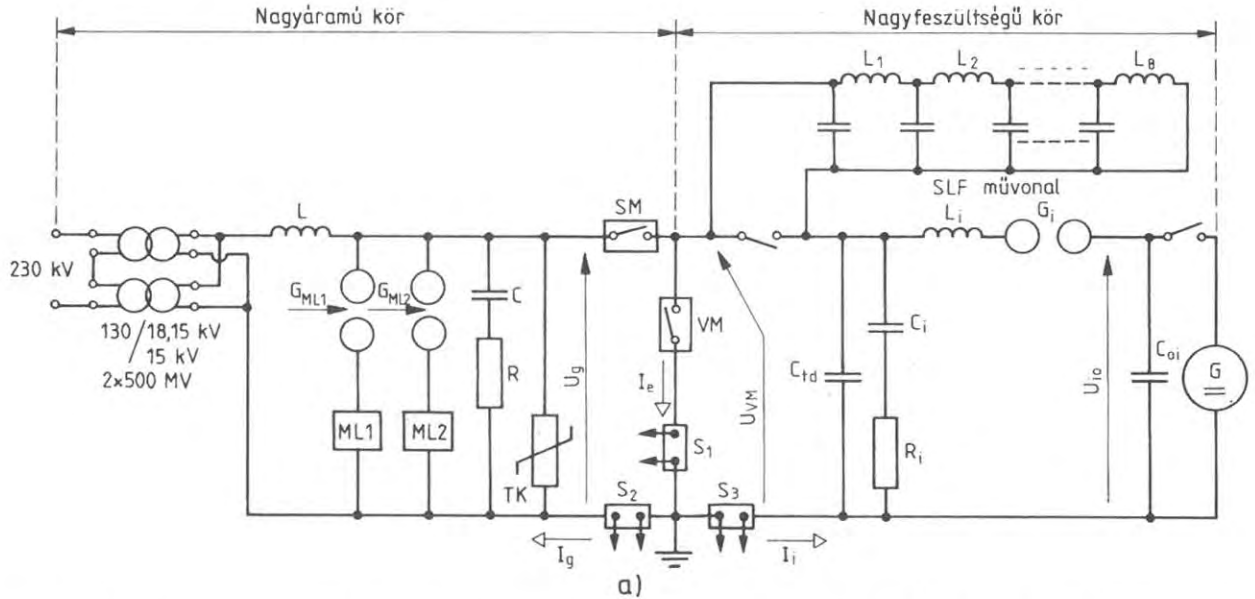
A nagyfeszültségű rezgőkör (L_i , C_i , R_i) egyfrekvenciás. Ez az egyszerűsítés a dielektromos visszagyújtásra kevésbé hajlamos SF₆ megszakítók esetében elfogadott. Ez azt jelenti, hogy pl. a 145 kV-os megszakítóra előírt 100%-os áramú 4. sorozat esetén a VSF az U_c csúcsertékét a $t_2=3t_1=231 \mu s$ helyett $t_2 = \frac{U_c}{U_1} \cdot t_1 = 108 \mu s$ -nál érné el (1. 2. ábrát és [2] II. c táblázatát).

A párhuzamos áraminjektáló kör működése a következő: A zárlati áram utolsó nullaátmenete előtt $t^* = \frac{T_i}{2} - t_h$

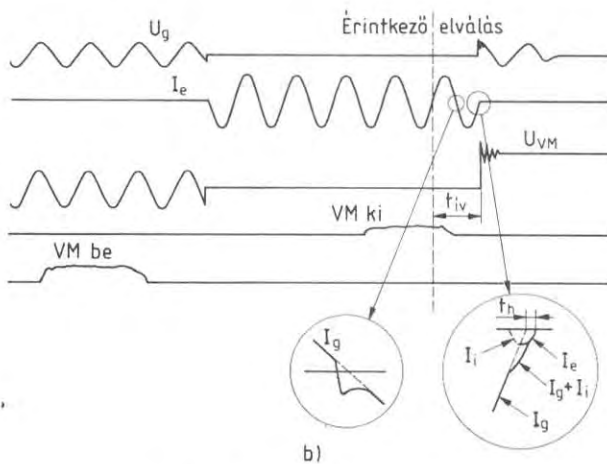
idővel (ahol $t^* > \text{ívfeszültség „jelentős változásának” szakasza}$ [3]) a G_i szikraközt begyújtva, az $U_{io} = L_i \cdot dI_i/dt$ feszültségre feltöltött C_{oi} alapkondenzátor $f_i = \frac{1}{2} \pi \sqrt{L_i \cdot C_{oi}}$ frekvenciájú — rendszerint 500 Hz körüli — I_i áramot szuperponál a VM vizsgált megszakítóra (1. 3. ábrát). A direkt zárlati körben és a szintetikus áramkörben lefolytatott vizsgálat egyenértékűségét teljesítő fontos ekvivalencia kritériumok:

– a nagyfeszültségű kör L_i induktivitása közelítőleg egyezzen meg a direkt zárlati kör induktivitásával,

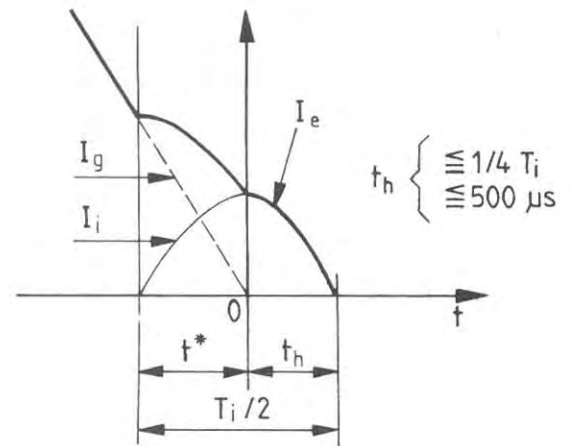
tehát $L_d \leq L_i \leq 1,5 L_d$, ahol $L_d = K \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \omega}$ (K –, az először megszakító pólus tényezője, értéke 1,3 hatáso-



1a. ábra. VEIKI áraminjektáló szintetikus áramköre VM vizsgált megszakító SM segédmegszakító; ML1, ML2 ívűző-hosszabbító áramkörök



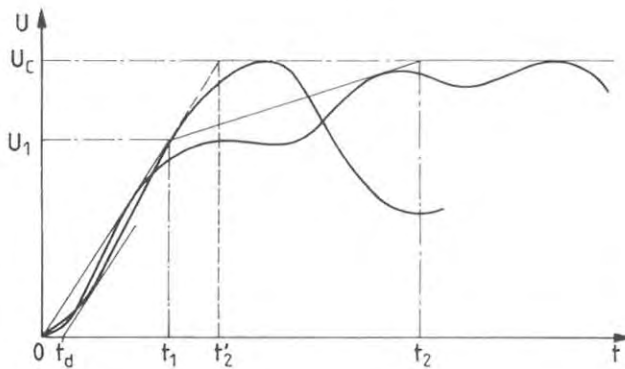
1b. ábra. Áraminjektáló kör működése



3. ábra. Az injektált áram időzítése ($250 \text{ Hz} < f_i = 1/T_i < 1000 \text{ Hz}$)

– a zárlati áram és az injektált áram nullaátmeneti meredeksége azonos legyen:

$$\left. \frac{dI_g}{dt} \right|_{t=0} = \left. \frac{dI_i}{dt} \right|_{t=t_n} = U_{i0}/L_i$$



2. ábra. Kétfrekvenciás VSF helyettesítése egyfrekvenciás VSF-fel

san földelt — és 1,5 nem hatásosan földelt hálózat esetén);

A 3. ábrán az is látható, hogy a VM vizsgált megszakítóval rendszerint azonos típusú SM segédmegszakító a $t=0$ időpontban az R és C elemekkel biztosított enyhe VSF mellett szakítja meg a kb. 15 kV feszültségű nagyáramú kör zárlati áramát, leválasztva azt a nagyfeszültségű körről. A $t>0$ időtől kezdve (l. 3. ábrán) a nagyfeszültségű rezgőkör egyedül biztosítja a VM megszakítón áthaladó I_i áram megfelelő meredekségét és az L_i, C_i, R_i elemekkel meghatározott VSF paramétereket.

A [2] megfelelő táblázataiban megadott VSF paraméterek teljesítésén túlmenően az áramkörnek teljesítenie kell a nullaátmenet közeli alábbi két feltételt is:

- a VM nyitott kontaktusairól nézett „egyenértékű hullámmellenállás” — a mi esetünkben R_i —:

$$R_i = Z_h = \frac{du_{VSP}/dt}{dl_g/dt}$$

ahol

- du_{VSP}/dt a VSF kezdeti meredeksége,
- $dl_g/dt = \sqrt{2} \cdot I_g \cdot \omega$ a zárlati áram meredeksége.
- A megszakító tápoldalán lévő helyi kapacitások (áramváltó, feszültségváltó stb. kapacitásai) VSF kezdeti meredekséget csökkentő hatását a t_d időeltolással (time delay l. 2. ábra) veszi [2] figyelembe. Az előírt t_d beállítása az 1. ábra C_{id} kondenzátorával a

$$t_d = Z_h \cdot C_{id}$$

egyenlet alapján történhet.

A nagyfeszültségű kör R, L, C elemeinek és a kistávolságú zárlat leképezéséhez használt 8π elemes SLF (short — line fault) kistávolságú zárlati művonalnak a kialakítását és értékeit [1] tárgyalja részletesen. A $C_{oi} = \frac{12 \cdot 3 \mu F}{4} = 9 \mu F$ -os alapterlep 4 soros emeletének $U_{oi} = 200$ kV-ra töltése lehetővé teszi a 145 kV-os névleges feszültségű megszakítók kapcsolási próbáinak áraminjektáló körben való lefolytatását, sőt az egyes emeleteken elhelyezett 12 db 3 μF -os kondenzátor két 6-os csoportjának soros kötésével a fázisopozíós megszakítóképesség esetén megkövetelt $U_{oi} \approx \alpha \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot U_N$ töltőfeszültség követelménye is teljesíthető, ahol U_N a megszakító névleges feszültsége, $\alpha = 2$ vagy $\alpha = 2,5$ attól függően, hogy földelt vagy szigetelt csillagpontú hálózaton használt készülékről van szó.

A szintetikus áramkörben a VM vagy SM visszagyűjtése esetén, a nagyáramú- és nagyfeszültségű kör elemeit veszélyeztető túlfeszültségek fellépése üzemszerű jelenség. A nagyértékű berendezéseket védő, többlépcsős túlfeszültségvédelem felépítését [1] 5/1 ábráján tárgyaltuk részletesen, az 1. ábrán csak a legfontosabb elemét, a nagyáramú kört védő TK fénoxid túlfeszültségkorlátozót adtuk meg.

A szintetikus vizsgálatoknál a VM megszakítási áramát az erősítési tényező arányában kisebb feszültségű nagyáramú kör biztosítja, amelyben a megszakító ívelési ideje rövidebb lehet, mint a direkt áramkörben. Hogy a direkt és szintetikus áramkörben az ívidők azonosságát, mint alapvető ekvivalencia kritériumot teljesítjük, az 1. ábrán ML1 és ML2 jelű ívidőhosszabbító áramköröket alkalmaztunk. Ezekkel az utolsó előtti áram nullaátmenet előtt 50-100 μs idővel alkalmazott néhány kA-es meredek áramimpulzussal az áramot átlökjük a nullán (l. 1/b ábra kinagyított részletét), úgy hogy az már csak a következő nullaátmenetben tud megszakadni. A két ívidőhosszabbító áramkör megépítését a 0-0,3s-CO ciklusban szükséges két ívidőhosszabbítás követelte meg. Az áramkör részletes leírását és kapcsolását [1] 3/1 ábrája mutatja. Az ívhosszabbító áramkörök kondenzátorait a max. 50 kV helyett az SF₆ megszakítók kis ívfeszültsége miatt elegendő 20-25 kV-ra tölteni.

2. Szintetikus vizsgálatok vezérlése, mérés technikája

2.1. Regisztráló berendezések

A vizsgálatok során megfelelő időfelbontással kell dokumentálni

- az I_e zárlati áramot (50 Hz),
- az $f_i \approx 500$ Hz frekvenciájú I_i injektált áramot, és annak $dl_i/dt \approx 1 \dots 20$ A/ μs meredekségét,
- a vizsgált megszakító 2...8 kV/ μs meredekségű tranziens visszatérő feszültségét (U_{VSP}),
- a vizsgált megszakító U_v visszatérő feszültségét,
- a vizsgált megszakító U_{iv} ívfeszültségét,
- a vizsgált- és segédmegszakító VM BE, VM KI, SM KI működtető impulzusait.

A különböző időbeli felbontást igénylő jelek rögzítéséhez az alábbi berendezéseket használjuk:

- 12 sugaras hurkos oszcillográf kb. 20 mm/20 ms sebességgel a néhány tized s-os időtartomány átfogására,
- 6 sugaras forgódobos katódsugaras oszcillográf 500 mm/20 ms sebességgel az ívelés alatti és a megszakítást követő jelenségek (U_{iv} , d_{ij}/dt , I_i , U_{VSP}) kiértékeléséhez,
- két digitális oszcilloszkóp a megszakítás közvetlen környezetében az áram és VSF nagy felbontású rögzítéséhez 5...250 $\mu s/cm$ léptékben.

2.2. Elektromágneses zavarok kérdése

A vizsgálatok során fellépő intenzív elektromágneses zavarok miatt nagy körültekintéssel kell a mérendő jeleket továbbítani a regisztráló berendezésekhez, mivel a zavarok nemcsak a jelek megbízható kiértékelését rontják, hanem az elektronikus mérőberendezések tönkremenetelét is okozhatják. Ilyen szempontból a leginkább veszélyesek a nagy meredekségű földpotenciál tranziensek. Rendszerint a nagyfeszültségű körben lejátszódó kapcsolási tranziens következtében lépnek fel (megszakító visszagyűjtés, vagy egyéb átütés), mégpedig úgy, hogy a nagyfeszültségű berendezés szórt földkapacitásait az átütési csatorna a kiterjedt földelhálózat távolosó pontjain keresztül süti ki, így — ha igen rövid időre is — a szórt kapacitások feszültségét rájuk kényszeríti, ily módon 5 kV-ot meghaladó, impulzusszerű földpotenciálugrásokat okozva a különböző földelt pontok között. A földpotenciál-tranziensek csökkentése érdekében nagy gondot fordítottunk a földelőrendszer kialakítására. A sokcsatornás oszcillográf-erősítőket optocsatolt leválasztással láttuk el. Valamennyi regisztráló berendezésünkhöz kiskapacitású szigetelőtranszformátort és nagyfrekvenciás zavarűző négyfázisú használtunk. A mért jelek továbbítására kettős árnyékolású nagyfrekvenciás kábeleket és csatlakozókat alkalmazunk. A regisztráló berendezéseket többszörösen árnyékolt mérőszobában helyeztük el.

2.3. Feszültség- és árammérés

A hagyományos mérőtranszformátorok frekvenciaátviteli korlátai miatt szélessávú feszültségosztókat és zárlati árammérő söntöket használunk. A kistávolságú távvezeték-művonal 100-200 kHz alapharmonikus frekvenciájú rezgéseinek alakhű átviteléhez a feszültségosztó nagyfrekvenciás átvitelére vonatkozó követelmények hasonlóak a lökfeszültség mérésére használatos osztókéhoz, ugyanakkor alkalmasnak kell lenniük 50 Hz-es és egyenfeszültség mérésére is. Az osztó impedancia-viszonyainak olyanoknak kell lenniük, hogy a művonal rezgéképét ne befolyásolják, ezenkívül biztosítani lehessen a hosszú mérőkábel reflexió-mentes lezárását. A fenti célra ~75 ns időállandójú kombinált soros-párhuzamos ellenállás- és kapacitív osztókat fejlesztettünk ki. Az áram méréséhez is saját bifiláris és koaxiális elrendezésű sönt-sorozatok állnak rendelkezésre. A típuspróbáknál az áram mérés frekvenciaátviteli követelményei kevésbé szigorúak, mint az oltókamra fejlesztési vizsgálatoknál, ahol az áram megszakítás mikrostruktúrájának (utóáram tartomány) mérése a feladat. Ilyen célra speciális zárlati söntöt fejlesztettünk ki, amely lehetővé teszi MHz-es áram-transziensek mérését is.

2.4. Programvezérlés

A vizsgálatok során számos készüléket kell programozottan működtetni (5-6 megszakító, 5 vezérelt szikraköz, oszcillográfok stb.). A laboratórium 220 kV-os betáplálásának megszakítóit 16 csatornás mechanikus programkapcsolóval működtetjük, amely még feszültségkimaradás esetén is képes a megkezdett programot végigfuttatni. A pontos szinkronvezérlést igénylő készülékek működtetését a VEIKI-ben kifejlesztett 30 csatornás, 0,5 villamos fok pontosságú elektronikus programvezérlővel végeztük. A programvezérlő berendezés üzembiztos működését — az elektronikus mérőberendezéseknél is említett zavar-környezetben — megfelelő feszültség-szintű galvanikus leválasztás biztosítja. A feszültség-nullaátmeneti vezérlő lényegében egy preset számláló, amelynek 3 dekádja a zárlati kör feszültségének periódusait, 2 dekádja a fázis-egységeket számlálja.

Az áram-nullaátmeneti vezérlésekre az ívelés alatti szakaszban van szükség, mégpedig az áram nullaátmenete előtt pontosan beállítható idővel, az ívidőhosszabbító plazmainjektorok (G_{ML1} és G_{ML2}) és a nagyfeszültségű rezgőkör plazmainjektorának (G_i) vezérléséhez, valamint az oszcilloszkópok indításához. Az áramnullaátmenet-érzékelő a zárlati áram egyenáramú összetevőjétől és nagyságától gyakorlatilag függetlenül képes extrapolálni a nullaátmenet helyét és előtte a kívánt idővel vezérlőimpulzust kiadni.

2.5. Plazmainjektorok

A vizsgálatokhoz pontosan vezérelhető nagyáramú kapcsoló-szikraközöket használunk, amelyek a szokásos trigátronoktól eltérően a szabad átütési feszültségükhöz képest kis feszültség-szinten is alkalmasak kA nagyság-

rendű áramok bekapcsolására. A szikraközt az egyik elektródájába beépített fúvókán kilövellő plazmasugár ionizálja a fúvóka mögötti ívhúzó kamrába belesütött kJ nagyságrendű kondenzátor-energia hatására. Tekintve, hogy a plazmainjektorok nagyfeszültségű ponton működnek, vezérlésük fényvillamos úton történik. Plazmainjektoros szikraközöket használunk szinkron zárlati kapcsolóként, ívidő hosszabbításához (G_{ML1} ; G_{ML2}) és a nagyfeszültségű rezgőkör bekapcsolására (G_i).

2.6. Kondenzátor telepek töltése, áramköri elemek távműködtetése

A szintetikus vizsgálatokhoz négy energiatároló kondenzátortelep áll rendelkezésre (áraminjektáló és feszültséginjektáló áramkör telepei, 2 ívidőhosszabbító áramkör kondenzátor telepe). A telepek feszültségét, a szikraköz-távolságokat a vezénylőben elhelyezett digitális kijelzők mutatják, a kisütő és földelőszakaszoló állását az áramköri sémákba behelyezett kétszínű LED kijelzőkön lehet ellenőrizni. A kisütő, földelő és töltőszakaszoló programozott sorrendi működését relés logika végzi.

3. A vizsgált megszakító főbb adatai

Az alábbiakban csak a megszakítóképeség vizsgálata szempontjából legfontosabb villamos adatokat soroljuk fel:

Gyártó:	Ganz-Ansaldo Villamossági Rt.
Típus:	ELF SL — 2 — 1
Névleges feszültség:	$U_N=145$ kV
Névleges megszakítóképeség:	$I_m=40$ kA
Névleges áramerősség:	$I_N=4000$ A
Névleges termikus határáram:	40 kA · 3 s
Villamos szilárdság:	
– üzemi frekvenciájú próbafeszültség	275 kV – 1 perc
– lökő próbafeszültség	650 kV
Először megszakító pólus tényezője:	1,3 (hatásosan földelt hálózat)
Névleges fázisopozíciós megszakítóképeség:	10 kA
Névleges távvezetési töltőáram megszakítóképeség:	50 A
Névleges kábel töltőáram megszakítóképeség:	160 A
Névleges kisinduktív áram megszakítóképeség:	10 A
Oltóközeg:	SF ₆ — 6 bar
Hajtás típusa:	CR 3 — 1 fázisonkénti, rugóerőtárolós
Kikapcsolási önidő:	< 32 ms (220 V _{DC})
Bekapcsolási önidő:	< 82 ms (220 V _{DC})
Névleges működési ciklus:	0-0,3 s –CO–3 perc–CO
Maximális ívidő:	23 ms

4. Vizsgálati eredmények

Minden előírt vizsgálat-sorozatban a kiszámolt áramkör [2] előírásait kielégítő független VSF paramétereit kisfeszültségű áraminjektáló módszerrel ellenőriztük.

Az elvégzett zárlati vizsgálat sorozatok közül (T.d.1 — 4 kA; T. d. 2 — 12 kA; T. d. 3 — 24 kA; T. d. 4 — 40 kA; T. d. 5 — 40 kA min. 40% egyenáramú komponenssel; fázisopozíciós megszakítóképesség — 10 kA; SLF₉₀ — 36 kA; SLF₇₅ — 30 kA) néhány jellemző kapcsolás oszcillogramjait tárgyaljuk az alábbiakban.

A 4. ábra oszcillogramjai a nagy ívenergiát eredményező és így a megszakító számára egyik legnehezebb igénybevételt jelentő 5. vizsgálat sorozatban készültek. A megszakító az előírtnál nagyobb 59%-os egyenáramú komponens mellett is $t_{iv}=16,7$ ms időben sikeresen szakította meg a $I_m=40$ kA névleges megszakítási áramát. Az ADG 1712-L lassú oszcillogram 1. sugara a nagyáramú kör I_g zárlati és a nagyfeszültségű kör I_i injektált áramának S_1 sönttel mért I_e eredője mutatja. Az utolsó előtti áram nullaátmenetben időhosszabbítást (l. 1/b ábra) alkalmaztunk. Az ADG 1712-L 2.-, az ADG 1712-

R 3.- és az ADG 1712-D felső sugara az $f_i=571$ Hz frekvenciájú, $dI_i/dt \approx dI_i/dt=17,7$ A/ μ s meredekségű injektált áramot mutatja. Ennek nullaátmenetében a 223 kV amplitúdójú, 2,7 kV/ μ s meredekségű VSF esetén a VM sikeresen szakít meg (ADG 1712-L 4. sugara, ADG 1712-R 4. sugara, ADG 1712-D alsó sugara). Az SM segédmegszakító az I_g zárlati áramot a csak VM-en átfolyó I_i injektált áram nullaátmenete előtt $t_h \approx 170$ μ s-al szakítja meg a 15 kV-os nagyáramú kör enyhe VSF-mellett (l. 1/b ábrát és ADG 1712-R 1. sugarát).

Az 5. ábra az SF₆ gázoltású megszakítók számára legkritikusabb 90%-os zárlati áramú kistávolságú zárlati megszakítás esetét (SLF₉₀) mutatja.

A 90%-os, tehát 36 kA-es kistávolságú zárlat esetén az

$$X_T = \frac{145 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 40 \text{ kA}} = 2,09 \text{ ohm tápoldali impedanciához}$$

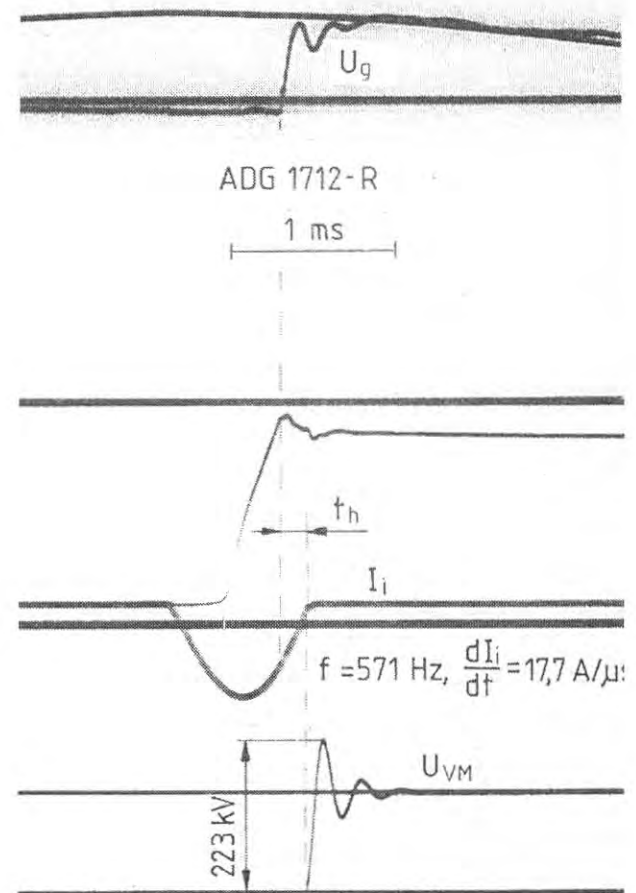
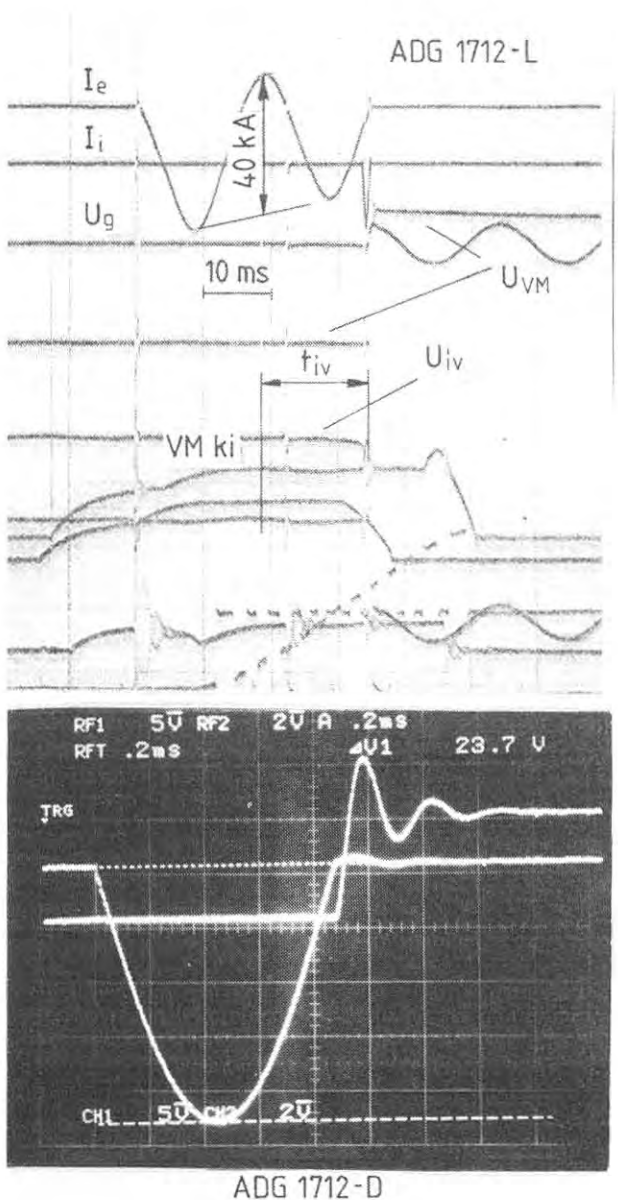
járul a zárlatos távvezeték szakasz $X_V =$

$$\frac{145 \text{ kV}}{\sqrt{3} \cdot 36 \text{ kA}} - X_T = 0,233 \text{ ohm impedanciája.}$$

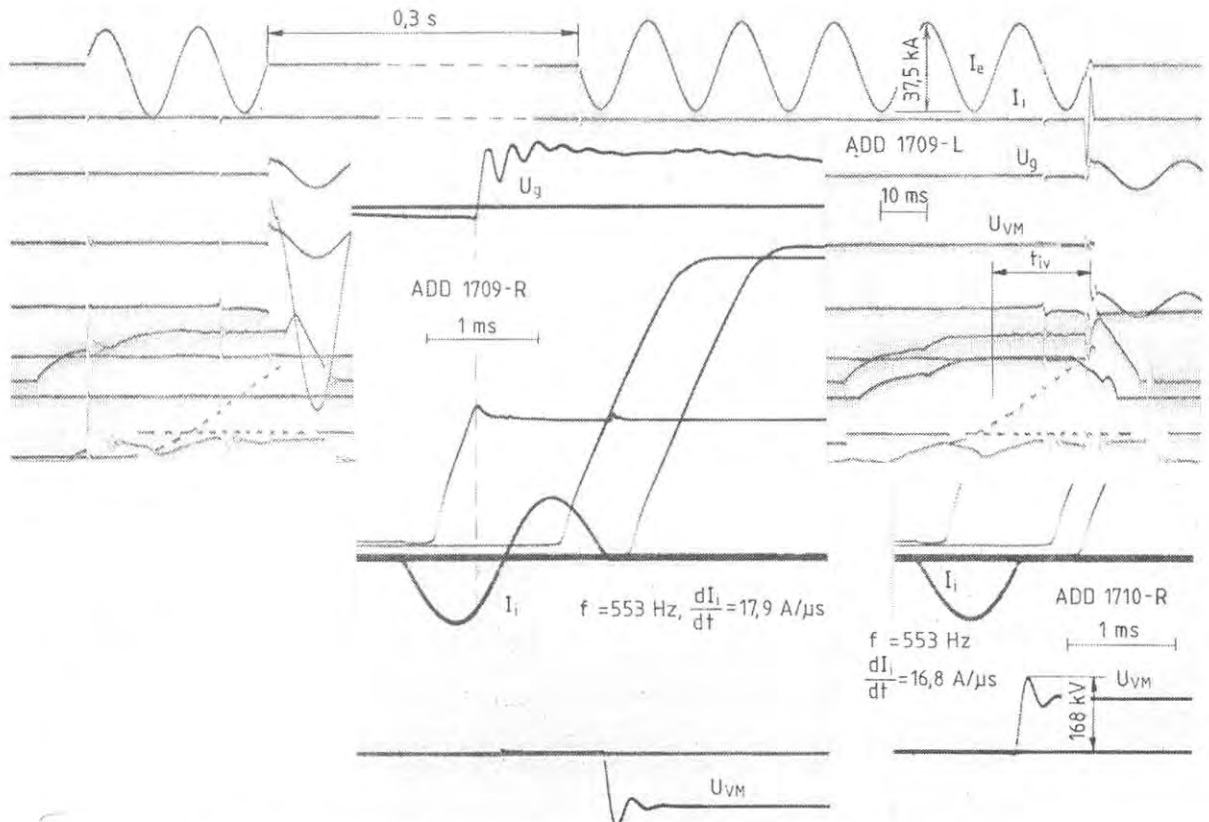
Tehát közvetlenül az áram nullaátmenete után

$$\frac{dU}{dt} = \sqrt{2} \cdot I \cdot \omega \cdot Z = \sqrt{2} \cdot 3 \text{ kA} \cdot 314/s \cdot 450 \Omega =$$

$$7,2 \text{ kV}/\mu\text{s meredekségű, } \hat{U}_{SLF} = \frac{145}{\sqrt{3}} \sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 1,6 =$$



4. ábra. 40 kA sikeres megszakítása 59% egyenáramú összetevő esetén (5. vizsgálat sorozat)



5. ábra. Sikertelen és sikeres 90%-os kistávolságú zárlati (SLF₉₀) megszakítás a dI/dt függvényében

$\sqrt{2} \cdot 36 \cdot 0,233 \cdot 1,6 = 18,9$ kV előírt amplitúdójú vezetékrezgés veszi igénybe a megszakítót.

A vezetékrezgés fél-periódusideje:

$$T_L/2 = \frac{\hat{U}_{VSF}}{du/dt} = 2,63 \mu s.$$

Ez közelítőleg

$$L = \frac{C \cdot T_L/2}{2} = \frac{0,3 \text{ km}/\mu s \cdot 2,63 \mu s}{2} = 0,395 \text{ km}$$

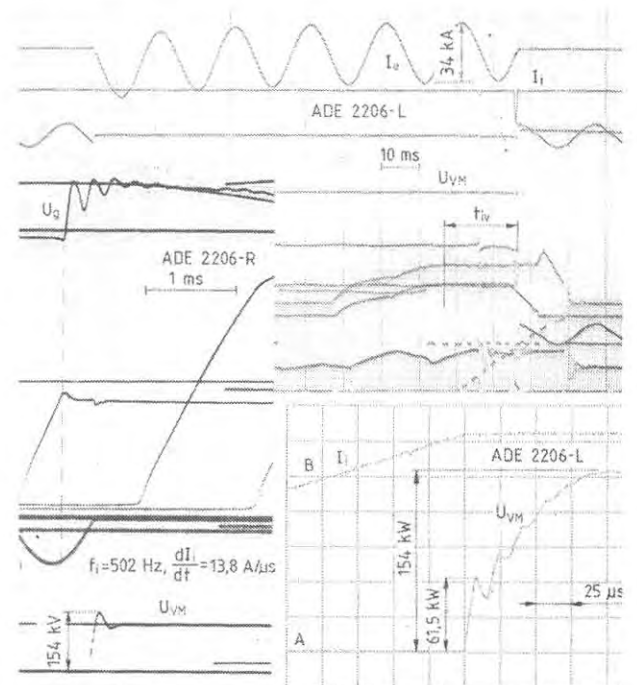
vezetékhozsnak felel meg.

A fentiekben használt jelölések:

- $Z = 450 \Omega$ — távvezeték szabványban előírt hullámlenállása,
- $K = 1,6$ — távvezeték rezgésének előírt csúcstényezője,
- $C = 0,3 \text{ km}/\mu s$ — fénysebesség).

Az ADD 1709-L felvétel mutatja, hogy az 0-0,3 s — CO ciklus mindkét megszakítási műveleténél az utolsó előtti áram nullaátmenetben ívédőhosszabbítást alkalmaztunk. A mért ívédők $t_{iv1} = 18,4$ ms és $t_{iv2} = 21,3$ ms. Az ADD 1709-L 2. és az ADD 1709-R 3. sugarának tanúsága szerint a megszakítás az I_i injektált áram első nullaátmenetében sikertelen. Ennek oka az előírt $16 \text{ A}/\mu s$ meredekségnél nagyobb $dI_i/dt \approx 17,9 \text{ A}/\mu s$ áram nullaátmeneti meredekség volt. Az ADD 1710-R oszcillogram igazolja, hogy $dI_i/dt \approx 16,8 \text{ A}/\mu s$ meredekség és $t_{iv} = 21,4$ ms ívédő esetén a megszakítás már sikeres.

A 6. ábra a 75%-os, tehát 30 kA előírt zárlati áramú kistávolságú zárlati megszakítás esetét (SLF₇₅) mutatja. A megszakító még nagyobb zárlati áram és $dI_i/dt = 13,8 \text{ A}/\mu s > 13,3 \text{ A}/\mu s$ meredekség esetén is sikeresen szakított meg $t_{iv} = 19$ ms ívédő esetén. A ADE 2206-D oszcillogra-



6. ábra. 75%-os kistávolságú zárlati (SLF₇₅) megszakítás jellemző oszcillogramjai

mon, 25 $\mu\text{s}/\text{cm}$ széthúzásban jól látható a 61,5 kV amplitúdójú távvezeték oldali meredek VSF összetevő.

A nagyfeszültségű megszakítók kapacitív áramú (távvezetéki-és kábeltöltőáram, kondenzátor telep árama) megszakítókéességének vizsgálatához kifejlesztett áramkörünket jelen cikket rövidesen követő folytatásban számolunk be.

Irodalom

- [1] *Karsa B., dr. Miháلكovics T., Schmidt L., dr. Szabó-Bakos R.*: Nagyfeszültségű, nagyobb teljesítményű szintetikus próbaáramkör kifejlesztése, VEIKI Közlemények 1981. 150—160.
- [2] High voltage alternating-current circuit-breakers; IEC 56, Fourth edition 1987.
- [3] Synthetic testing of high-voltage alternating current circuit-breakers, IEC 427, Second edition 1989.
- [4] STL Guide to the interpretation of IEC Publ. 56: 4th edition: 1987. High voltage alternating current circuit-breakers. Sept. 1988, England
- [5] STL Guide to the interpretation of IEC 427: 1989. Synthetic Testing of High Voltage Alternating Current Circuit — Breakers. Issue 1. England.