

Középfeszültségű túlfeszültség-korlátozók jellemzői, vizsgálati előírásai, kiválasztása. 2. rész

DR. MIHÁLKOVICS TIBOR, a műszaki tudományok kandidátusa

E három részes cikk 1. része lapunk 2003/4. számában jelent meg. A fejezetek, a táblázatok és az ábrák számozása folyamatos. Ha másik részben közölt táblázatra hivatkozunk, akkor megjelöljük a rész-, ill. a fejezetszámot! Az IRODALOM az 1. részben található.

3.3.4 Üzemi működési vizsgálatok

3.3.4.1 Üzemi működési vizsgálatok közös jellemzői

Ezek a vizsgálatok a TK termikus stabilitását igazolják az üzemi körülményeket szimuláló előírt áramimpulzusok és előírt értékű üzemi frekvenciájú feszültség kombinált alkalmazása esetén. A TK vagy annak arányos része akkor felel meg a vizsgálat követelményeinek, ha a ráadott üzemi frekvenciájú feszültség mellett alkalmazott áramlökések esetén is a hőmérséklete csökken, tehát "hőmegfűtás" nem következik be. Ezért fontos, hogy a próbatárgy, tehát a TK vizsgált arányos része mind az állandósult, mind tranzienis hőleadás szempontjából a teljes TK viszonyait képezze le. Ennek feltételeit a [4] 7.5.3. pontja tárgyalja részletesen.

A vizsgálatokat három TK-n vagy annak arányos részén $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ környezeti hőmérsékleten kell elvégezni. A próbatárgyak névleges feszültsége legalább 3 kV legyen, hacsak a teljes TK névleges feszültsége ennél nem kisebb. 12 kV-nál nagyobb névleges feszültségű TK esetén a vizsgáló laboratóriumok korlátozott vizsgálati lehetőségei miatt általában a TK arányos részén végzik el a vizsgálatokat.

Az üzemi működési vizsgálatok kritikus paramétere a fém-oxid ellenállás vesztesége. Ezért a vizsgálatokat az új fém-oxid ellenállásokon olyan U_C^* növelt folyamatos üzemi feszültség és U_R^* növelt névleges feszültség mellett kell elvégezni, amelyek ugyanazt a veszteséget adják az új fém-oxid ellenálláson, mint az öregített ellenállások az U_C és U_R feszültség esetén. U_C^* és U_R^* növelt feszültségek értéke a [10] 7.5.2 pontban tárgyalt gyorsított öregítési eljárásból adódik.

A TK arányos részének vizsgálati feszültségét a teljes TK vizsgálati feszültségének és a teljes TK-t alkotó arányos részek számainak hányadosa adja meg, amelyet az U_C^*/U_C és U_R^*/U_R arányban kell még korrigálni.

3.3.4.2 Nagyáramú üzemi működési vizsgálat

Nagyáramú üzemi működési vizsgálatot kell lefolytatni az 5 kA és 10 kA - 1. osztály névleges levezetési áramú TK-n. A vizsgálatok menete a következő:

- $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ környezeti hőmérsékleten meg kell mérni a három próbatárgy $8/20 \mu\text{s}$ alakú I_N névleges levezetési áramához tartozó maradékfeszültségét.
- A tényleges nagyáramú üzemi működési sorozat előtt egy előkészítő, úgynevezett "kondicionáló" vizsgálatosorozatot kell lefolytatni. Ennek során 4 csoportban alkalmazott, csoportonként 5, tehát összesen 20 db $8/20 \mu\text{s}$ alakú, I_N áramú lökést kell a próbatárgyra adni, miközben annak sarkaira a növelt folyamatos üzemi feszültség $1,2$ -szerese ($1,2U_C^*$) van kapcsolva. Az áramlökést úgy kell szinkronizálni, hogy polaritása egyez-

zen meg az üzemi frekvenciájú feszültség polaritásával és annak csúcserőtelje előtti $60^{\circ} \pm 15^{\circ}$ időpontra essen. Az egy csoporton belüli lökések közti szünet időtartama 50-60 s, az egyes csoportok közti szünet időtartama 25-30 min legyen. A csoportok közti szünetidőben nem kell a $1,2U_C^*$ feszültséget a próbatárgyra kapcsolni.

E vizsgálatosorozat után, egy későbbi időpontban kerülhet sor az így "kondicionált" nemlineáris ellenállások tényleges nagyáramú üzemi működési vizsgálatára.

- A $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ kezdeti hőmérsékletű próbatárgyakon lefolytatott nagyáramú működési sorozat 2 nagyáramú, tehát $4/10 \mu\text{s}$ alakú áramlökésből áll. Ezek amplitúdóját az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat.

Nagyáramú működési sorozatban alkalmazott áramlökés jellemzői

ZnO korlátozó	Áramlökés, $kA_{CS} - Th / Tt, \mu\text{s}$
10 kA - 1.o.	2 x 100 - 4/10
5 kA	2 x 65 - 4/10

A két - a kondicionáló vizsgálatnál alkalmazott 20 áramlökéssel azonos polaritású - nagyáramú impulzus között a próbatárgyat kályhában $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ -ra kell melegíteni, a második nagyáramú lökést az így előmelegített próbatárgyra kell adni. A termikus stabilitás igazolásához a második nagyáramú lökés után 100 ms időn belül az U_R^* növelt névleges feszültséget kell 10 s ideig, majd az U_C^* növelt folyamatos üzemi feszültséget kell 30 perc ideig a próbatárgyra kapcsolni. Az impulzusok áramát és a rákapcsolt feszültség hatására folyó (szivárgó) áramot oszcillográfálni kell. Az alkalmazott nagyáramú impulzus türeseit a [4] 7.5.4.2 pontja tartalmazza.

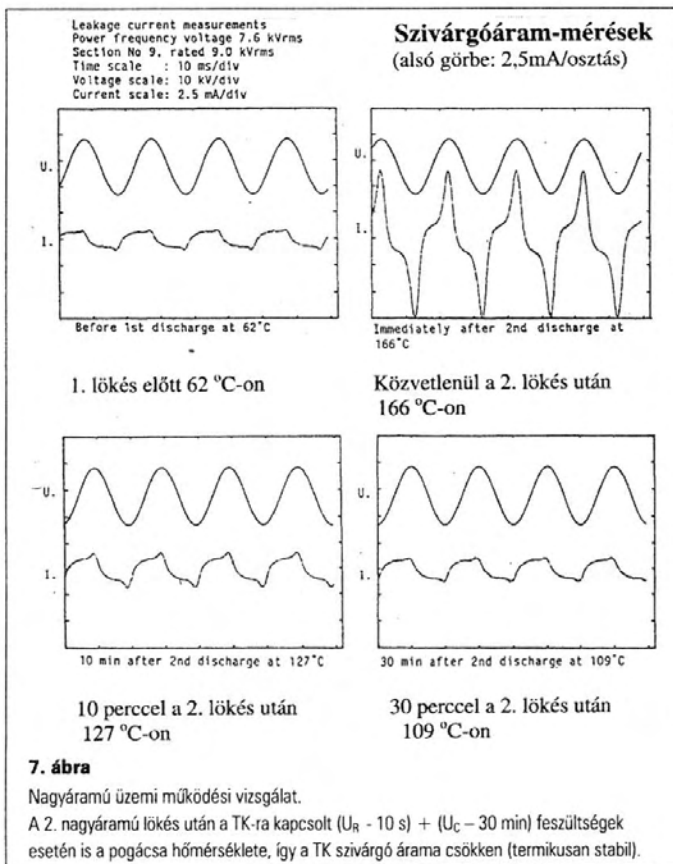
- A teljes nagyáramú üzemi működési vizsgálat befejezése után a környezeti hőfokra lehűlt próbatárgyakon meg kell ismételni a maradékfeszültség mérését.

A TK megfelelt a vizsgálati előírásoknak, ha nem következett be "hőmegfűtás", tehát ha a lökés után rákapcsolt U_R^* és U_C^* feszültségek esetén is csökken a ZnO pogácsán átfolyó áram és így annak hőmérséklete, a vizsgálat elején és végén mért maradékfeszültségek eltérése kisebb mint 5%, és ha a próbatárgyak szemrevételezése nem mutat átütést, átívelést, sérülést.

„Kondicionálás”	a. Maradékfeszültség mérése $1 \times I_N - 8/20 \mu\text{s}$ árammal	→
	Szünetidőre nincs előírás	
Nagyáramú üzemi működési sorozat	b. 4 csoportban alkalmazott, csoportonként $5 \times I_N - 8/20 \mu\text{s}$ lökés, próbatárgyra kapcsolva $1,2 U_C$ mellett. Lökések közti szünet: 50...60 s. Csoportok közti szünet: 25...30 min	→→→→→ →→→→→ →→→→→ →→→→→
	Szünetre nincs előírás, $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$	
	c. $4/10 \mu\text{s}$ nagyáramú lökés az 5. táblázat paramétereivel. Előmelegítés $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ hőfokra $4/10 \mu\text{s}$ nagyáramú lökés az 5. táblázat paramétereivel	————— —————
	Legfeljebb 100 ms szünet	
	d. Névleges feszültség $U_R^* - 10 \text{ s}$	$U_R^* - 10 \text{ s}$
	folyamatos üzemi feszültség $+ U_C^* - 30 \text{ min}$	$U_C^* - 30 \text{ min}$
	Hűlés $20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ -ra	
	e. Maradékfeszültség mérése $1 \times I_N - 8/20 \mu\text{s}$ árammal	→
	f. Próbatárgy vizuális vizsgálata	

6. ábra

5 kA és 10 kA - 1.o. korlátozók nagyáramú üzemi működési vizsgálata

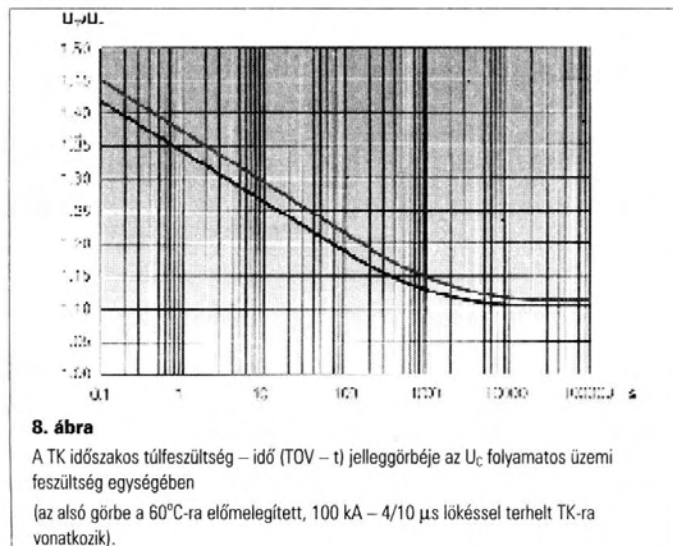


A teljes nagyáramú üzemi működési vizsgálat menetét a 6. ábra teszi szemléletessé, egy nagyáramú üzemi működési vizsgálat jellemző oszcillogramjait, a pogácsák hőmérsékletét mutatja a 7. ábra.

3.3.4.3 A TK üzemi frekvenciájú túlfeszültség - idő jelleggörbéje

Az előző pontban leírt nagyáramú üzemi működési vizsgálat kiegészítéseként a gyártónak paraméterekkel vagy görbékben kell megadnia, hogy a 60°C-ra előmelegített TK-ra adott nagyáramú áramlökéseket követően milyen amplitúdójú üzemi frekvenciájú feszültséggel mennyi ideig terhelhető a TK anélkül, hogy "hőmegfűtés" következne be.

Ilyen mért TOV-t (időszakos túlfeszültség-idő) jelleggörbék mutat a 8. ábra. E görbék ismerete szükséges a TK helyes kiválasztásához.



Ha a karakterisztika nem ismert, a $0,1 \text{ s} < t < 100 \text{ s}$ időtartományban az alábbi közelítő képlet használható (a [9] 3.2.2 pont 1. képlete):

$$U_{10s} = U_t (T_t/10)^m \quad 0,1 \text{ s} < t < 100 \text{ s},$$

ahol U_{10s} - a 10 s időhöz tartozó TOV amplitúdója
 T_t - TOV időtartama, s
 U_t - TOV amplitúdója
 $m = 0,02$ (a gyártmánytól függően 0,018...0,022).

A TOV-t jelleggörbe felvételének javasolt módszerét a [4] D Függeléke ismerteti részletesen.

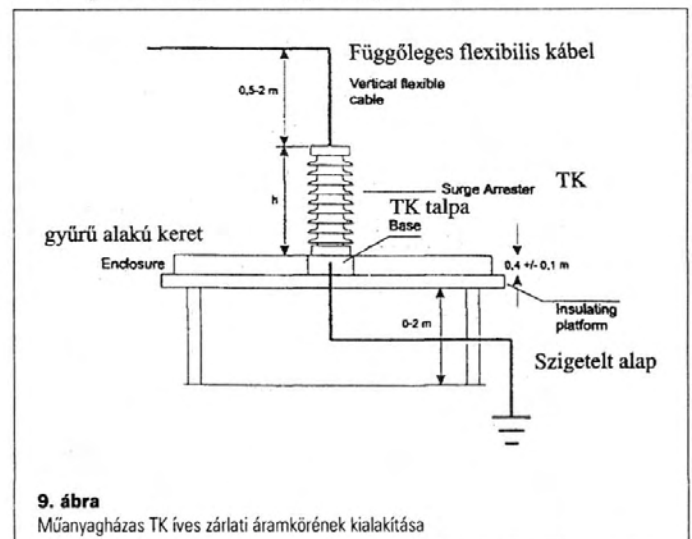
3.3.5. Zárati vizsgálatok

A vizsgálat célja annak igazolása, hogy a TK belsejében fellépő átívelés vagy átütés esetén a nyomásmentesítő szerkezet (ha van ilyen) működése, illetve magának a műanyagháznak a felhasadása megfelelően korlátozza a készülék belső nyomását, és így megakadályozza a korlátozó ház robbanásszerű törését, alkotórészeinek nagy távolságra való szétszóródását.

A TK típust három különböző értékű zárati árammal kell vizsgálni: a névleges zárati árammal, egy csökkentett zárati árammal és egy kis zárati árammal.

A TK névleges zárati árama nagyobb legyen, mint a beépítési helyen fellépő legnagyobb háromfázisú vagy földelt egyfázisú zárati áram.

Külön szólnunk kell az ív kezdeményezésének módjáról. Korábban - feltételezhetően a nagyfeszültségű szigetelőláncok és tokozott berendezések ívállósági vizsgálatánál elterjedt módszert átvéve - a korlátozó házban belül, a ZnO pogácsák felületén beépített rövidrezáró fémzárlatra történt a zárati rákapcsolás. Ezt a vizsgálati zárati teljesítmény csökkentésének igénye tette szükségesé. Mivel gyakran a TK a megengedettnél nagyobb üzemi frekvenciájú túlfeszültség hatására (TOV) hibásodik meg, és ennek átütési csatornája a pogácsák belsejében van, a tapasztalatok szerint a pogácsákon kívül elhelyezett fémzárlás ívkezdeményezés nem képezi le helyesen a (nyomás)viszonyokat.



A [10] szerinti újabb zárati ívkezdeményezési módszer a következő. A vizsgált TK belsejében a folyamatos üzemi feszültségnél nagyobb üzemi frekvenciájú feszültséggel (TOV) hozzák létre az átütési csatornát (ehhez kis teljesítményű, csak néhány amper zárati áramú transzformátorra van szükség), és ebbe az ívcsatornába "durran bele" a próbatárgyra kapcsolt csökkentett feszültségű zárati transzformátor által táplált zárati áram. Javasolom, hogy a gyártók az ívállósági vizsgálatokat a továbbiakban ezen új módszerrel végeztessék el, elkerülendő a szabványosítása utáni, korábbi vizsgálati eredmények elfogadásával kapcsolatos vitákat.

A névleges és a csökkentett zárati áramú vizsgálatnál (a kis zárati áramúnál nem) a [10] változatként megengedi a nemlineáris ellenállások (pogácsák) belsejébe fűrt lukon átvezetett fémzárlatra történő zárati rákapcsolást. A fűrt luk átmérője ~ 5 mm le-

6. táblázat.

A TK zárlati vizsgálatánál megkövetelt áramok

Korlátozó osztálya (I_N – kA)	0,2 s időtartamú névleges zárlati áram, kA	0,2 s időtartamú csökkentett zárlati áramok, kA		1 s időtartamú kis zárlati áram, A
20; 10 vagy 5	20	12	6	600 ± 200
10 vagy 5	16	6	3	600 ± 200
10; 5; 2,5 vagy 1,5	10	6	3	600 ± 200

gyen. A gyártó és a vevő visszakapcsolási ciklust leképező vizsgálatban is megállapodhat.

A következőkben csak a nyomásmentesítő szerkezetet (pressure relief device) nem tartalmazó műanyagházas TK-ra vonatkozó vizsgálati előírásokat elemezzük. A vizsgált próbatárgy a TK leghosszabb egysége legyen. Külön TK egységen kell elvégezni a nagyáramú és külön egységen a kis áramú vizsgálatot. A próbatárgy vizsgálati áramkörben való elhelyezését a 9. ábránk mutatja.

A vizsgálat sikeresnek minősül:

- Ha a zárlati kapcsolás után a próbatárgy egyben marad vagy darabjai nem robbanásszerűen szóródnak szét, tehát a szabvány által előírt átmérőjű gyűrűn (9. ábrán: enclosure) belül maradnak. Műanyagházas TK-nak csak kis, könnyű darabja kerülhet a gyűrűn kívülre. A gyűrű átmérője 1,8 m vagy a próbatárgy átmérője plusz kétszeres hossza közül a nagyobbik érték.
- Ha az ívtől kigyulladt TK a zárlati vizsgálatot követő 2 percen belül önmagától kialszik.

Ha követelmény, hogy a TK a zárlati vizsgálatot követően is megtartsa mechanikai szilárdságát, a gyártó és vevő eltérő minősítési eljárásban állapodhat meg.

A TK-kat névleges levezetési áramuktól és a beépítési hely zárlati áramától függően a [10] 9. táblázata szerinti zárlati áramokkal kell, ill. lehet vizsgálni. A hazai közép feszültségű hálózatra beépítendő típusokra előírható zárlati áramokat a 6. táblázat tartalmazza. A névleges zárlati árammal történő vizsgálatnál a zárlati időtartama $t \geq 0,2$ s, az első félperiódusban a zárlati áram csúcserőteke az effektív érték 2,5-szerese legyen.

A hazai áramszolgáltatók követelményének

- a 10 kV-os hálózaton a 20 kA (16 kA) névleges zárlati áramú sor
- a 20 kV-os hálózaton a 16 kA-es névleges zárlati áramú sor
- a 35 kV-os hálózaton a 10 kA-es névleges zárlati áramú sor felül meg.

3.3.6 Belső részleges kisülés ellenőrzése

A [10] 5.4 pontja szerint a TK részleges kisülése $1,05 U_C$ esetén < 10 pC legyen. A korszerű gyártmányok részleges kisülése < 2 pC. A vizsgálati eljárást a 3.4.2.3 pont tárgyalja.

3.3.7 Leválasztó-/jelző szerkezet vizsgálata

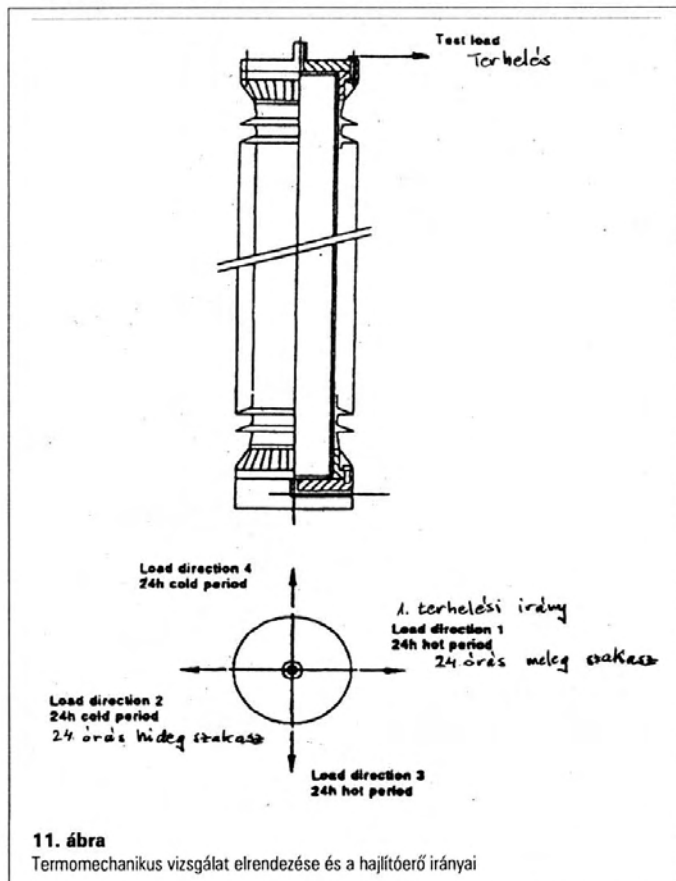
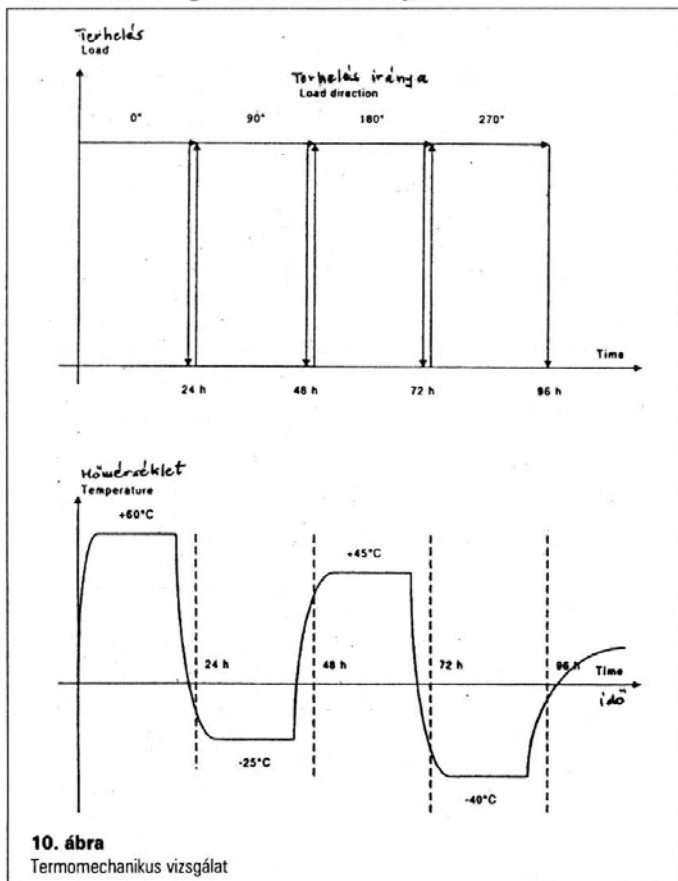
Ezt a vizsgálatot csak megemlítjük, a hazai áramszolgáltatók közép feszültségű hálózatain ugyanis nem terjedt el a leválasztók alkalmazása. Ennek magyarázata az, hogy mai korszerű TK-któl elvárható a hosszú élettartamú hibátlan működés; a közeli, nagyáramú villámcsapás okozta túlterhelés miatti meghibásodás valószínűsége pedig igen kicsi. A részletes előírást a [4] 7.6 pontja tartalmazza.

3.3.8 Nedvesség behatolásának vizsgálata

A [10] 9.7.8 pontja alapján a következőkben összefoglaljuk a műanyagházas TK nedvességbehatolási vizsgálatának előírásait. A próbatárgy általában a típus leghosszabb egysége legyen.

3.3.8.1 A próbatárgyon az alábbi kezdeti méréseket kell elvégezni:

- részleges kisülés mérése,



7. táblázat.

A 20 kV-os hálózaton használt TK műszaki jellemzői

Gyártó/típus	Raychem HDA 24NA	TRIDELTA SBK-II 30/10.1	ABB POLIM-DA 24	Bowthorpe EGBH 30	Alstom VARISIL HD 30	Alstom VARISIL HE 30
Folyamatos üzemi feszültség U_C , kV	24	24	24	24	25	25
Névl. feszültség U_R , kV	30	30	30	30	30	30
Névleges 8/20 μ s levezetési áram, kA	10	10	10	10	10	10
Névleges 4/10 μ s nagyáramú lökés, kA	100	100	100	65	100	100
Névl. hosszúhullámú levezetési áram, A / ms	280 / 2	250 / 2	350 / 2	250 / 2	300 / 2	300 / 2
Korlátozó osztálya ¹⁾	10 kA-1.o.	10 kA – 1.o.	10 kA-1.o.	10 kA-1.o.	10 kA-1.o.	10 kA-1.o.
Maradékfeszültség, kV						
5 kA - 8/20 μ s	73,8	74,4	73,8	82,5	83	75,7
10 kA - 8/20 μ s	80	80	80	91	88,4	81,1
20 kA - 8/20 μ s	88,8	88,8	88,8	105	97,5	89,2
250 A - 30/75 μ s	59,1	60,2	59,6			
500 A - 30/75 μ s	61,5		61,5	65,6	71	63,7
1000 A - 30/75 μ s		64,8				
Ívállóság, kA / s	20 / 0,2	20 / 0,2	20 / 0,2	20 / 0,2	30 / 0,2	20 / 0,2
Hosszúság/ernyő Φ , mm	325/122	344/120	325/116	320/110	356+56/106	320/115
Kúszóút, mm	815	678			910	1200
Megengedett hajlító/csavaró-nyomaték ² , Nm	350/...	230/78	350/50	1250/...	500/100	150 / 50

1) A 10 és 20 kA névleges levezetési áramú TK-k a hosszúhullámú levezetőképesség alapján 5 osztályba kerültek besorolásra [4].

Az elosztóhálózaton használt 10 kA – 1. osztályú TK-k fajlagos energiaelnyelő-képessége a névleges feszültségre vonatkoztatva >1 kJ/kV.

2) Mivel a TK-k hajlító- és csavarónyomatékkal terhelhetők, támszigetelőként is alkalmazhatók.

3) A korábban (de ma már nem) használt EXLIM R-30/ABB, 100.250/Fidenza és MHF 1E-24/Alstom típus adatait az ELMŰ TTK tartalmazza.

- veszteség mérése $20^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$ hőmérsékleten $0,8 U_C \leq U \leq U_C$ feszültségen,
- maradékfeszültség mérése I_N áramon vagy a darabvizsgálatnál meghatározott kisebb áramon.

3.3.8.2 Kondicionálás

- 30 s ideig a gyártó által előírt csavarónyomatékokat kell a korlátozó végén alkalmazni.
- Termomechanikus kondicionálás: A TK-t a gyártó által előírt legnagyobb folyamatos hajlítónyomatékkal kell terhelni a 10. és 11. ábra szerinti négy irányban és hőmérsékleten. A vizsgálat két, meleg és hideg szakaszt magába foglaló, 48 órás ciklusból áll. A meleg és hideg szakasz hőmérsékletét legalább 16 órán át fenn kell tartani, az erő (hajlítónyomaték) irányát 24 óránként a 11. ábra szerint kell változtatni. A terheletlen állapothoz képest felléphet deformáció, de ezt a jegyzőkönyvben meg kell adni. Az alkalmazási feltételektől függően más terhelés is alkalmazható.

3.3.8.3 Vízbehatolási vizsgálat

A TK-t forrásban lévő, 1 kg/m^3 NaCl tartalmú vizes edénybe kell meríteni 42 órára (a forrásban lévő víz hőmérséklete 80°C -ra csökkenthető a gyártó és vevő megállapodásával, ha a gyártó szerint a tömitőanyag nem bírja a nagyobb hőmérsékletet, de ekkor a vízbemerítés ideje 52...168 óra legyen). A forralás befejezése után a TK az edényben lévő vízzel együtt hűljön le 50°C -ra, majd a környezeti hőmérsékletre lehűlt TK-on 8 órán belül az alábbi vizsgálatokat a következő sorrendben kell elvégezni annak igazolására, hogy nem történt vízbehatolás:

- vizuális ellenőrzés, mechanikai elváltozás rögzítése,
- veszteség mérése a 3.3.8.1 pontban tárgyalt kezdeti méréssel azonos feszültségen: a veszteség növekedése kisebb legyen, mint 20%,

- részleges kisülés mérése: $1,05 U_C$ esetén: $\leq 10 \text{ pC}$ legyen,
- maradékfeszültség mérése a 3.3.8.1 pontbeli árammal, az eltérés $< 5\%$ legyen.

3.3.9 Időjárás-állósági vizsgálat

A következő vizsgálatok iránti igény a műanyagház elterjedésével és középfeszültségen uralkodóvá válásával magyarázható. A ma már elterjedten használt EPDM és szilikon elasztomer anyagú műanyagházas TK-kat nem kell költséges nyomásmentesítő szerkezettel (hasadó membránnal és a forró gázt terelő nyílásokkal) ellátni, így lényegesen olcsóbban állítható elő, kisebb a tömege, és műszaki jellemzői közel azonosak a porcelánházas TK-kéval.

A műanyagházas TK-kra vonatkozó, a [10] 9.7.9 pontja szerinti időjárás-állósági (öregítési) vizsgálatosorozat a TK előírt időjárási feltételeknek való megfelelését, a TK hosszú élettartamát kívánja igazolni.

Az **A sorozatú, 1000 órás** sósködös vizsgálat lényegében a szigetelő szennyezésállóságát igazolja.

Szigorú környezeti feltételek esetén (erős napsugárzás, gyakori hőmérséklet-változás, erős szennyezés) a **B sorozatú, 5000 órás** vizsgálat az ajánlott. Ma a vezető gyártók többsége rendelkezik az 5000 órás vizsgálatot igazoló jegyzőkönyvvel. A felhasználó számára ez ugyanis garanciát ad a hosszú élettartamú üzembiztos működésre.

3.3.9.1 A sorozatú 1000 órás vizsgálat

A vizsgálatot sósköd vizsgálati kamrában, a leghosszabb, a legkisebb fajlagos kúszóúttal rendelkező TK egységen kell elvégezni. A próbatárgyra kapcsolt feszültség U_C . A sósköd NaCl tartalmát a gyártó adja meg.

A vizsgálat időtartama: 1000 óra

A sósködös víz mennyisége: $0,4 \pm 0,1 \text{ l/h/m}^3$

8. táblázat.

A 10 kV-os hálózaton használt TK műszaki jellemzői

Gyártó/típus	Raychem HDA -10NA	Alstom Varisil HD 12	TRIDELTA SBK - I - 12/10.1	ABB POLIM- D...N 10	Bowthorpe EGA 12	Alstom Varisil HE 12	TRIDELTA SBK - I - 12/ 5	Raychem NDA - 10NA	Alstom Varisil HL 12
Folyamatos üzemi feszültség U_c , kV	10	10	9,6	10	9,6	10,2	9,6	10	10,2
Névl. feszültség U_R , kV	12,5	12	12	12,5	12	12	12	12,5	12
Névleges 8/20 μ s levezetési áram, kA	10	10	10	10	10	10	5	5	5
Névleges 4/10 μ s nagyáramú lökés, kA	100	100	100	100	65	100	65	65	65
Névl. hosszúhullámú levezetési áram, A/ms	280 / 2	300 / 2	250 / 2	250 / 2	250 / 2	300 / 2	100 / 2	150 / 2	150 / 2
Korlátozó osztálya ¹⁾	10 kA - 1.o.	10 kA - 1.o.	10 kA - 1.o.	10 kA - 1.o.	10 kA - 1.o.	10 kA - 1.o.	5 kA	5 kA	5 kA
Maradékfeszültség, kV									
5 kA - 8/20 μ s	30,8	34,7	32,6	32,6	36	30,6	35	33,3	34,8
10 kA - 8/20 μ s	33,3	37	35	35	39,6	32,8	38,5	36,9	37,4
20 kA - 8/20 μ s	37	40,8	38,9	39,8	46,2	36,1	43,8	41,4	
250 A - 30/75 μ s	24,6		26,4	26,8	28,6		27,3	26,6 (100A!)	
500 A - 30/75 μ s	25,6	29,6		27,7		25,7	28,4		
1000 A - 30/75 μ s			28,4				29,8		
Ívállóság, kA / s	20 / 0,2	30 / 0,2	20 / 0,2	20 / 0,2	20 / 0,2	20 / 0,2	20 / 0,2	16 / 0,2	20 / 0,2
Hosszúság/ernyő \varnothing , mm	212/114	196+56/87	242/120	175/116	215/110	160 / 105	242/120	191/116	196+56/87
Kúszóút, mm	370	380	278	306	405	480	278	375	380
Megengedett hajlító-/csavarónyomaték ²⁾ , Nm	350/50	500/100	230/78	250/50	1880/...	150/50	100/52	150/50	.../36

- 1) A 10 és 20 kA névleges levezetési áramú TK-k a hosszúhullámú levezetőképesség alapján 5 osztályba kerültek besorolásra [4]. Az elosztóhálózaton használt 10 kA - 1. osztályú TK-k fajlagos energiaelnyelő-képessége a névleges feszültségükre vonatkoztatva > 1 kJ/kV.
 2) Mivel a TK-k hajlító- és csavarónyomatékkal terhelhetők, támszigetelőként is alkalmazhatók.
 3) A korábban (de ma már nem) használt EXLIM R-12/ABB, 100.090/Fidenza típus adatait az ELMŰ TTK tartalmazza.

A hőmérséklet: $20^\circ\text{C} \pm 5\text{K}$ A víz NaCl tartalma: $1\text{ kg/m}^3 - 10\text{ kg/m}^3$

Egynél több átívelés esetén a vizsgálatot kisebb sótartalmú vízzel folytatják.

3.3.9.2 B sorozatú 5000 órás vizsgálat

Az 5000 órás vizsgálatot a gyártó és vevő megegyezése alapján végzik el. Ha a vizsgálatot a leghosszabb, legkisebb fajlagos kúszóúttal rendelkező TK egységen végzik el, a gyártó és vevő megegyezése alapján az A sorozatú vizsgálat elhagyható.

A vizsgálatnál a végig U_c feszültségen tartott TK-n alábbi ciklikus terheléseket alkalmazzák:

- napsugárzás utánzása (90 mW/cm² terhelést eredményező xenon ívlámpával),
- mesterséges eső,
- száraz meleg,
- párás (közel telített) meleg,
- nagy páratartalom szobahőmérsékleten,
- sósköd.

Idő (óra)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Vizsgálati feszültség ($U_m / \sqrt{3}$)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Desztillált víz	x											
Melegítés 50 °C-ra		x	x				x	x				x
Relatív nedvesség 95%			x					x				
Sós köd (7 kg / m ³)				x	x				x	x		
Napsugárzás (UV)	x	x				x	x				x	x

x - az adott esemény a jelölt 2 órás időszakban hatásos

12. ábra

Gyorsított időjárás- állósági vizsgálat 24 órás ciklusa

A szabvány által ajánlott, és a vezető gyártók által évek óta használt 5000 órás vizsgálat a 12. ábra szerinti 24 órás ciklusokból áll.

3.3.9.3 A vizsgálatok értékelése

A vizsgált TK megfelelt a vizsgálatoknak, ha

- nincs tracking,
 - az erózió nem érte el a külső burkoló réteg teljes vastagságát,
 - az ernyőkön és házon nincs átütés,
 - a vizsgálat előtt és után történt referencia feszültség eltérése < 5%,
 - a részleges kisülés 1,05 U_c feszültségen a vizsgálat után is < 10 pC.
- Egyes gyártók a vizsgálat sorozat után elvégzett sikeres üzemi működési sorozattal igazolják korlátozóik hosszú élettartamú jó tulajdonságait.

3.3.10 Mechanikai vizsgálatok

3.3.10.1 A hajlítónyomaték vizsgálata

A vizsgálatot alaplapra szerelhető, tehát nyomatékkal terhelhető TK-n kell elvégezni. A vizsgálati elrendezés a valóságos viszonyokat képezze le. A következőkben csak a ma már nagy többségben használt műanyagházas TK-kra vonatkozó előírásokat foglaljuk össze. A vizsgálat a gyártó által megadott hajlítónyomatékkal való terhelhetőség bizonyítására szolgál. Általában a TK-t nem tervezik csavarónyomaték elviselésére, ha a gyártó a TK-ra csavarónyomatékot is garantál, ennek vizsgálati igazolásáról a gyártó és felhasználó külön állapotjon meg.

Három próbatárgyat kell vizsgálni. A TK-t függőlegesen kell felszerelni, a hajlítóerőt a szabad végén, a hossz tengelyre merőlegesen

kell alkalmazni. A terhelőerő a legnagyobb megengedhető üzemi terhelés (MPSL – maximum permissible service load) legyen.

Megjegyzés: A műanyagházas TK-t ezen túlmenően nedvesgáthatolási vizsgálatnak kell alávetni, ahol az alkalmazott terhelés a legnagyobb megengedett hajlítónyomaték (l. 3.3.8 pont).

A mechanikai vizsgálat előtt a próbatárgyakon a 3.3.8.1 pont szerinti villamos vizsgálatokat kell elvégezni. A mechanikai vizsgálatnál a terhelést folyamatosan, 30...90 s alatt kell a vizsgálati értékre növelni, 60...90 s-ig kell a TK-n tartani, és mérni kell a kitérést. A terhelést folyamatosan kell csökkenteni, végül mérni kell a maradék kitérést (deformációt).

A TK az előírásoknak megfelelt, ha:

- nincs látható sérülés,
- a regisztrált erő – kitérés görbe sima,
- a maradék deformáció $< \pm 5\%$ legyen,
- a próbatárgyat a 3.3.8.3 pont szerinti vízbehatolási vizsgálatnak kell alávetni, ennek eredménye sikeres legyen, tehát teljesüljenek a 3.3.8.3 pont előírásai.

3.3.10.2 Környezetállósági vizsgálat

A környezetállósági vizsgálat gyorsított vizsgálati eljárással igazolja, hogy a tömítési rendszert és a TK anyag fémrel való kombinációit nem teszik tönkre a környezeti hatások.

Azok a TK-k, amelyek azonos elv szerint, azonos anyagból készültek, és csak méretben térnek el egymástól, azonos típusnak tekinthetők.

A vizsgálatok előtt meg kell mérni a TK belső részleges kisülését.

3.3.10.2.1 Vizsgálati eljárás

- Nedvesgáthatolás mérése a 3.3.8 pont szerint.
- Az IEC 68-2-42 szerint elvégzett kén-dioxid vizsgálat, a vizsgálat időtartama 21 nap.
- Az IEC 68-2-11 szerint elvégzett sósködös vizsgálat
 - sókoncentráció: $5\% \pm 1\%$ súlyszázalék,
 - vizsgálat időtartama 96 óra.

A vizsgálat értékelése

A környezetállósági vizsgálat eredménye megfelelő, ha

- nincs látható mechanikai sérülés,
- az ismételt méréskor a belső részleges kisülés $1,05U_C$ esetén < 10 pC.

3.4 Darab- és tételvizsgálatok

3.4.1. Darabvizsgálatok

Darabvizsgálatként legalább a következő vizsgálatokat kell elvégezni.

3.4.1.1. U_{ref} referenciatesztelés mérése.

A mért érték a gyártó által megadott tartományba essen.

3.4.1.2. Maradékfeszültség mérése

A maradékfeszültség mérését teljes TK-n, vagy annak ellenállás-elemein kell elvégezni I_N 1...200% tartományába eső, a gyártó által előre meghatározott értékű $8/20$ μ s alakú áramlökéssel. Az egyes ellenállás-elemek vagy TK egységek maradékfeszültségeinek összegeként kiadódó teljes TK maradékfeszültsége nem lehet nagyobb a gyártó által típusvizsgálati adatként előírt értéknél.

3.4.1.3. A belső részleges kisülés ellenőrzése

A TK részleges kisülése $1,05 U_C$ esetén < 10 pC legyen. A vizsgálati eljárást a 3.4.2.3 pont tárgyalja. A korszerű gyártmányok

részleges kisülése < 2 pC. Tájékoztatásul néhány korszerű fém-oxid TK-n mért részleges kisüléértéket az alábbiakban foglalkozunk össze.

- HDA 24 (Raychem, $U_R/U_C = 30/24$ kV)

30 kV-on	1,2 pC
----------	--------
- VARISIL HD 42 (Soule, $U_R/U_C = 42/33$ kV)

33,65 kV-on	$< 0,5$ pC
-------------	------------
- VARISIL HE 36 (Soule, $U_R/U_C = 36/30$ kV)

31,5 kV-on	≤ 1 pC
------------	-------------
- SBK-I 30/10.1 (Tridelta, $U_R/U_C = 30/24$ kV)

25,2 kV-on	0,6 pC
------------	--------

3.4.1.4. A korlátozó ház tömítettségének ellenőrzése

A korlátozó tömítettségét valamilyen, a gyártó által elfogadott érzékeny módszerrel vizsgálni kell.

3.4.2. Tételvizsgálatok

A szabvány szerint, ha a a vevő a szerződésben tételvizsgálatot ír elő, a szállított korlátozók n számának $\sqrt[3]{n}$ -szeresén a következő vizsgálatokat kell elvégezni:

3.4.2.1. A teljes TK üzemi frekvenciájú U_{ref} referenciatesztelés mérése az I_{ref} áramnál

Az U_{ref} mért értéke a gyártó által előírt sávba essen.

3.4.2.2. A teljes TK vagy a TK egység maradékfeszültségének vizsgálata $8/20$ μ s alakú áramlökésnél

A vizsgálatot a névleges $8/20$ μ s alakú áramlökéssel kell elvégezni, ha azonban a rendelkezésre álló vizsgálóberendezés paraméterei ezt nem teszik lehetővé, akkor kisebb érték is választható. A T_f félértékidő szabványos értékének betartása nem kötelező. A teljes TK maradékfeszültsége az egységek maradékfeszültségének összegeként adódik, ez nem haladhatja meg a gyártó által előírt értéket.

3.4.2.3. A részleges kisülés mérése a teljes TK-n

A teljes TK-ra vagy TK egységre 10 másodpercig az üzemi frekvenciájú U_R névleges feszültséget kell kapcsolni, majd azt a folyamatos üzemi feszültségének $1,05$ -szörösére ($1,05 \cdot U_C$) kell csökkenteni. Ezen a feszültség szinten a részleges kisülés szintje nem haladhatja meg az 10 pC értéket.

A cikk 3. részében a fém-oxid TK-k kiválasztását, beépítési helyét, körülményeit tárgyaljuk.

SZERZŐ

Dr. Mihákovics Tibor adatai az 1. részben.
T.: 06/20/9252-889; e-mail: mihalkovicst@infoware.hu

Szakmai lektor: Dr. Bán Gábor professor emeritus, BME, a MEE tagja

Hírek

Berlini elektro szakvásár

A "Belektro 2003" elektrotechnikával, elektronikával és világítástechnikával foglalkozó szakvásárt 2003. október 22-24. tartják Berlinben. A szervezők 400 kiállítóra számítanak, akik a szakma teljes spektrumát képviselik. Biztosra veszik, hogy ez lesz egyike a legjelentősebb német elektrotechnikai szakvásároknak.

BULLETIN 2003/2.

Sz. S.