

Diagnosztikai érdekeségek a MAVIR-nál

XX. Szigetelésdiagnosztikai konferencia
Sümege, 2022. május 4-6.

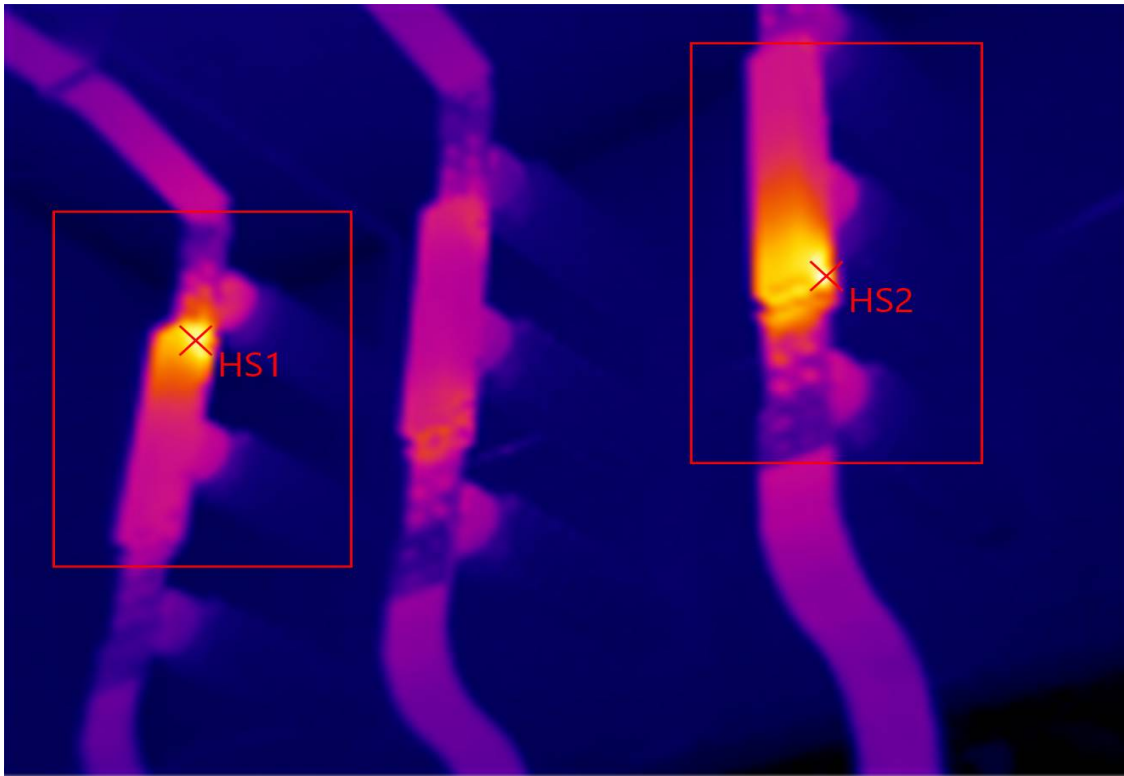
Uri Erika, Handl Péter, Jánosi Ferenc, Pilissy György,
Pócsi Zoltán, Szabó Attila



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /1



➤ Hévíz Aá. söntfojtó szakaszolók ($U_n=36$ kV) melegedése



	HS1	HS2
Hőm. [°C]	116,5	121,0
Emissz.	0,85	0,85
Refl. hőm. [°C]	15,0	15,0



Ok: Megnövekedett átmeneti ellenállás és nagy áram együttese (kb. 1350 A @ 30 kV)



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /1

➤ Hévíz Aá. söntfojtó szakaszolók ($U_n=36$ kV) melegedése

- Javítást követően az átmeneti ellenállás lecsökkent, a legrosszabb pólusnál: $\sim 430 \Rightarrow \sim 90 \mu\Omega$
- Műanyag (pl. textilbakelit) távtartók és alkatrészek is túlzott hőterhelést kaptak, sérültek. Megfelelő anyagból utángyártattuk a sérült alkatrészeket (gyári alkatrészellátás is lett volna, de lassabban és sokszoros áron).



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /2



- Józsa 2SFT söntfojtó megszakító melegedése
 - Összehasonlítás, mint az egyik vizsgálati lehetőség:
 - a) fázisok között (<math>< 5\text{ }^\circ\text{C}</math> a megengedett eltérés),
 - b) Típusazonos készülékek között (kb. azonos környezeti feltételek mellett).

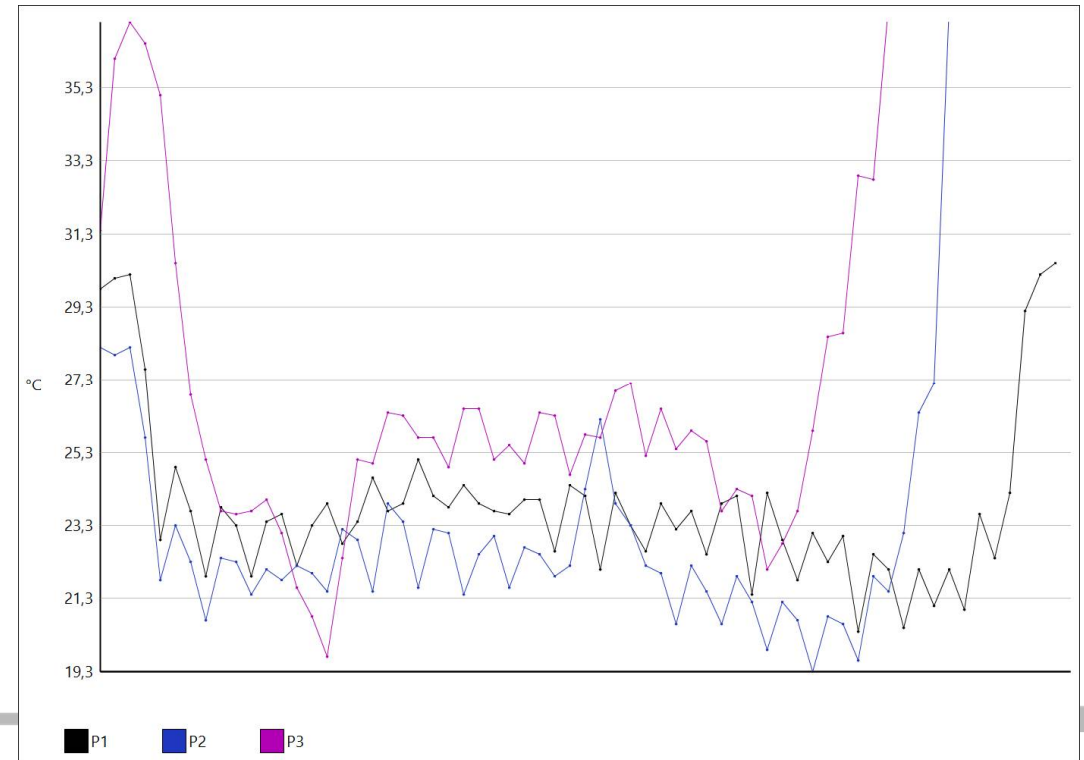
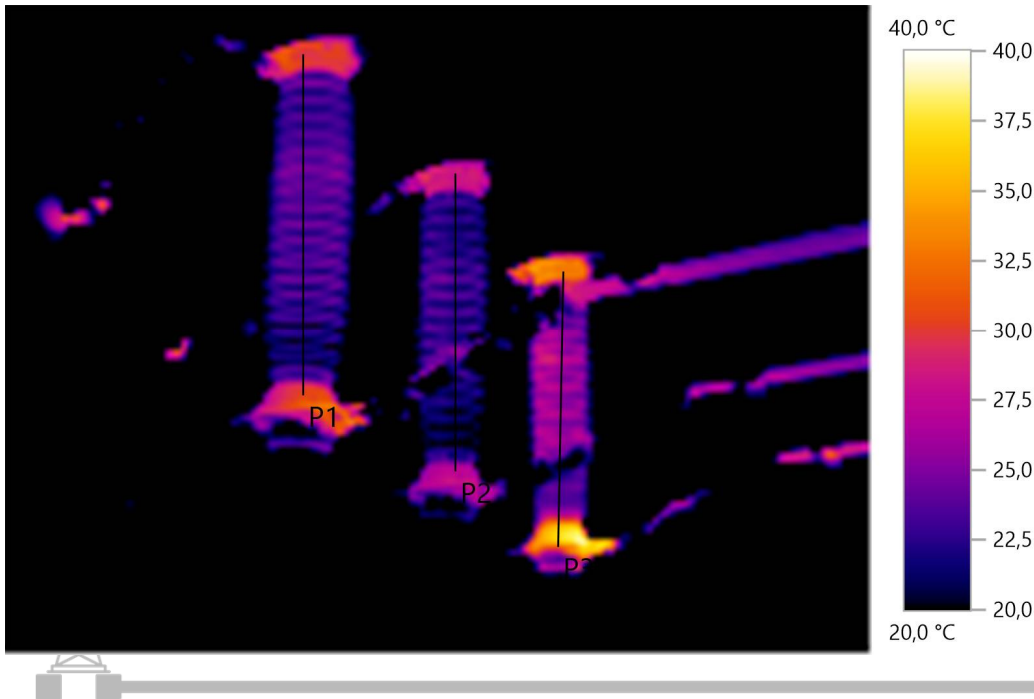


Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /2



➤ Józsa 2SFT fojtó megszakító - **fázisok közötti összehasonlítás**

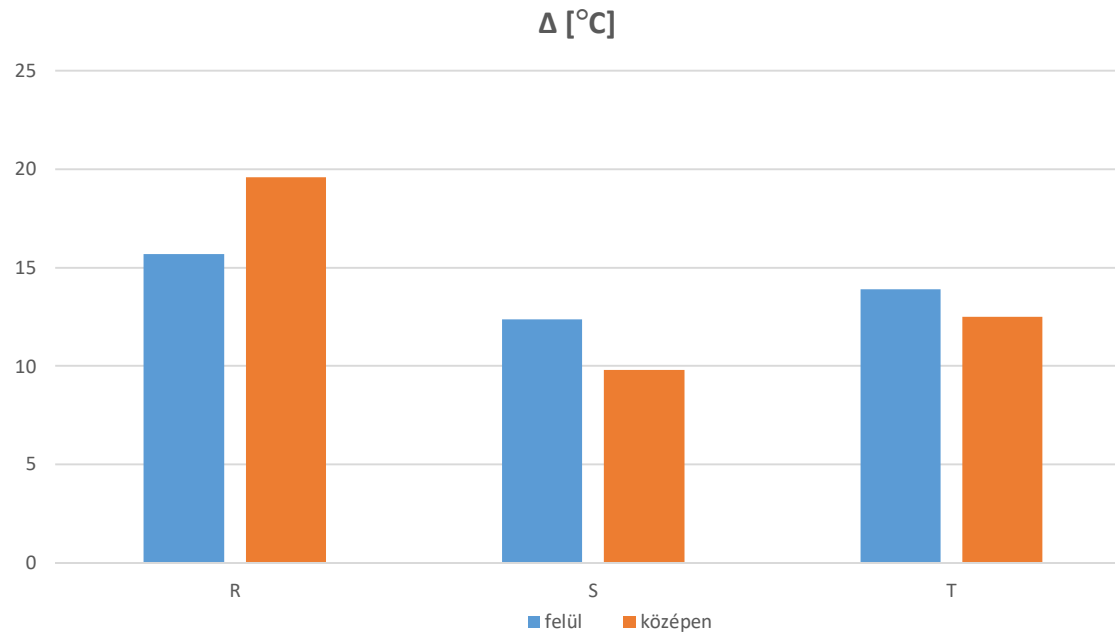
- Fejeknél kb. 4,7 °C a max. eltérés a fázisok között
- A különbségek az oltókamrák mentén készített hőmérsékleti profilon is látszanak



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /2

MAVIR

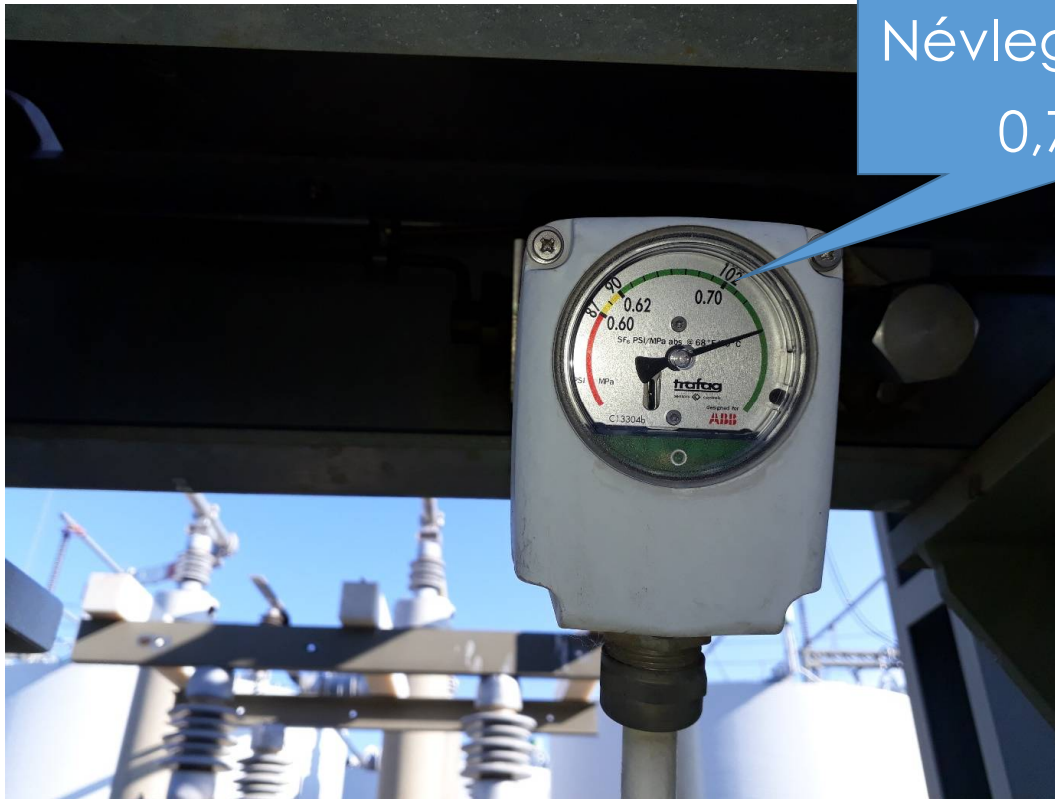
- Józsa 2SFT fojtó megszakító - **típusazonos készülékek összehasonlítása** (kb. azonos környezeti feltételek mellett)



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /2



➤ Józsa 2SFT fojtó megszakító – **üzem alatti nyomás**



Névleges nyomás
0,70 MPa

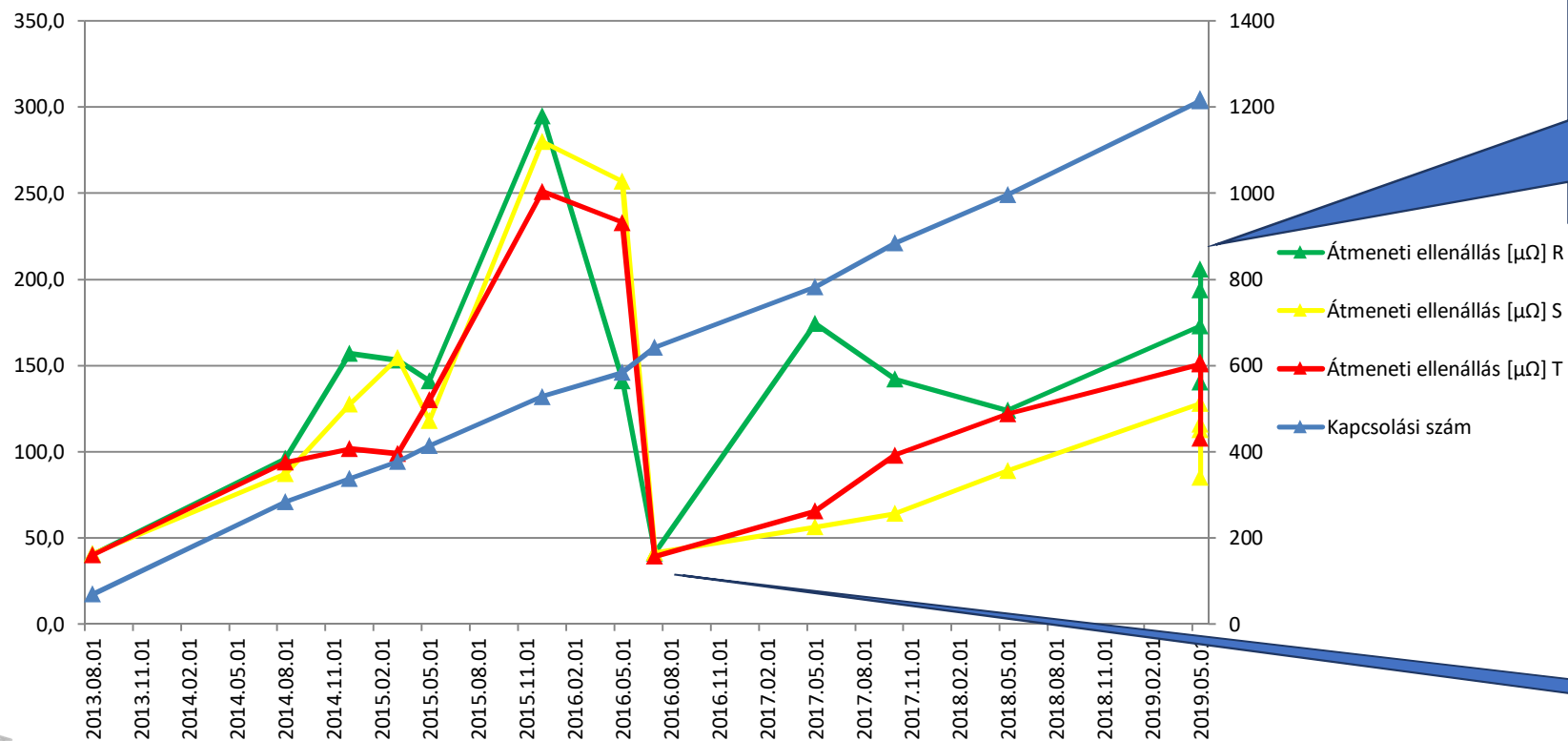
A gázór által mutatott túlnyomás alapján jelentős belső hőtermelés feltételezhető (ami valószínűleg aszimmetrikus eloszlású, van jobban melegedő pólus, de közös a gázterük).

Ítélet: Csere abban az évben



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /2

➤ Józsa 2SFT fojtó megszakító – egy adott megszakító életútja



2017-es robbanásos ŪZ miatt jelentősen korrigáltuk az elfogadható átm ell limiteket.

„felújítás”

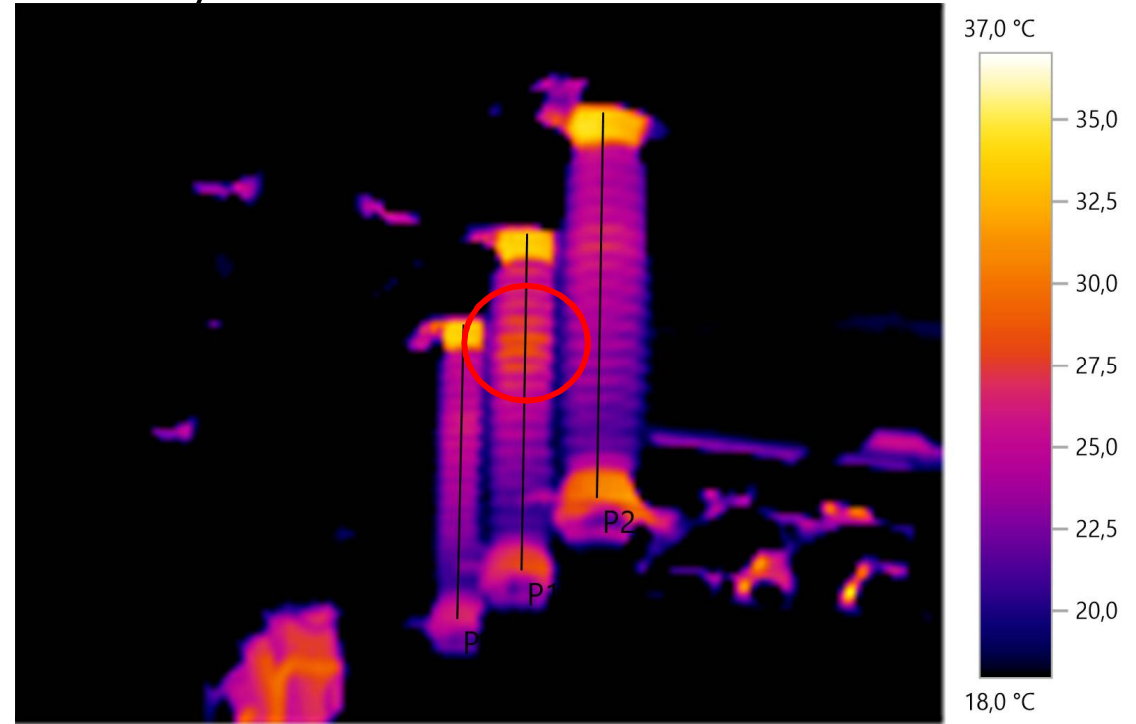
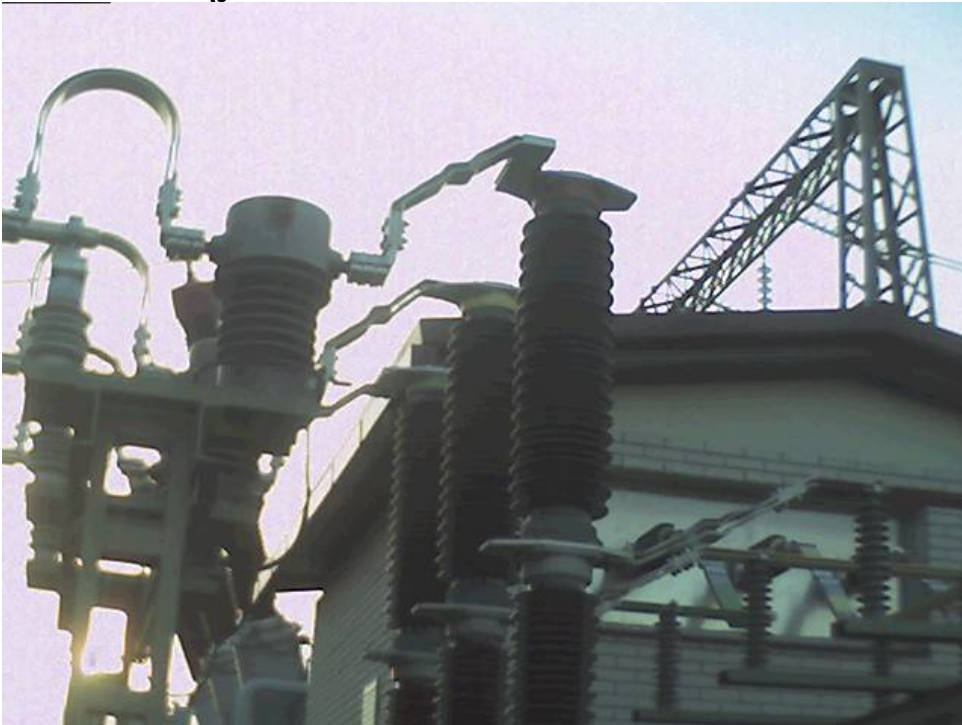


Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /3



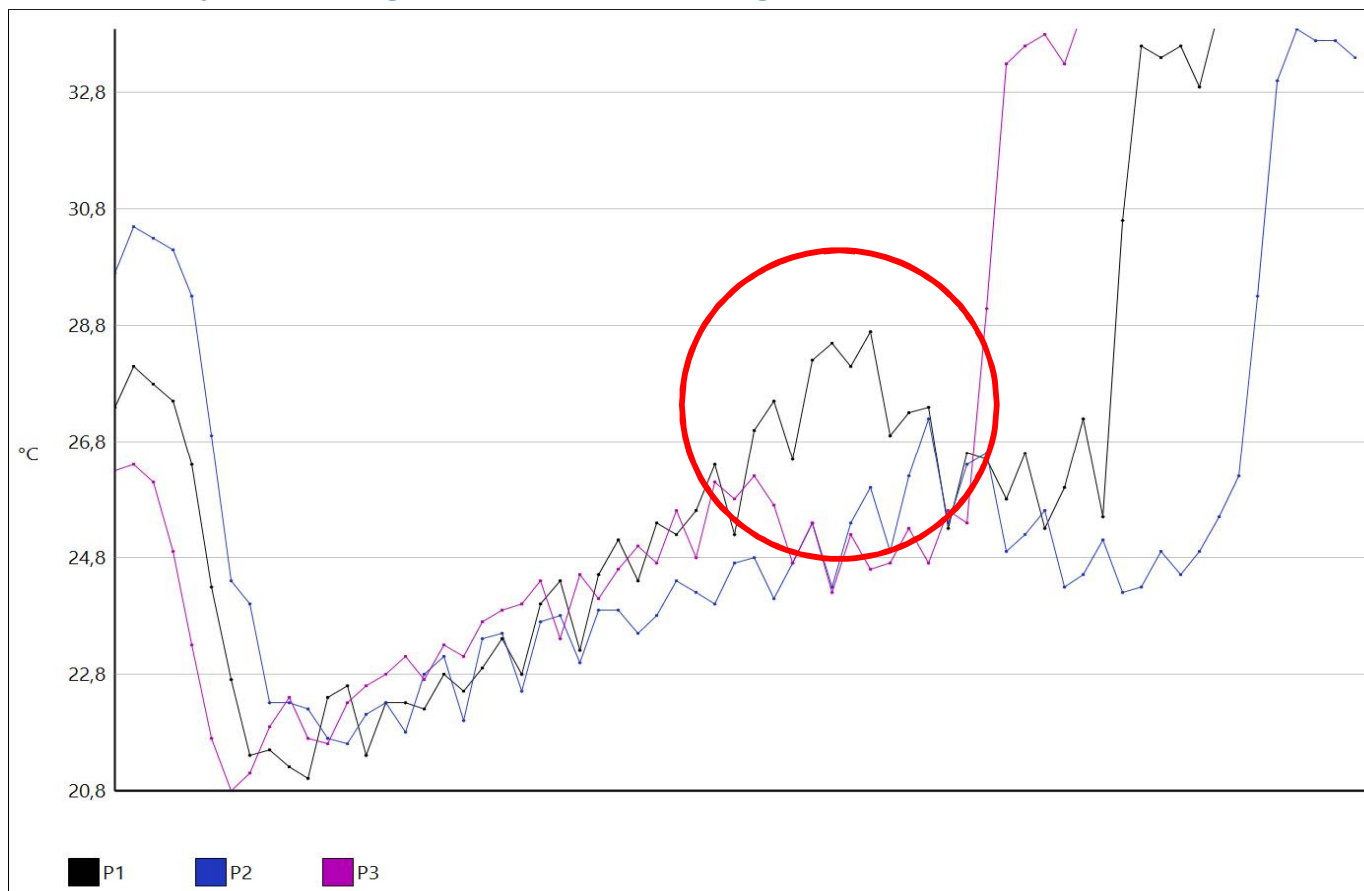
➤ Józsa 1SFT söntfojtó megszakító melegedése

- „S” fázis oltókamráján a zárt főérintkező kontaktus környékén a porcelánon keresztül is (!) megmutatkozó melegedés van (jelentősebb, mint a másik fázisoknál).



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /3

➤ Józsa 1SFT söntfojtó megszakító melegedése



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /4

➤ Hőkamerák rendszeresítése a távvezetékes szakterületen is

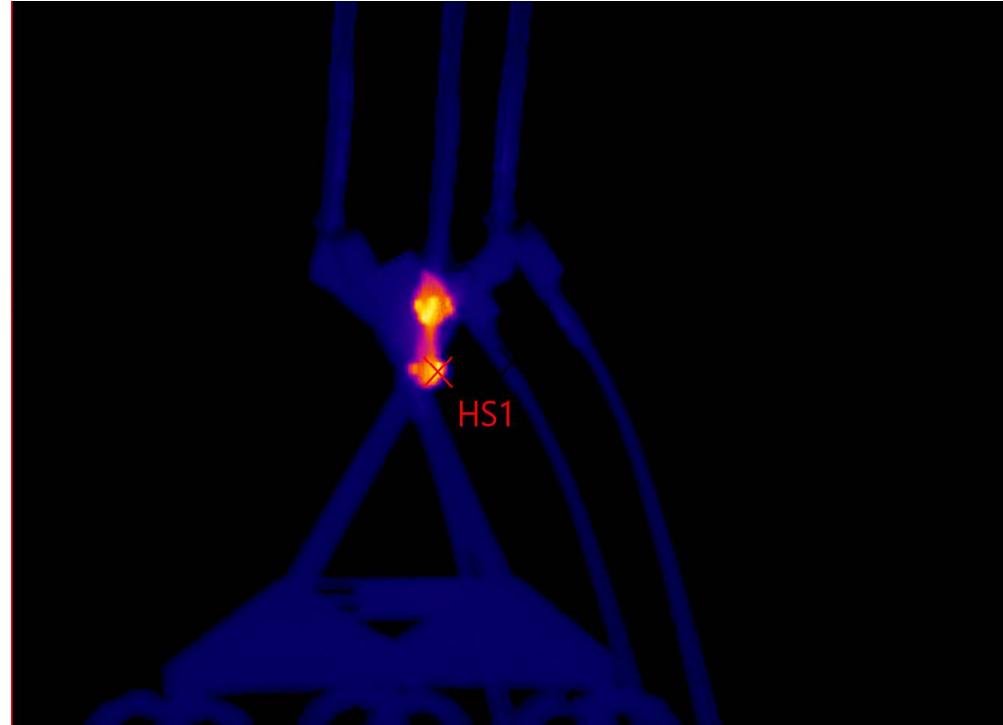
- Korábbi ismétlődő hibák miatt (pl. köteges vezetőnél soros kötéshibák miatt acél elemek áramvezetése) próbálkoztunk az érintett tv. termovíziójával, de a meglévő aá-i célú hőkamerák fizikai képességei erre a feladatra (nagy földfeletti magasság, illetve távolság) nem voltak alkalmasak.
- Piackutatás után vettünk 1 db nagy infra felbontású, szupertele objektívvel és így nagy geometriai felbontással rendelkező hőkamerát pilot jelleggel.



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /4



- Hőkamerák rendszeresítése a távvezetékes szakterületen is



A pozitív tapasztalatok alapján beszereztünk újabb eszközöket és prioritázan (a VER-ben betöltött fontosságuk alapján) beütemezzük mindegyik tv-ékünk termovíziós ellenőrzését (4880 km rendszerhossz).

Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /5



- Újabb, nem régóta üzemelő söntfojtó megszakítók átmeneti ellenállásmérés tanulságai
 - Új, keveset kapcsolt SFT-kenél tapasztaltuk, hogy az éves ellenőrző atm. ell. mérés értékeik meglepően növekednek:

Mérési időpont	Átmeneti ellenállás [$\mu\Omega$] @600 A DC			Kapcsolás számláló állása	KI kapcsolások száma
	R	S	T		
2018.03.08.	27,0	26,8	27,8	200	100
2019.03.11.	145,3	92,3	156,0	788	394
2019.03.12.	121,4	59,3	101,1	több árammentes kapcsolás után mérve	



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /5



- Újabb, nem régóta üzemelő söntfojtó megszakítók átmeneti ellenállásmérés tanulságai
 - A termovíziós ellenőrzések semmi melegedést nem mutattak,
 - A szigetelő-íveltő gáz (SF₆) sem mutatott semmi degradációt.

Üzemi áram: kb. 2200 A Tkörnyezeti: 10 °C E: 0,85			
	R	S	T
felső kivezetés	21,9	22,0	22,0
alsó kivezetés	19,4	19,5	20,0



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /5

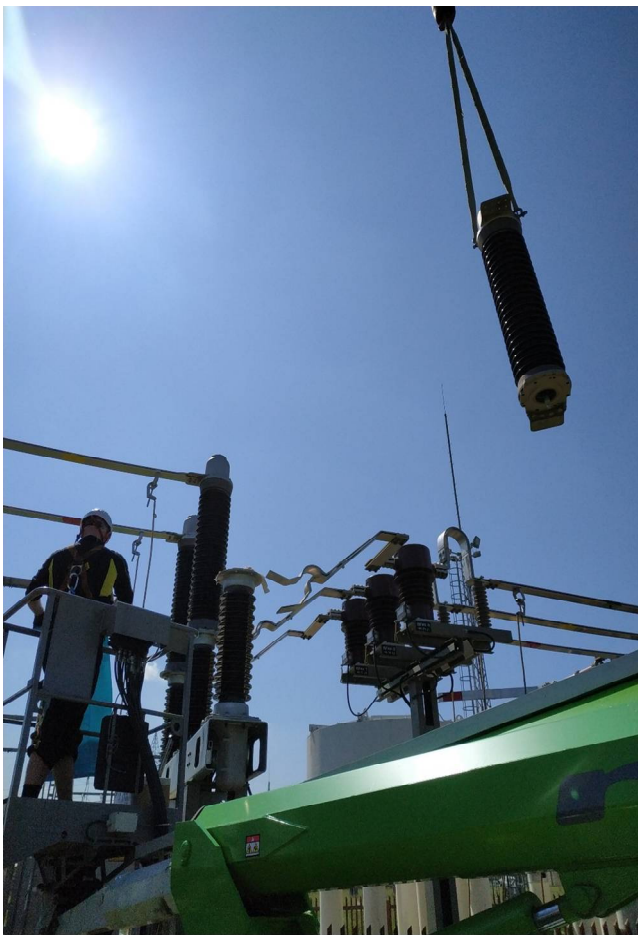


- Újabb, nem régóta üzemelő söntfojtó megszakítók átmeneti ellenállásmérés tanulságai
 - Ezután sok ellenőrző mérést végeztünk, azt vettük észre, hogy a BE kapcsolást követően rövid időn belül végezve a mérést nagy átm ell értékeket mérünk, majd az eltelt idővel párhuzamosan viszont egyre kisebb értékeket.
 - Mind „hideg” állapotban, mind tartós üzemelés után („melegen”) rögtön mérve ez volt a tapasztalatunk.
 - Azt figyeltük meg, hogy a mérést bizonyos idő (1-2 óra) múlva megismételve (újabb kapcsolás nélkül!) jó értékeket kaptunk.
 - A jelenség vizsgálatába a gyártót is bevontuk, aki egy megszakító pólus oltókamráját lecserélte, és gyári revízióra elszállította. A gyárban alapos vizuális ellenőrzést és a melegedési teszt megismétlését végezték el, semmi rendellenességet nem találtak, lényegében új állapotúnak minősítették.



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /5

- Újabb, nem régóta üzemelő söntfojtó megszakítók átmeneti ellenállásmérés tanulságai



Termovízió és átmeneti ellenállás mérés /5



➤ Újabb, nem régóta üzemelő söntfojtó megszakítók átmeneti ellenállásmérés tanulságai - **magyarázat**

- Az érintkező ujjakat rugós jellegű erőhatás szorítja rá az ellenérintkezőre.
- A kapcsolások során a kapcsolási utat végigcsúszó érintkező a felvitt kontaktzsírt a kapcsolási véghelyzeti pozícióban felhalmozza, különböző mértékben. Ez az érintkező ujjak alatt felgyülemelő anyag okozza a mért értékek növekedését, egészen addig, amíg a kontaktus ujjak rugóereje szét nem lapítja, illetve az üzemi árammal gyorsan megjelenő veszteség rövid idő alatt fel nem puhítja.
- Mindezek után a gyártó írásos utasítást adott ki, miszerint az átmeneti ellenállás mérést a BE kapcsolást követően min. 1 óra múlva végezzük, és akkor kezdünk aggódni a megszakító állapotán, ha így is $150 \mu\Omega$ feletti (statikus=SRM) értéket mérünk. Ekkor a következő lépés várhatóan egy dinamikus átmeneti ellenállás (DRM) mérés lesz.



Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók 2:0



2019.08.24. 19:01-kor „R” fázisú FN zárlatra védelmi kioldás történt a 120kV-os, **közös oszlopsoron haladó** Aszófő és Veszprém távvezetékeket fogadó (8. és 9.) mezőkben. A térségben erős villámtevékenység volt.

Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók 2:0



➤ Diszpozíció

- A Veszprém távvezeték a 8. sz. 120 kV-os mezőn keresztül a „B” gyűjtősínre csatlakozott,
- Az Aszófő távvezeték a 9. sz. 120 kV-os mezőn keresztül a „K” gyűjtősínre csatlakozott.

➤ Elsődleges információk

- A Veszprém és Aszófő távvezetékeket érintően kezdődtek a védelmi működések,
- Kikapcsolódott mind a „B”, mind a „K” 120 kV-os gyűjtősín (a komplett 120 kV-os rész ellátatlan maradt),
- A beérkező HÜSZ a „Veszprém” mező (8T) megszakítóján fizikai sérüléseket észlelt, az SF₆ gázor 0 relatív nyomást mutatott (a gáz elszökött). A mérőváltóknál és a szigetelőláncokon kormozódás látszott.
- Az „Aszófő” mezőben sem primerben, sem szekunderben nem észleltek rendellenességet.



Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók 2:0



- A Veszprém távvezeték mezőjének kivételével minden kikapcsolódott berendezést 2 órán belül visszakapcsoltak.
- A részletes kivizsgálás eredményei
 - Az eseményeket a közös oszlopsoron haladó Aszófő és Veszprém kétrendszerű távvezetékét ért villámcsapások váltották ki, valószínűleg a „visszacsapás” jelensége zajlódot le.
 - A kétrendszerű távvezetékét kb. 80 ms különbséggel két villámcsapás érte, amik „R” fázisú zárlatot okoztak.
 - Az Aszófő és Veszprém mezők megszakítóiban ugyanaz a jelenség zajlódot le: az első zárlatot sikeresen megszakították, de az áram megszakadása után 10-15 ms-al a második villámcsapás okozta túlfeszültség átütötte a még nem regenerálódó SF6 gázt a még egymástól nem teljesen eltávolodott érintkezők között.
 - A második villámcsapás idejétől tehát a megszakítók „R” fázisaiban a nyitott érintkezők között folyt a távvezetéki hibahelyet tápláló zárlati áram.



- Az „Aszófő” mező megszakító utólagos vizsgálata
 - Az Aszófő mezőben lefutott a megszakító beragadásvédelem és így a nyitott érintkezők között folyó zárlati áram 300 ms-os késleltetéssel, „körbekapcsolással” („K” gyűjtősín kikapcsolásával) lett megszüntetve.
 - Az adatok kivizsgálást követően a megszakító ki lett kapcsolva és beigazolódott a gyanú: a benne levő SO₂ „mérhetetlenül” magas volt.
 - Az „R” fázis szétszerelése után égésnyomok voltak láthatók.



Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók 2:0



➤ Az „Aszófő” mező megszakító utólagos vizsgálata



Végrehajtott intézkedés: „R” pólus cseréje



Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók 2:0



➤ A „Veszprém” mező megszakító utólagos vizsgálata

- Az eltérő szekunder kialakítás miatt, amikor az első zárlat után az ív rövid időre megszakadt, az egyik védelem visszaesett és a második zárlatot egy emlékezési időn belül bekövetkezett második eseménynek kezelte. Ez miatt 3F kioldást adott, miután az sikeresen végbement („R” már ki volt kapcsolva, a másik kettő sikeresen kikapcsolódott), nem indult a megszakító beragadásvédelem.
- A megszakító „R” pólus fedele a nyitott érintkezőin átfolyó zárlati áram termikus hatása miatt kialakuló túlnyomástól kb. 1,75 másodperc múlva lerobbant (nem volt robbanómembránja), a gyűjtősínvédelem határain belül FN zárlatot és ezzel gyűjtősínvédelmi kioldást okozott. A megszakító komoly károsodást szenvedett.



Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók

2:0



- A „Veszprém” mező megszakító utólagos vizsgálata



Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók

2:0



➤ A „Veszprém” mező megszakító utólagos vizsgálata



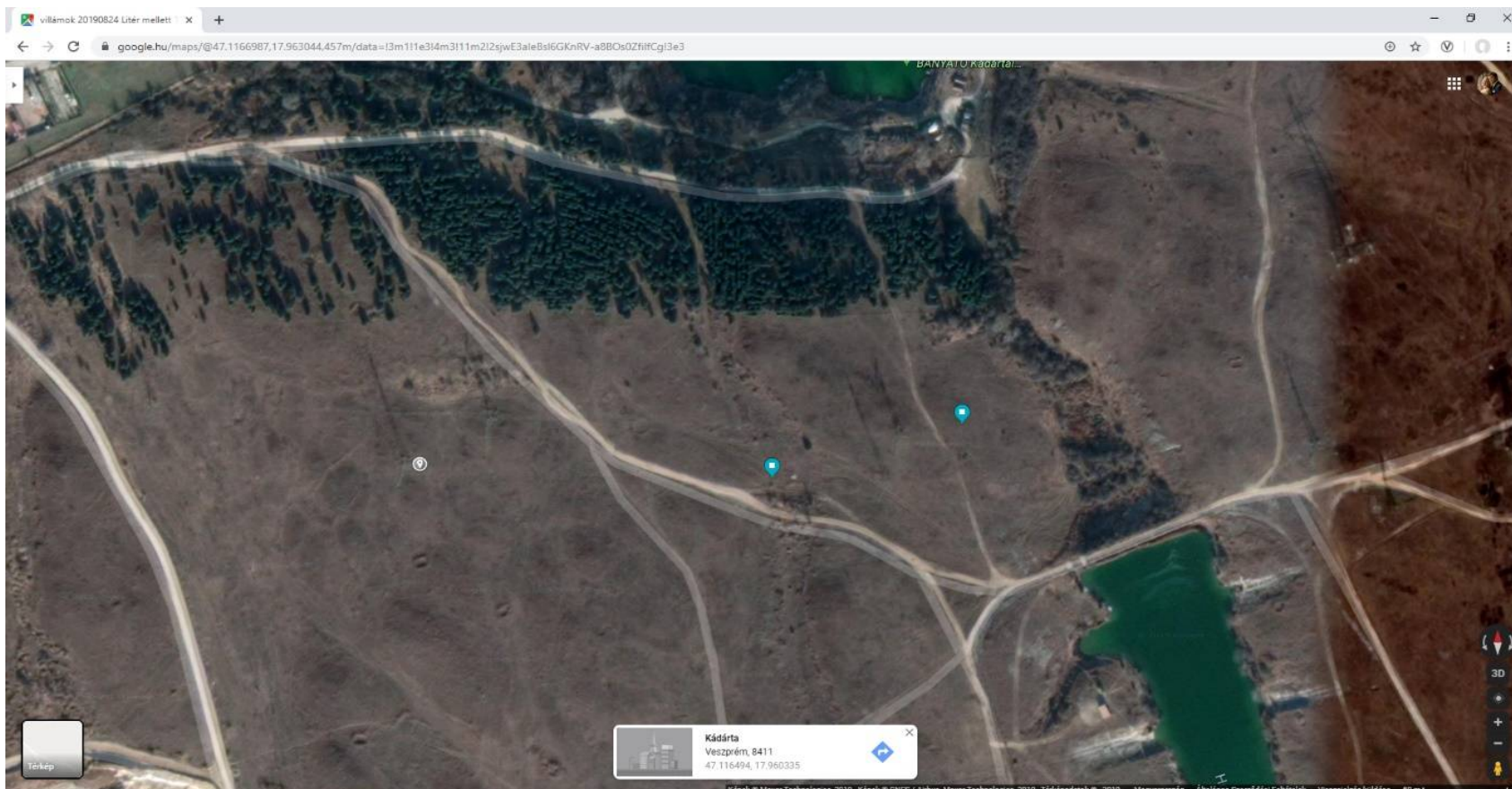
Végrehajtott intézkedés: megszakító cseréje



Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók 2:0



➤ A „bakonyi hibahely”

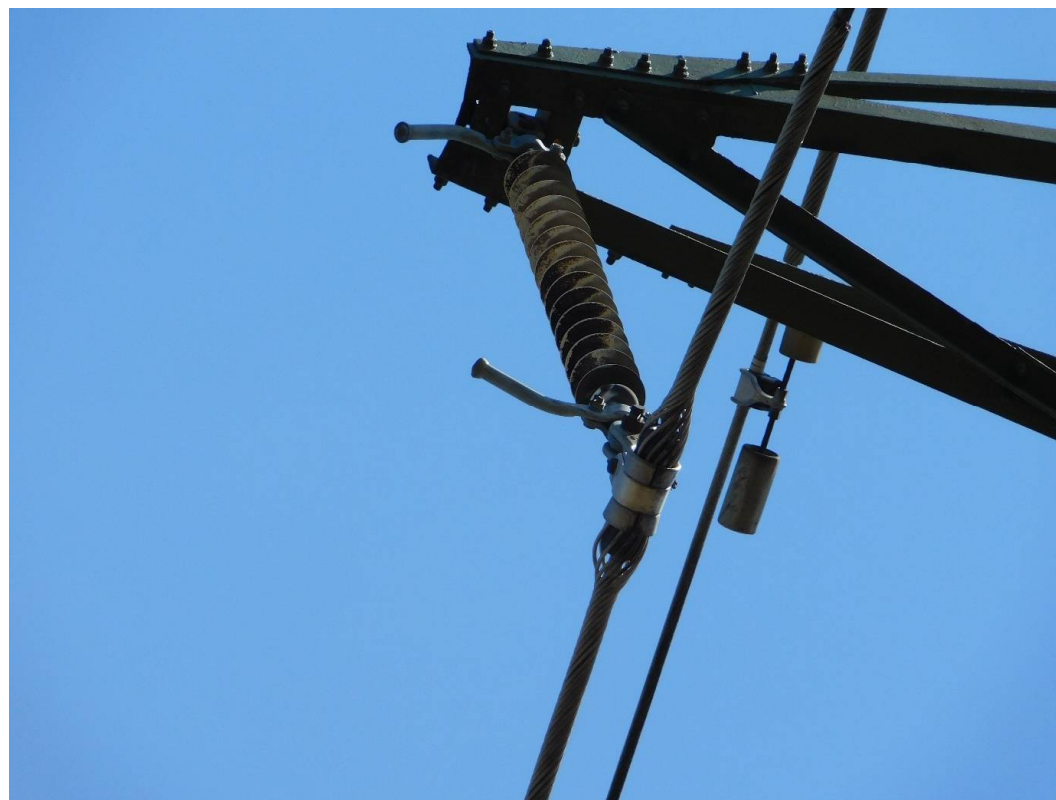


Villámok vs litéri 120 kV-os megszakítók

2:0

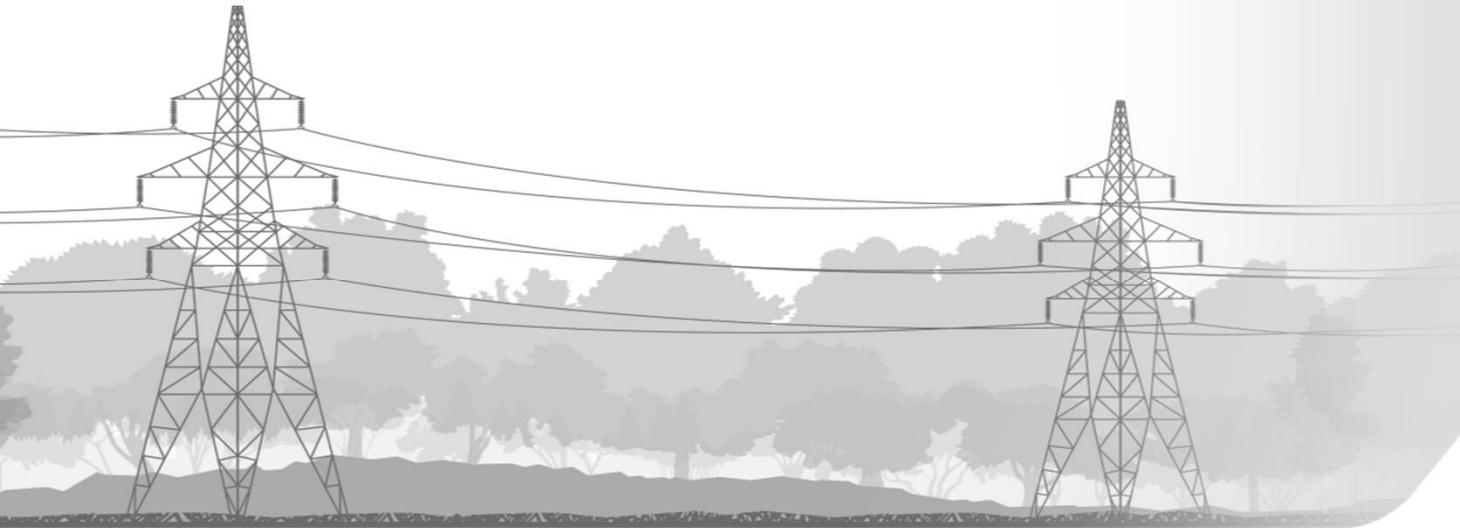


➤ A „bakonyi hibahely”

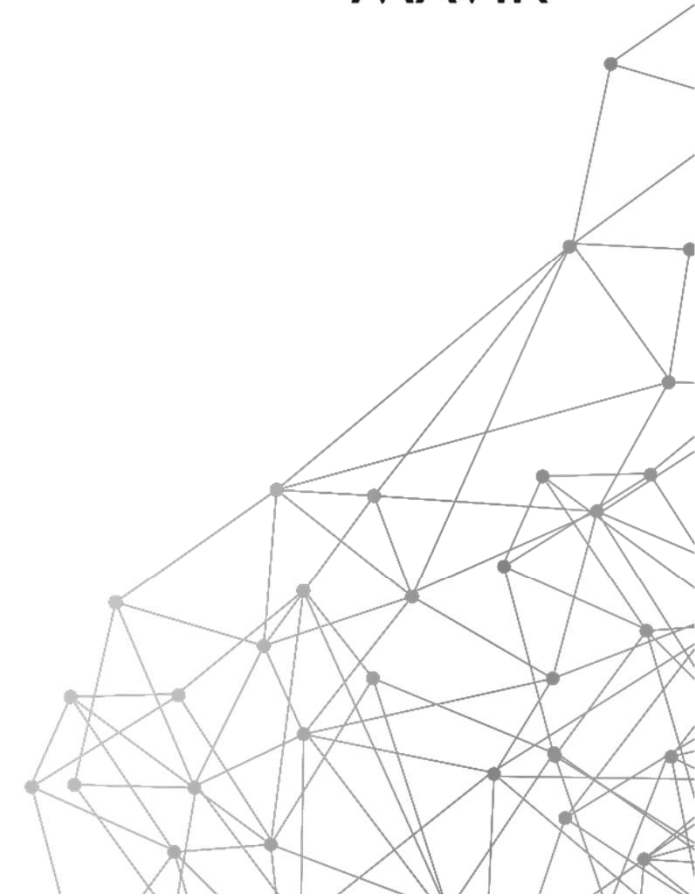


Kis kitérő...





Túlfeszültség-korlátozós érdekekességek



Túlfeszültség-korlátozó szivárgó árama egy hét alatt a 6-szorosára nőtt

MAVIR

➤ Hely:

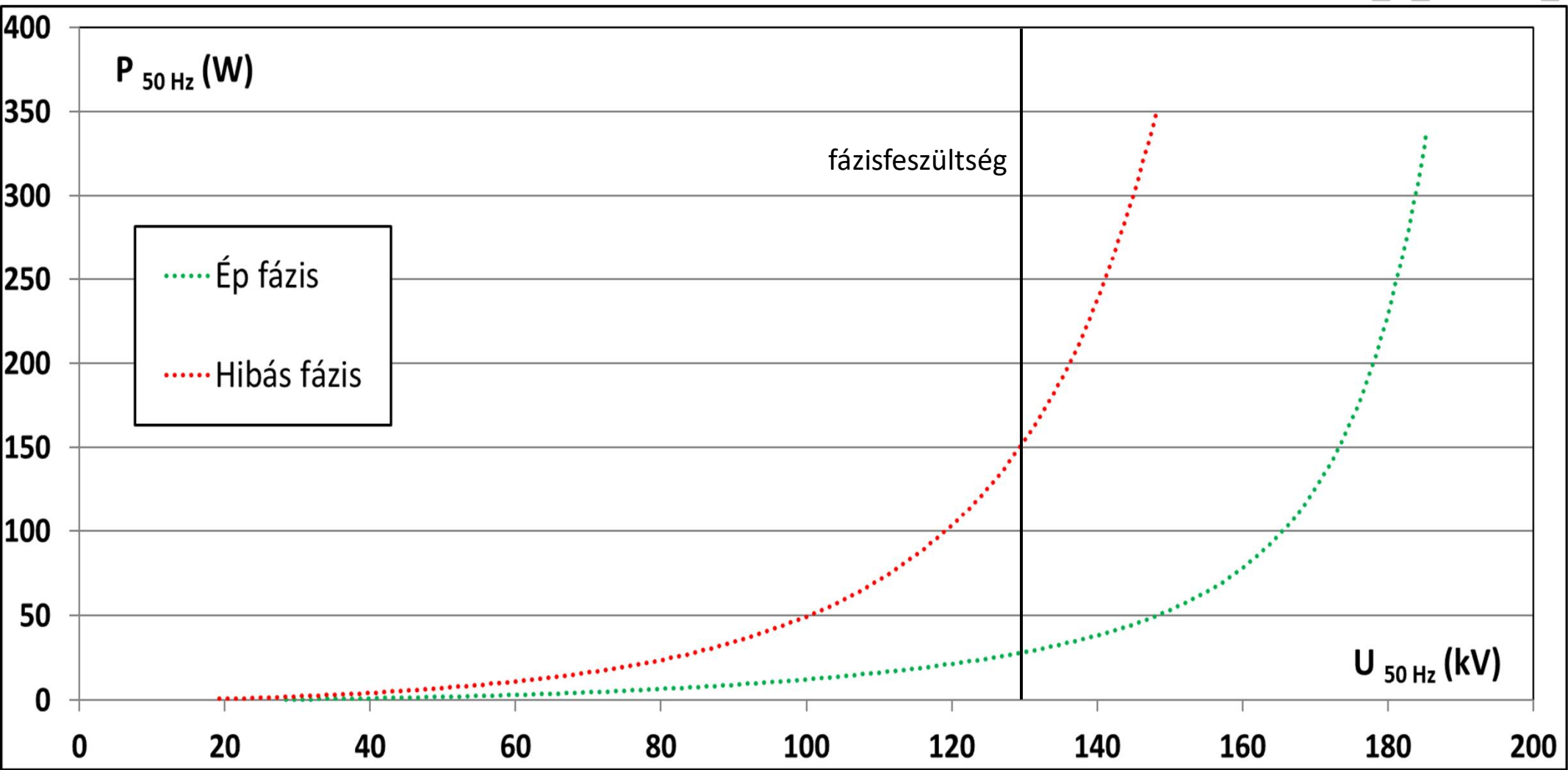
- Dunaújváros aá. 1. számú 220/120 kV-os trf. 220 kV-os mező T fázis

➤ Túlfeszültség-korlátozó

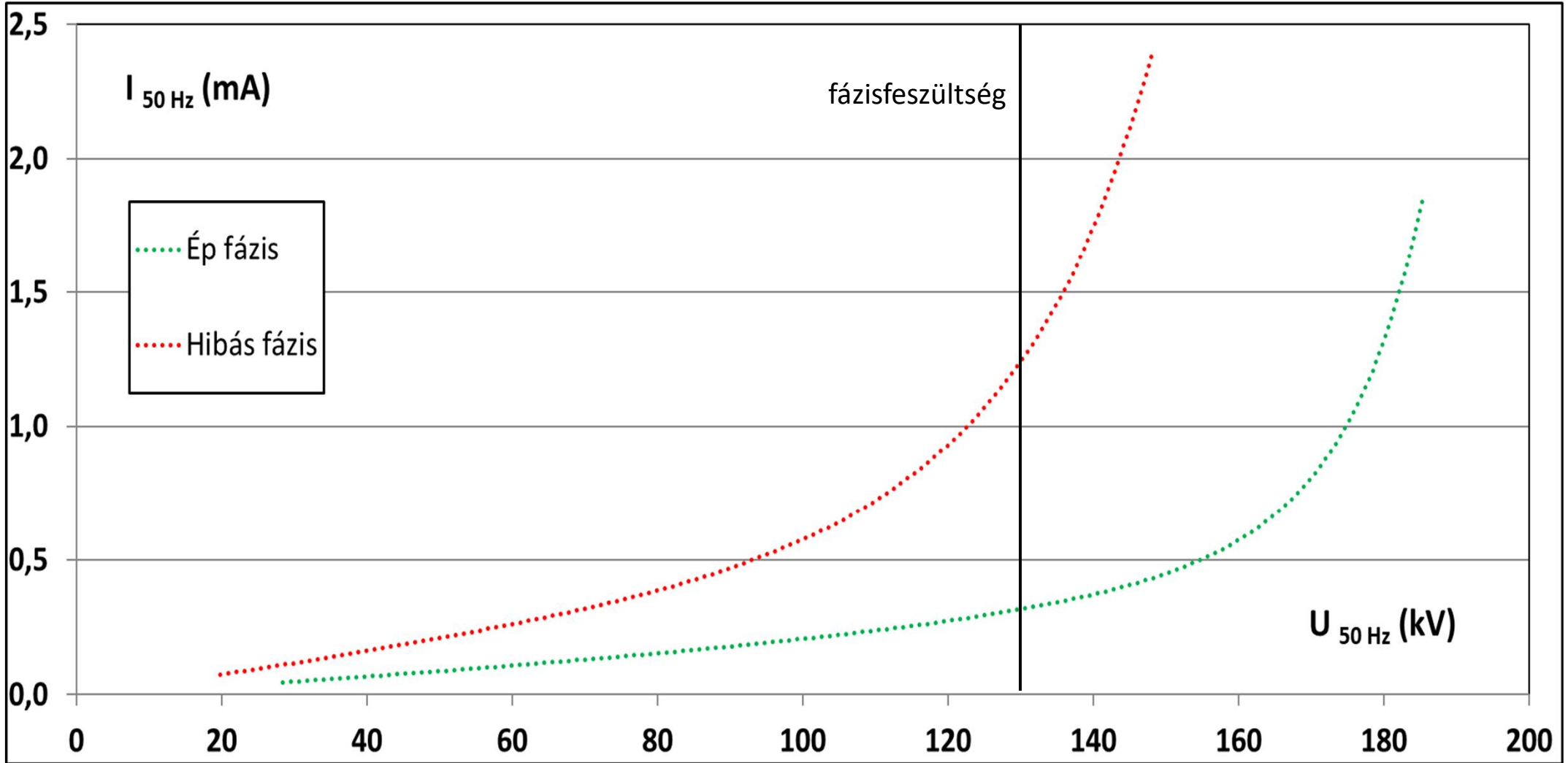
- Névleges feszültség: 180 kV
- Folyamatos üzemi feszültség: 144 kV
- Névleges levezetési áram: 10 kA (csúcs)
- Szigetelő: porcelán
- Tagok száma: 2
- Gyártási év: 1997



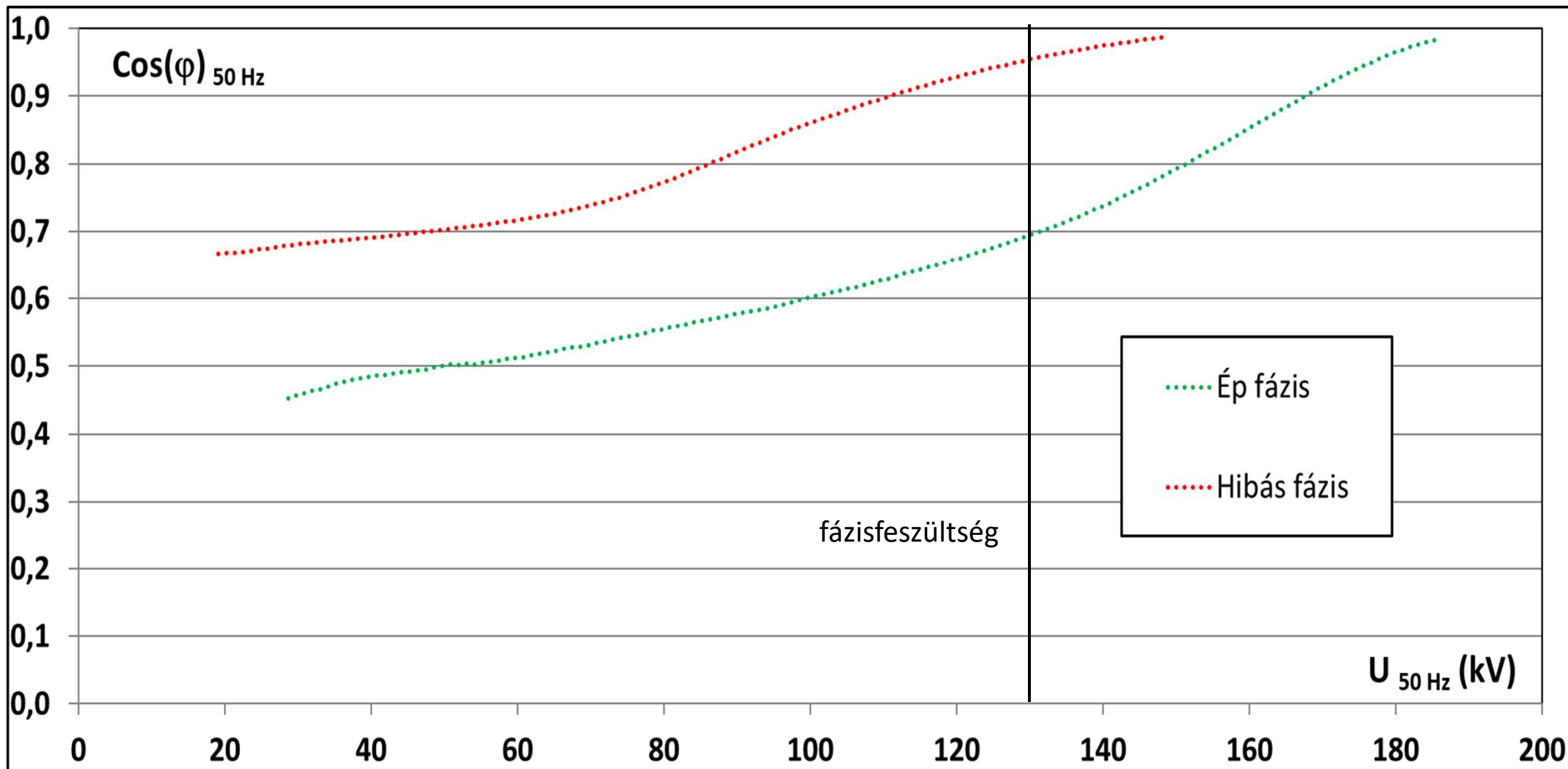
Hatásos teljesítmény változása



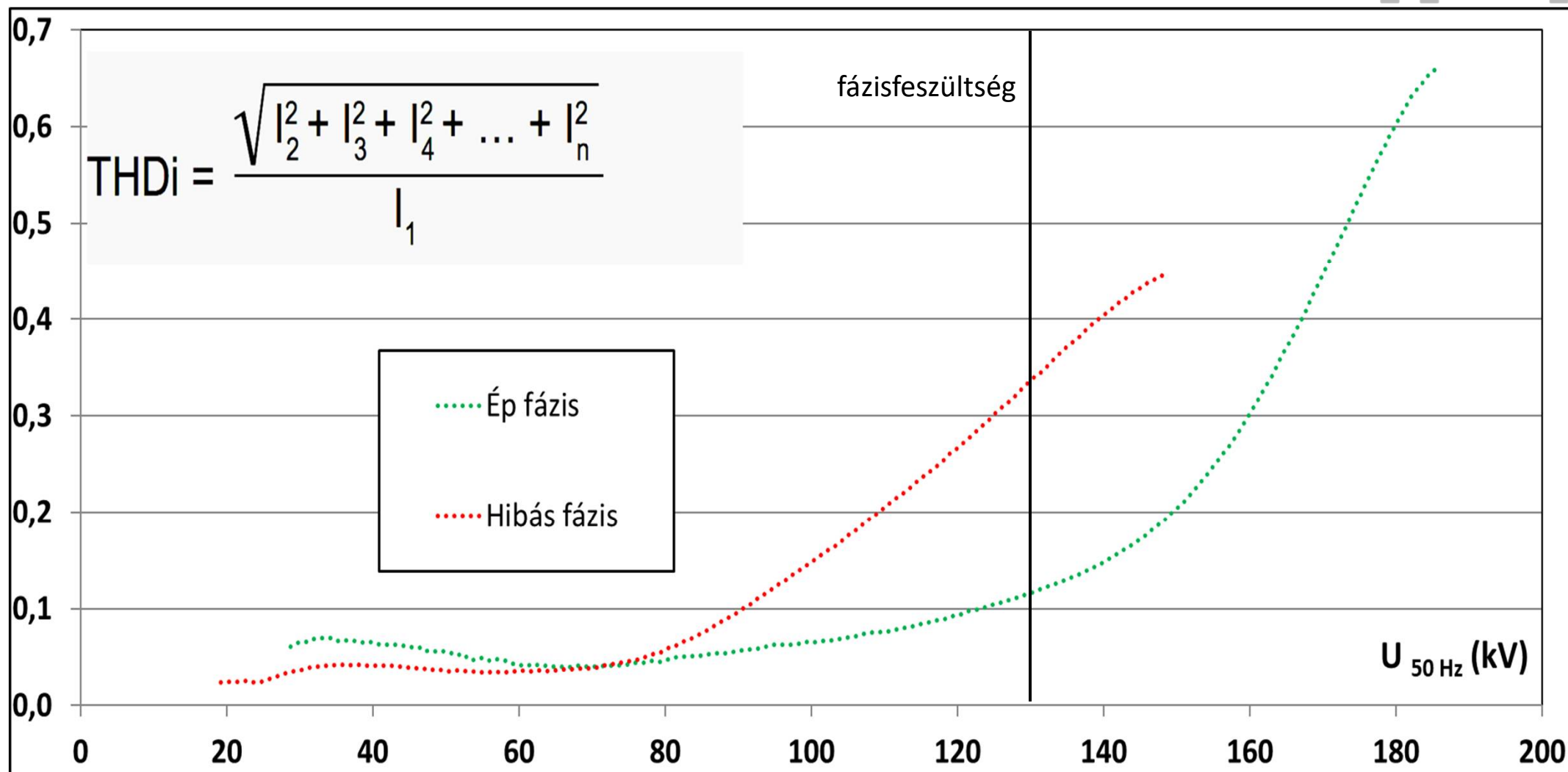
Alapharmonikus áram változása



Alapharmonikus teljesítménytényező változása



Áram torzítási tényező változása



Túlfeszültség-korlátozó egyes tagjainak vesztesége megnőtt



➤ Hely:

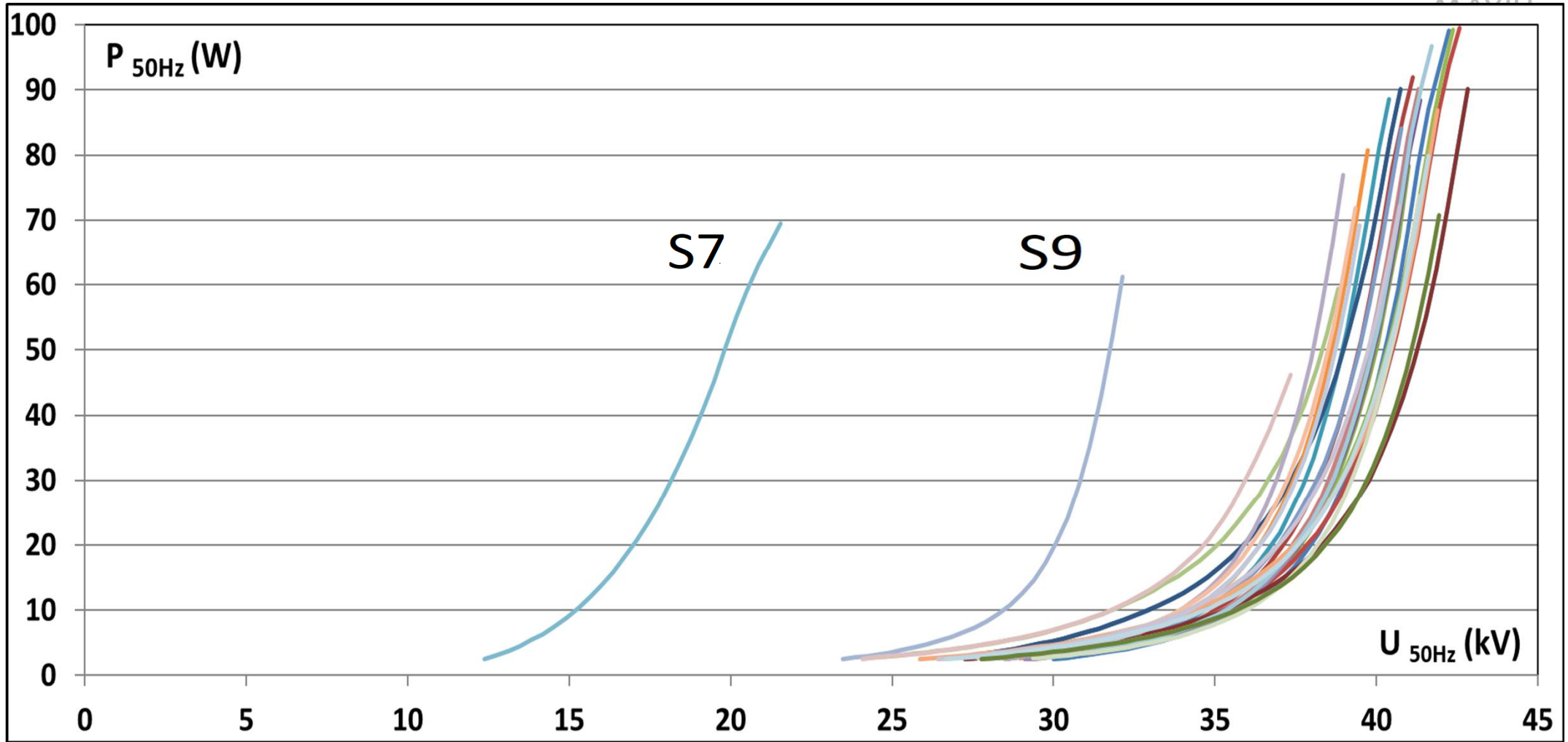
- Győr alállomás 400 kV-os Bős távvezeték mező S fázis

➤ Túlfeszültség-korlátozó

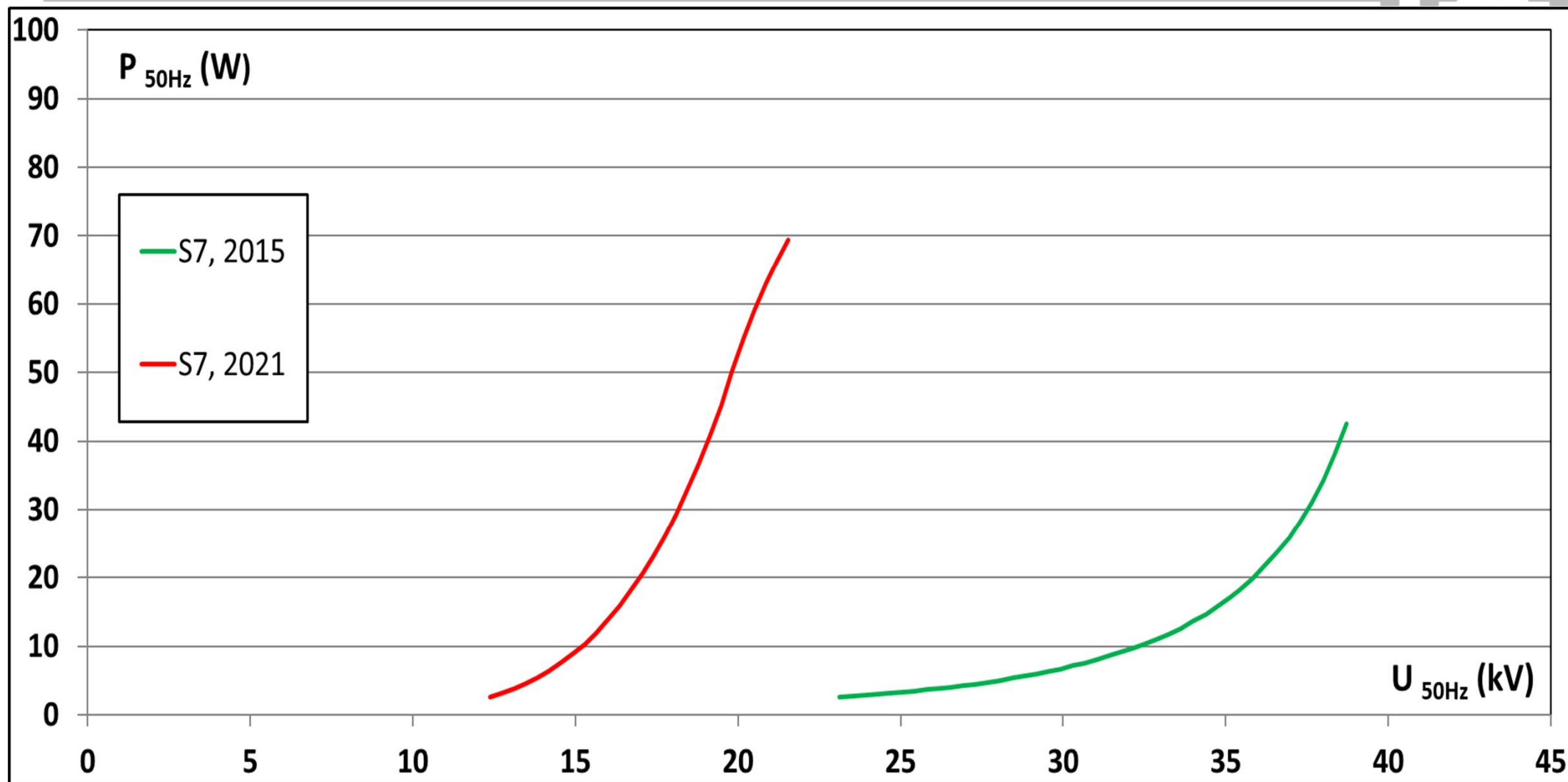
- Névleges feszültség: 360 kV
- Folyamatos üzemi feszültség: 270 kV
- Névleges levezetési áram: 10 kA (csúcs)
- Szigetelő: szilikon
- Tagok száma: 9 emelet x 3 tag/emelet
- Gyártási év: 1991



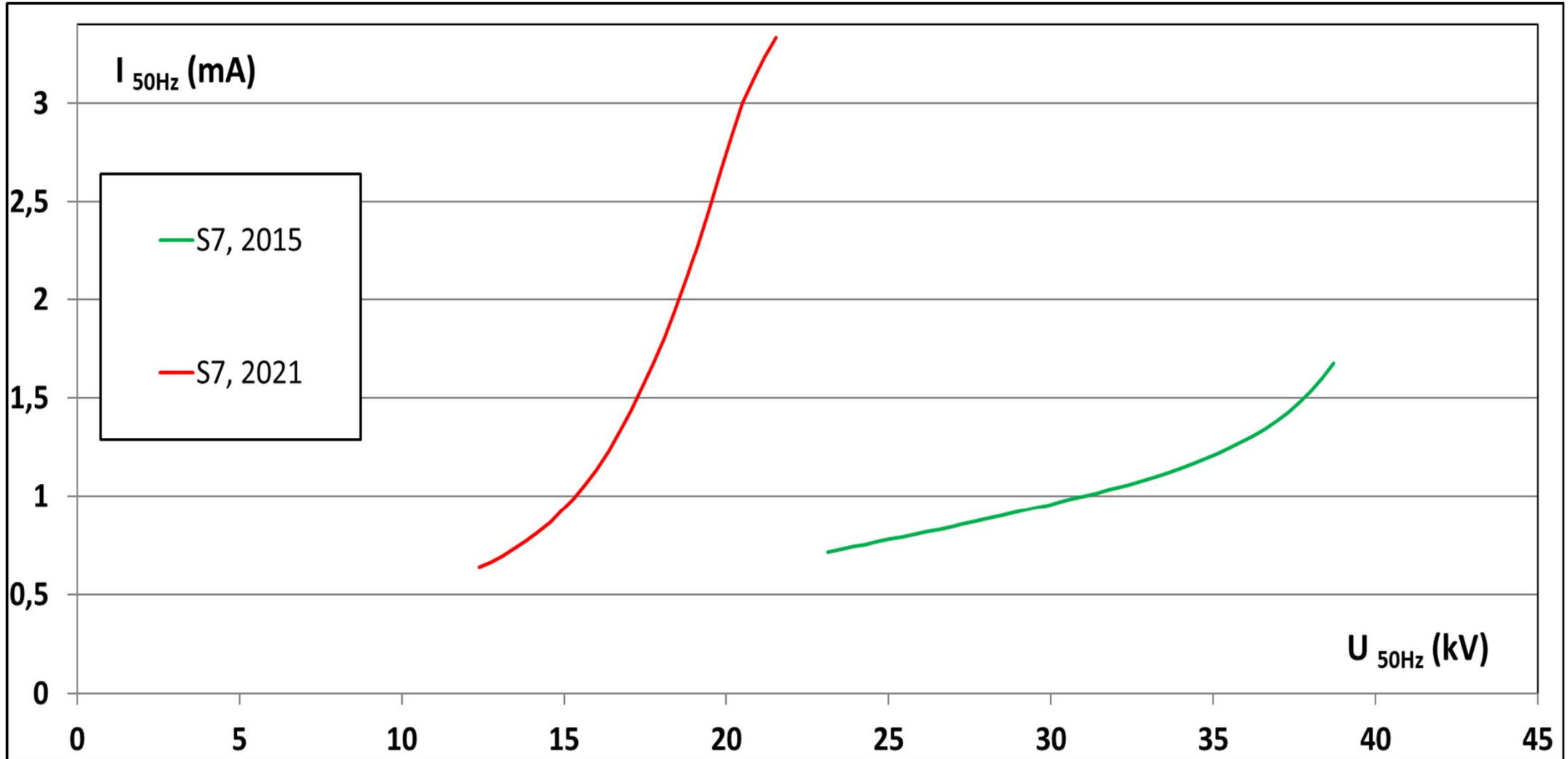
Hatásos teljesítmények, 2021 (3x10 görbe)



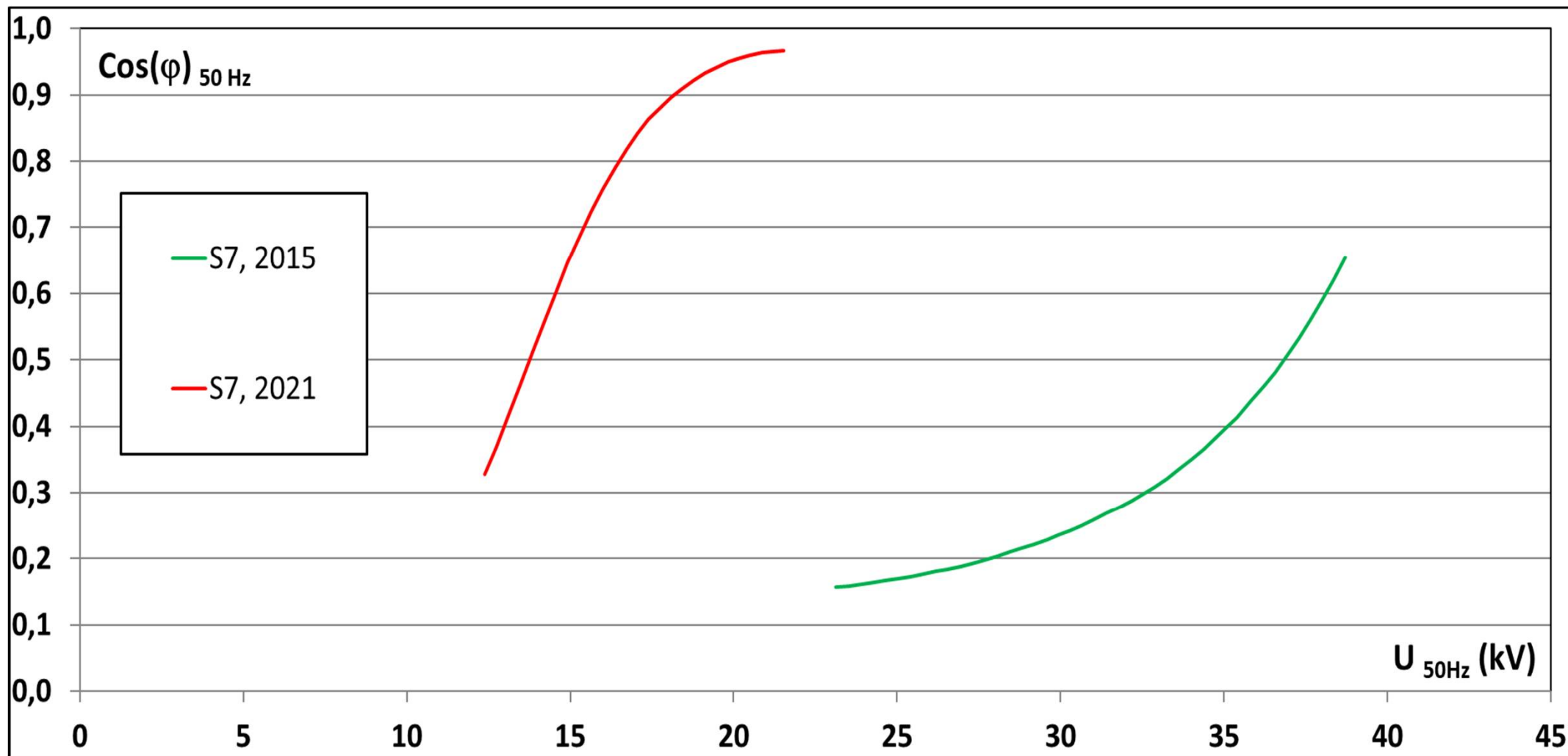
Hatásos teljesítmény változása S7 tagon



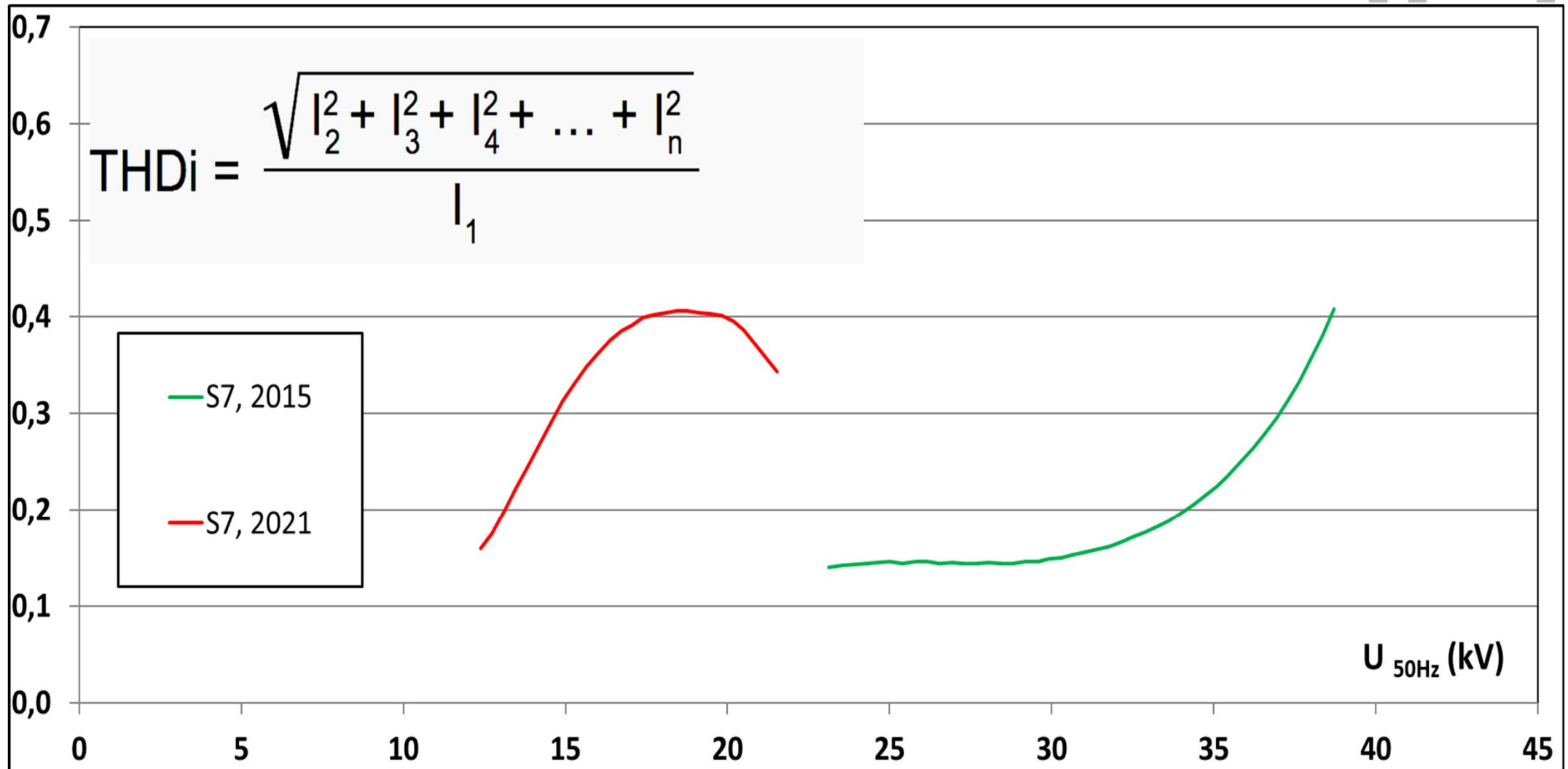
Alapharmonikus áram változása S7 tagon



Alapharmonikus teljesítménytényező változása S7 tagon (kondenzátor jellegtől ellenállás jelleg felé halad)



Áram torzítási tényező változása S7 tagon



➤ Hely:

- Göd alállomás 400 kV-os Léva távvezeték mező T fázis

➤ Túlfeszültség-korlátozó:

- Névleges feszültség: 336 kV
- Folyamatos üzemi feszültség: 267 kV
- Névleges levezetési áram: 10 kA (csúcs)
- Szigetelő: szilikon
- Tagok száma: 3
- Gyártási év: 2007









Kikapcsolás előtt regisztrált közeli villámok



Idő	Szélesség	Hosszúság	Áram (kA)	Oszlopköz	Távolság (m)
17:22:50,005	47,7058	19,1956	-12,5	8-9/141	12
17:22:50,125	47,7062	19,1963	-24,1	8-9/141	26
17:22:50,265	47,7061	19,1964	-19	8-9/141	12
17:22:50,315	47,7062	19,1957	-6,7	8-9/141	47



➤ Hely:

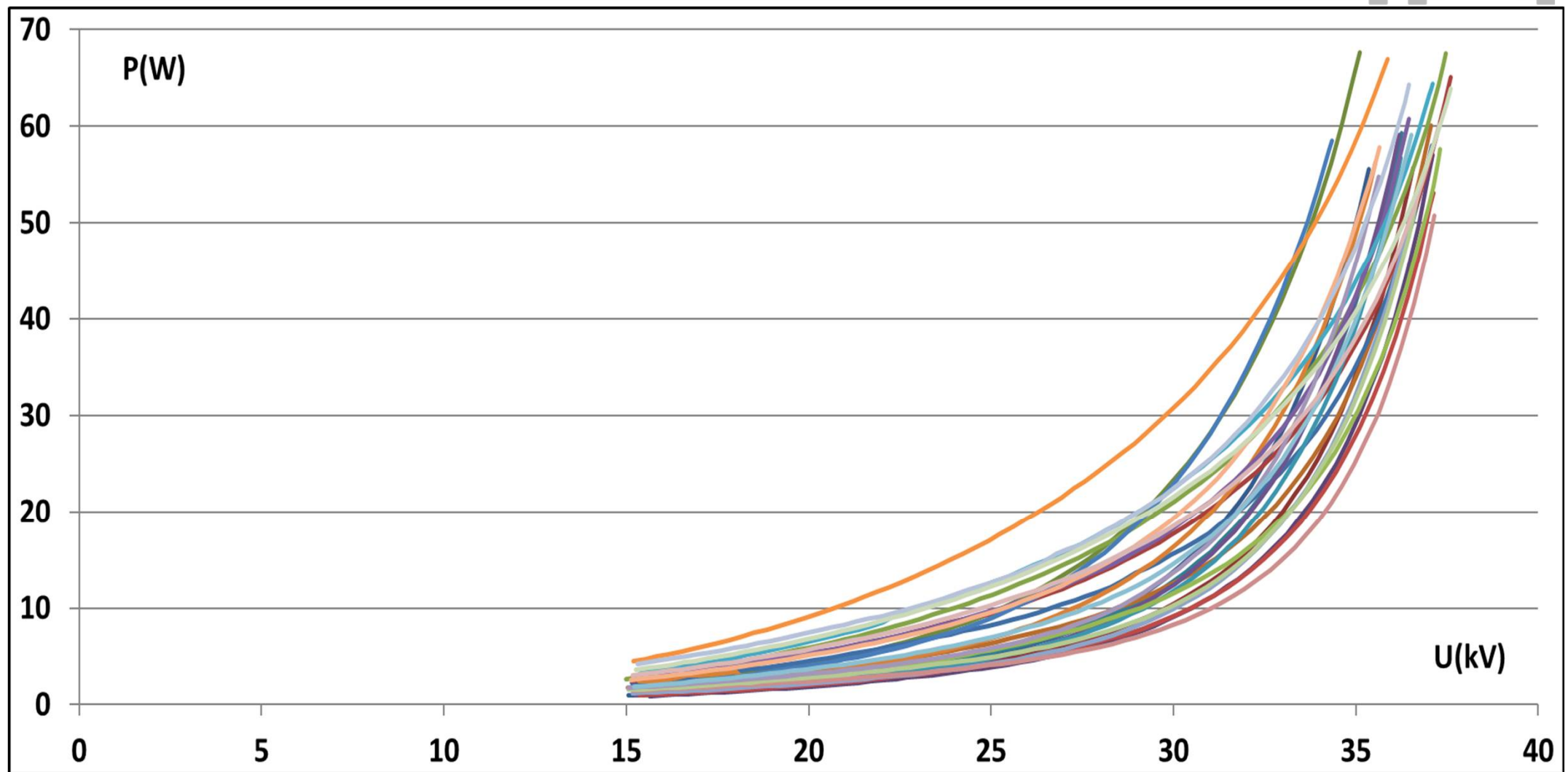
- Pécs alállomás 400 kV-os Paks II. távvezeték mező R fázis

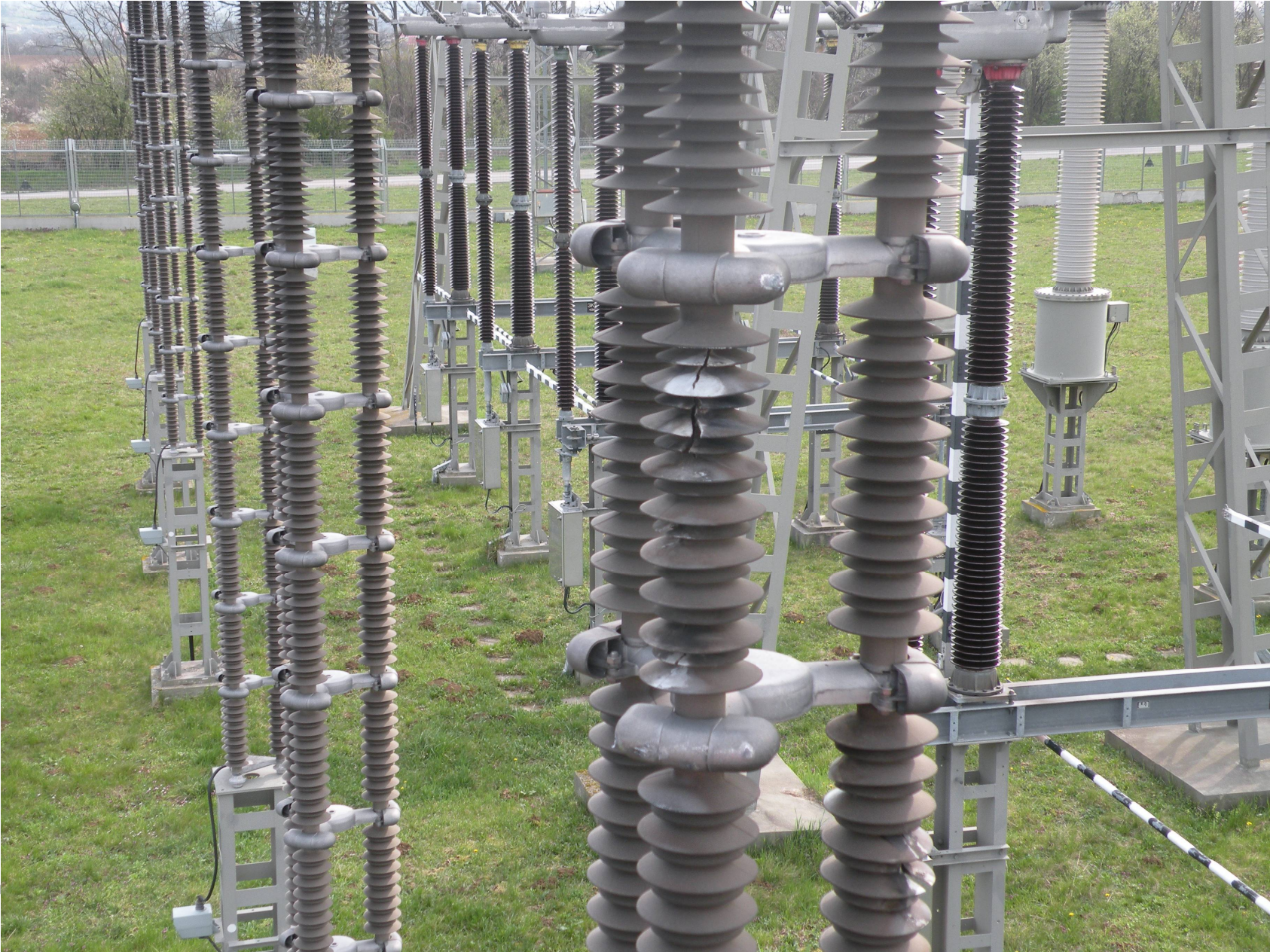
➤ Túlfeszültség-korlátozó:

- Névleges feszültség: 342 kV
- Folyamatos üzemi feszültség: 267 kV
- Névleges levezetési áram: 10 kA (csúcs)
- Szigetelő: szilikon
- Tagok száma: 9 emelet x 3 tag/emelet
- Gyártási év: 2003



Mérés 2016-ban (3x9 görbe)







Kikapcsolás előtt regisztrált közeli villámok



Idő	Szélesség	Hosszúság	Áram (kA)	Oszlopköz	Távolság (m)
01:22:19,064	46,2136	18,476	-9,2	170-171/231	90
01:22:19,187	46,2127	18,4774	-3,1	170-171/231	52
01:22:19,443	46,2134	18,4767	-6,4	170-171/231	27



➤ Hely:

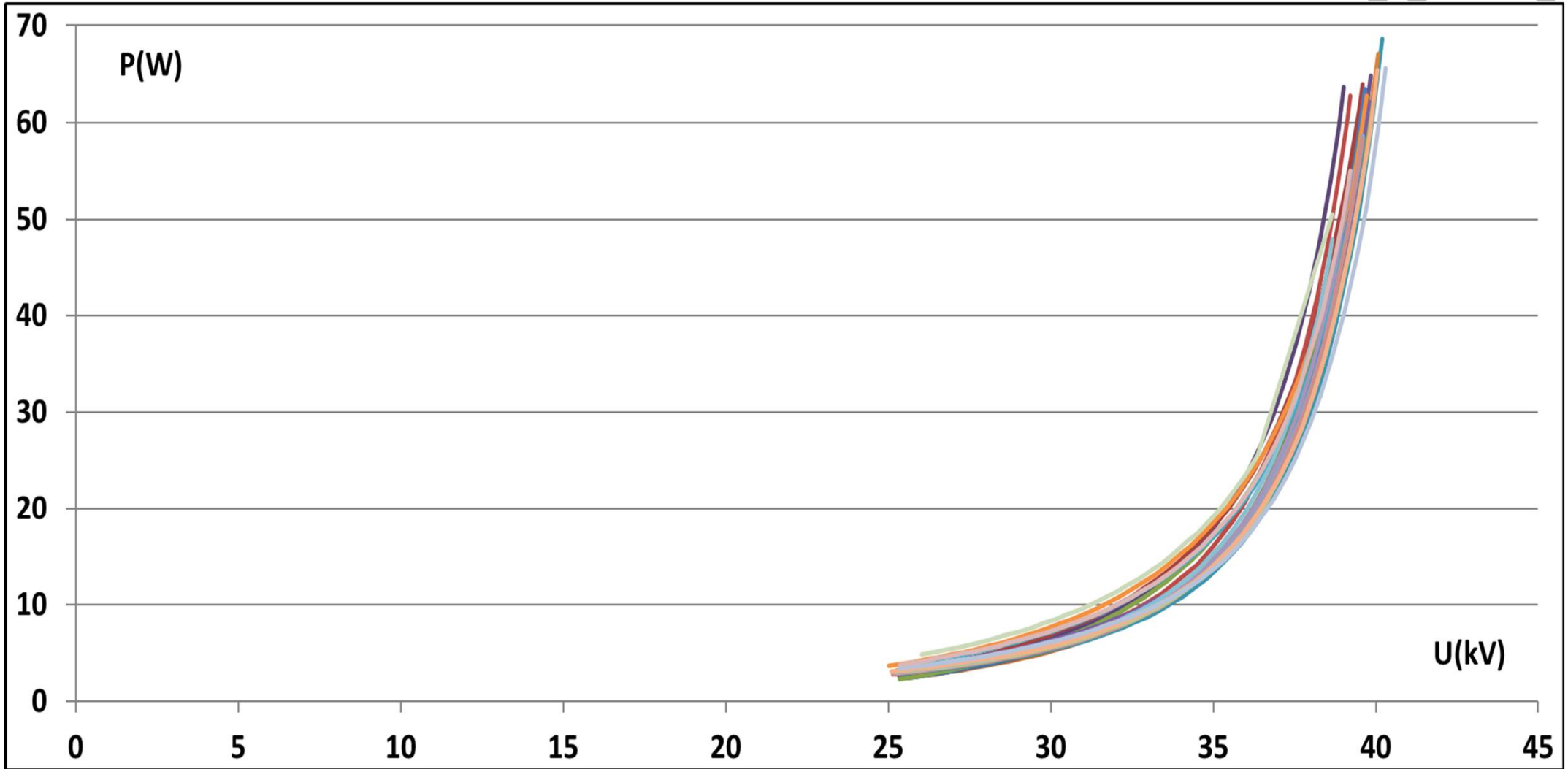
- Pécs alállomás 400 kV-os Ernestinovo I. távvezeték mező S fázis
Előtte 2 hétig ki volt kapcsolva földelés nélkül

➤ Túlfeszültség-korlátozó:

- Névleges feszültség: 342 kV
- Névleges levezetési áram: 10 kA (csúcs)
- Folyamatos üzemi feszültség: 267 kV
- Szigetelő: szilikon
- Tagok száma: 9 emelet x 3 tag/emelet
- Gyártási év: 2003



Mérés 2016-ban (3x9 görbe)





Kikapcsolt állapot ideje alatt regisztrált közeli villámok 2021.08.01. (bekapcsolás előtti nap)

Idő	Szélesség	Hosszúság	Áram (kA)	Oszlopköz	Távolság (m)
13:36:05,186	45,791	18,5604	-5,4	119-120/228	80
13:37:11,418	45,5889	18,5602	2,8	179-180/228	27
13:39:07,922	45,5997	18,5813	-20	175-176/228	5
18:22:36,001	45,4816	18,6233	3,3	218-219/228	11
18:52:40,715	45,5371	18,5876	10,3	198-199/228	25



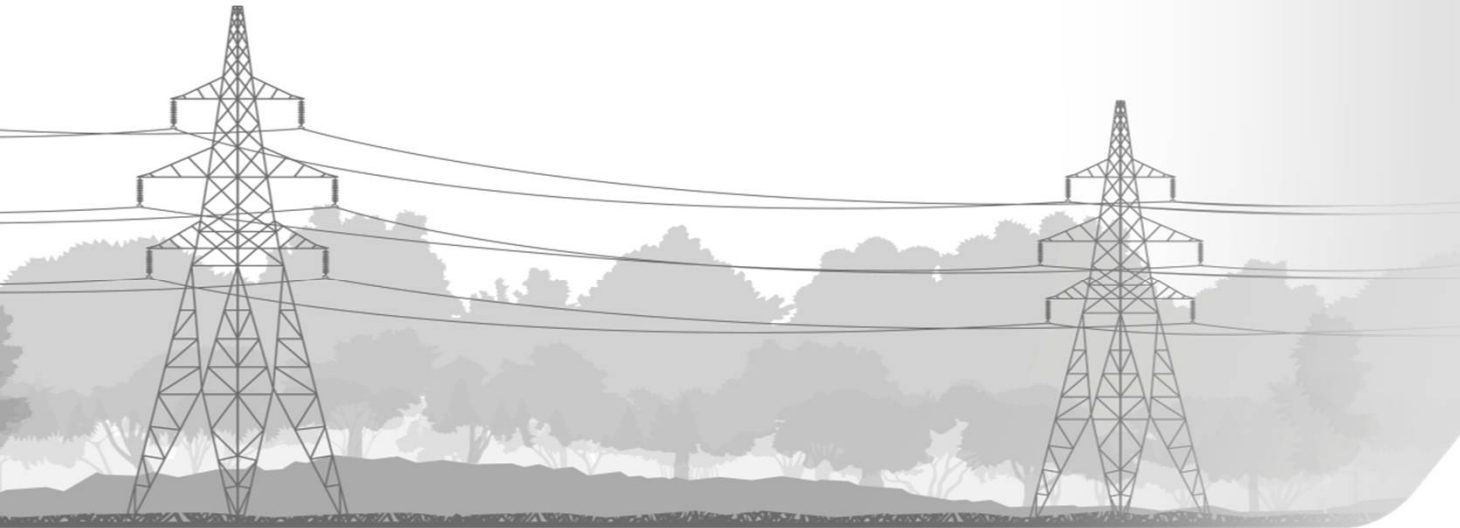




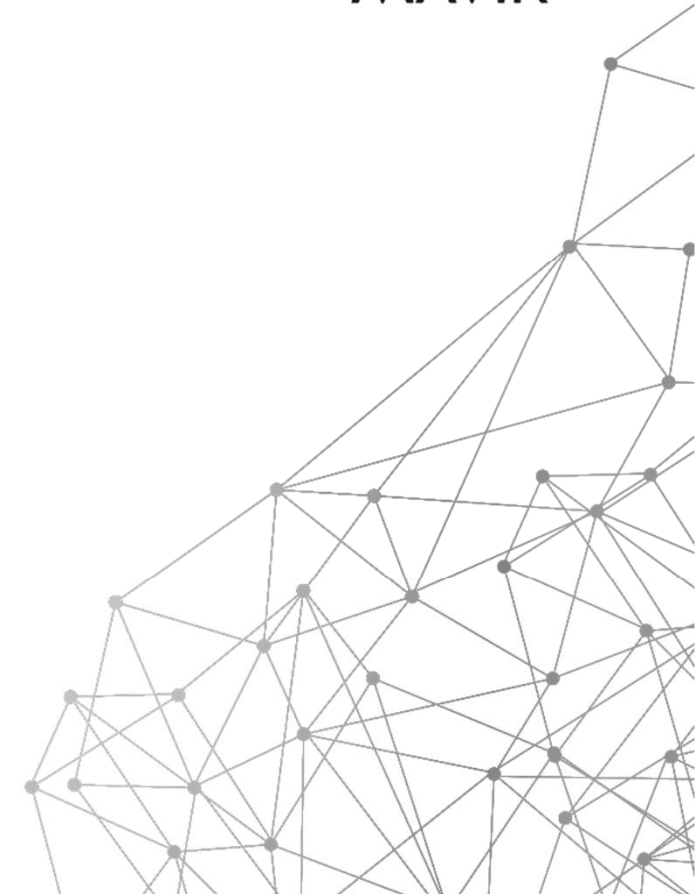








Söntfojtó robbanás/festés



Söntfojtó 18 kV

- Légmagos, természetes levegő áramlás a menetek között
- Menetek láthatók



Meghibásodás



- Szombathely 2020. július 26. 0:01 térfigyelő kamera rögzítette:
 - Szombathely_2_iv.mp4



Meghibásodás

➤ A hibahely közelről



Meghibásodás

➤ Alulról



Gyári kivizsgálás eredménye



- UV védő festék (porlik, megkopott), a meneten lévő gyanta UV hatására lebomlik.



Gyári kivizsgálás eredménye



- A festék már nem víz lepergető, a szövetszalag a vizet felszívja.



Meghibásodás



- A belső felületen a szennyeződés a vízzel vezetőképes bevonatot képezhet
- A felületi kisülésekből és szivárgási áramokból villamos ív alakulhat ki



A 8. tekercsréteg belső oldala



Meghibásodási lehetőség még



- Gyár által tapasztalt egyéb meghibásodás (USA, Franciaország):

Oldalszél, ami miatt a természetes kéményhatás nem tud a menetek között kialakulni, így a tekercs hűlése nem megfelelő.

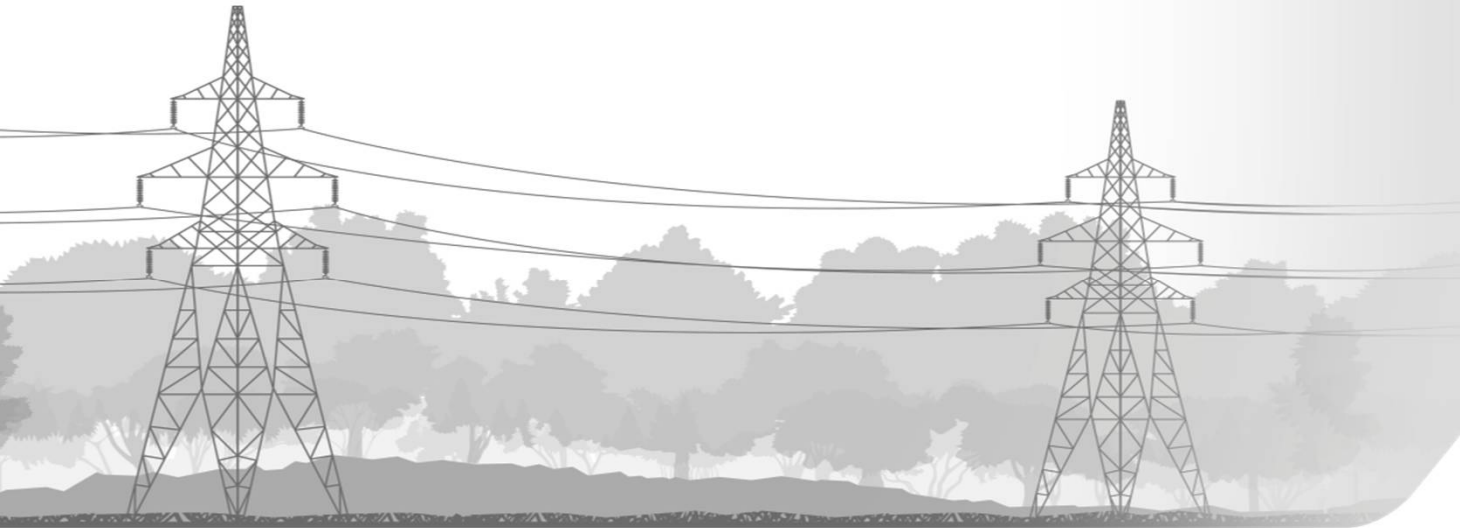


Intézkedés



- Fojtókat gyár által javasolt technológiával 15 év után újra festjük (a régiek gépkönyvében festésről nincs szó, a legújabbaknál 10 éves ciklusidővel szerepel).





Szolnok 220 kV kombinált mérőtranszformátor robbanás



Előzmény



- 15 éves olaj szigetelésű készülék
- 4 évente hibagáz vizsgálat
- utolsóban semmi jel belső hibára
- következő HGA néhány hónap múlva lett volna

Mintavétel ideje	Szén-dioxid	Etilén	Etán	Acetilén	Hidrogén	Oxigén	Nitrogén	Metán	Szén-monoxid	Propán, propilén
2008.11.19	315	1	2	-	<10	1,23	3,62	2	59	-
2010.06.23	519	1	3	-	22	1,42	2,23	2	26	-
2014.07.16	477	1	6	-	<10	0,53	1,71	4	29	-
2018.08.29	628	1	9	-	<10	1,17	3,57	5	37	-



Meghibásodáskor



- Védelem kikapcsolta a trafót és a sínen lévő távvezetéseket
- HAM-ban a robbanást megelőzően
 - az áramokban rendellenes változás nem volt tapasztalható
 - már kb. 13 perccel az S fázisban 220 kV-os feszültség letört (fázisfesz.: 136 -> 117 kV)



Meghibásodás



➤ Szolnok 2022. február 13. 0:42



2022.02.13. 0:48:20
Central European Standard Time



Meghibásodás



- A fej az áramváltó résszel (több mint 150 kg) kb. 10 métert repült



Meghibásodás



- a feszültségváltó rész primer tekercsét, és a főszigetelést is kilőtte



Meghibásodás



- trafó átvezetőjének a sodronyhoz csatlakozó szerelvénye eltört



Meghibásodás



- A mellette lévő fázis kompozit szigetelőjét egy repülő, égő darab megsértette (gyártó szerint javítható)



Meghibásodás



- mérőváltó sapkája és a tágulómembrán (öntvény repedést nem akadályozta meg)



Meghibásodás

- Az áramváltó rész és a fej (zárlat nem a fejben kezdődött)



Meghibásodás

➤ Legjobban égett rész



Meghibásodás

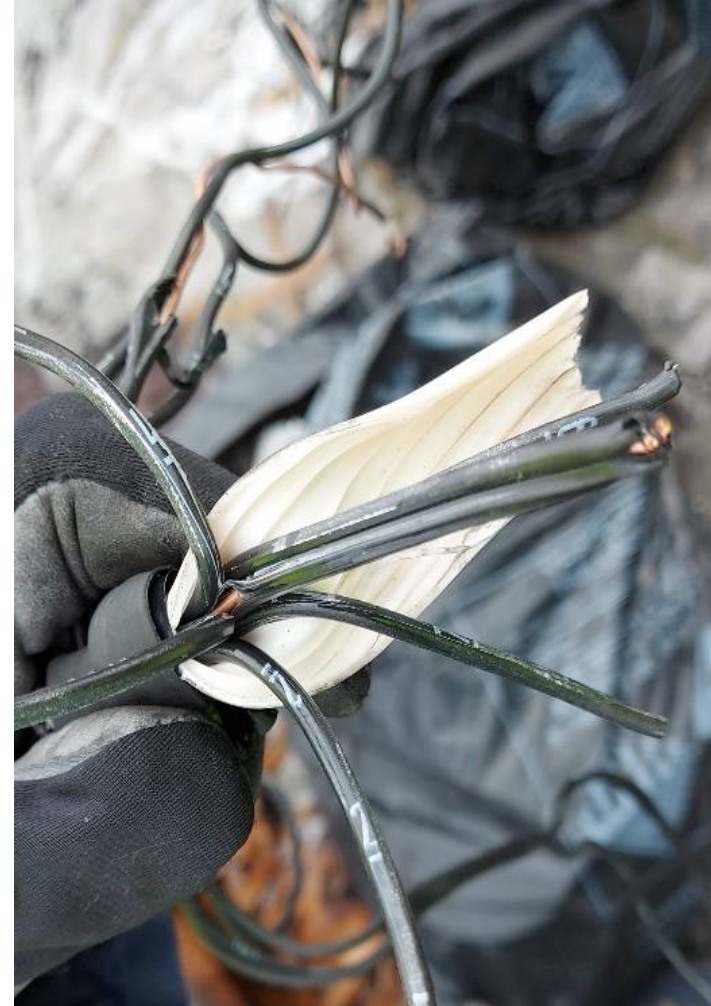


- Alul a csavarokat leszakította, a zárófedelelet meghajlította



Meghibásodás

- Az áramváltó 2. magján lévő szekunder kábelre nagy feszültség kerülhetett
 - a szekrényig megolvadt rajta a szigetelés
 - a szekrényben a sorkapocs a földsínhez áthúzott.
 - az AZT meghibásodott
 - a DTML feszültségváltó körülmérőkártyája meghibásodott



Valószínűsíthető folyamat



- A robbanást megelőzően legfeljebb néhányszor tíz perccel a mérőváltó **feszváltó** részének **primer tekercsén** az alsó részén **kötéshiba** (soros kötés szakadása) alakulhatott ki, amivel ezen a szakaszon részkisülés, illetve íves áramvezetés jelenhetett meg.
- A lokális, talppontját változtató ív okozhatta a szekunder feszültség jelalakjának a változásait.
- Az ív **folyamatos gázképződést** eredményezett, aminek hatására a zárt olajtér nyomása folyamatosan emelkedett, és a tágulómembrán folyamatos tágulásával idővel a védősapka leszakadásához vezetett.
- Olyan mennyiségű gáz halmozódott fel a kompozit szigetelő testen belül, ami buborékok formájában a szigetelőolajjal elkeveredve felborította a mérőváltó belső feszültségeloszlását, és a **feszváltó primer tekercs felülete mentén belső átívelést** eredményezett.
- A zárlati ív energiája által okozott drasztikus, **hirtelen nyomásnövekmény** eredményezte a mérőváltó felrobbanását.

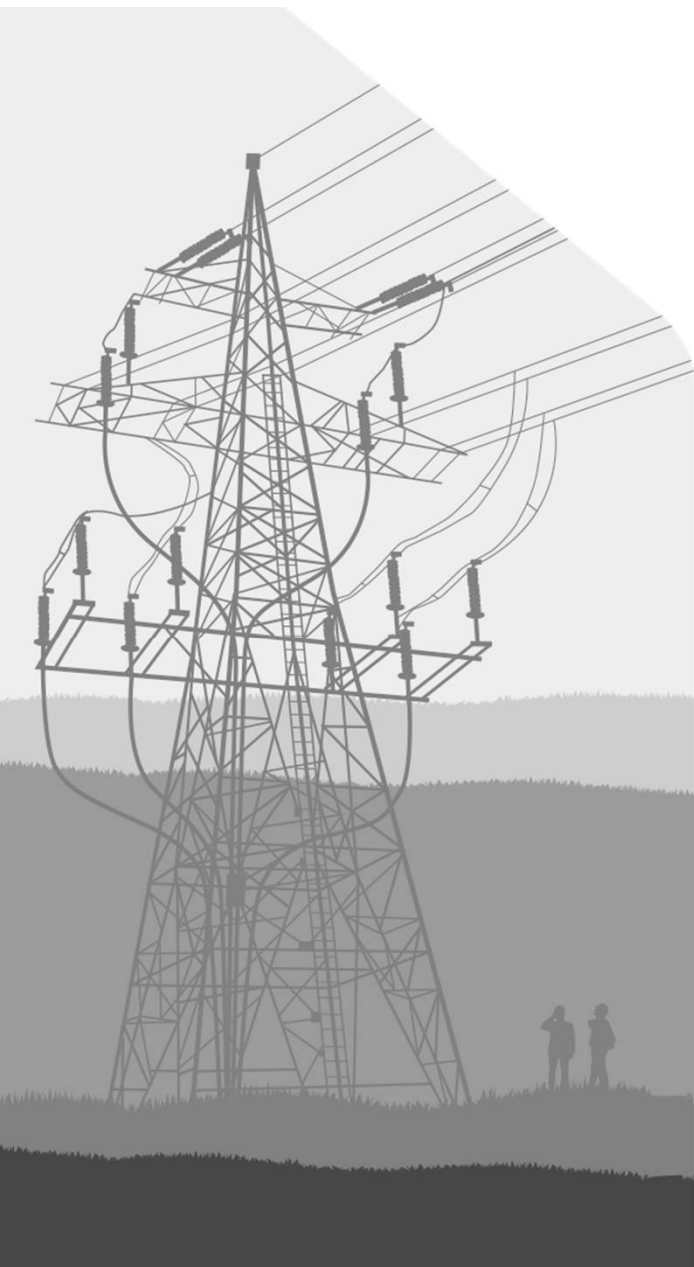


Intézkedések



- Feszültség aszimmetria jelzés (3U₀) kialakítása az irányítástechnika rendszerben a vonatkozó készülékeknél.
- Az olajos, **nyitott vasmagos** kivitelű mérőváltókat, az alsó részén nyomásnövekedését jelző kapcsolóval rendeljük.
- Egyedi meghibásodás, 4 évenkénti HGA-t nem sűrítjük.





Köszönjük a figyelmet!

