



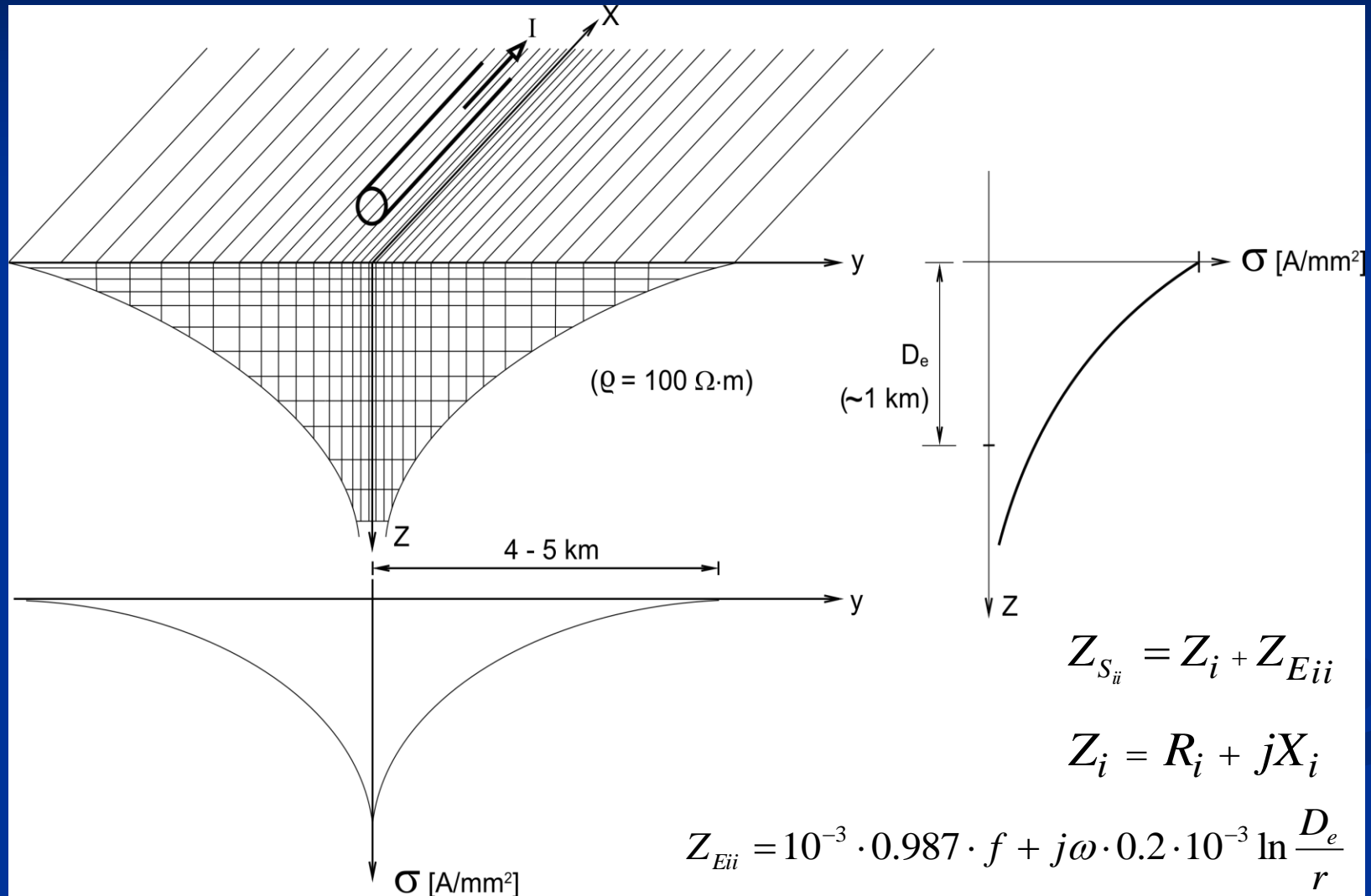
Potenciálviszonyok vizsgálata a villamosított vasútvonalakon

Bodnár Imre

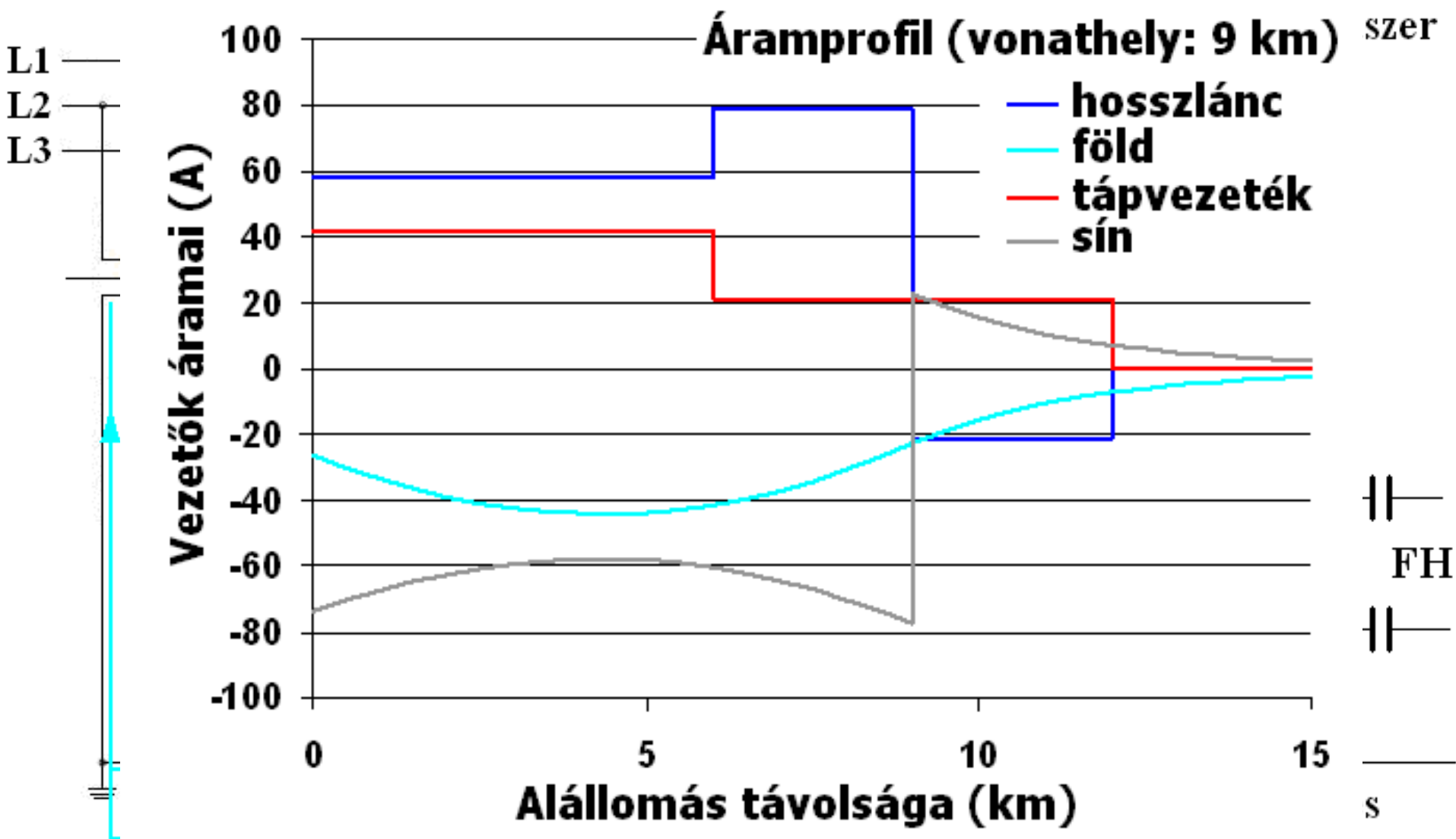
erősáramú technológiai koordinátor

MÁV Zrt. Pályavasúti Üzemeltetési Főigazgatóság
Technológiai Központ

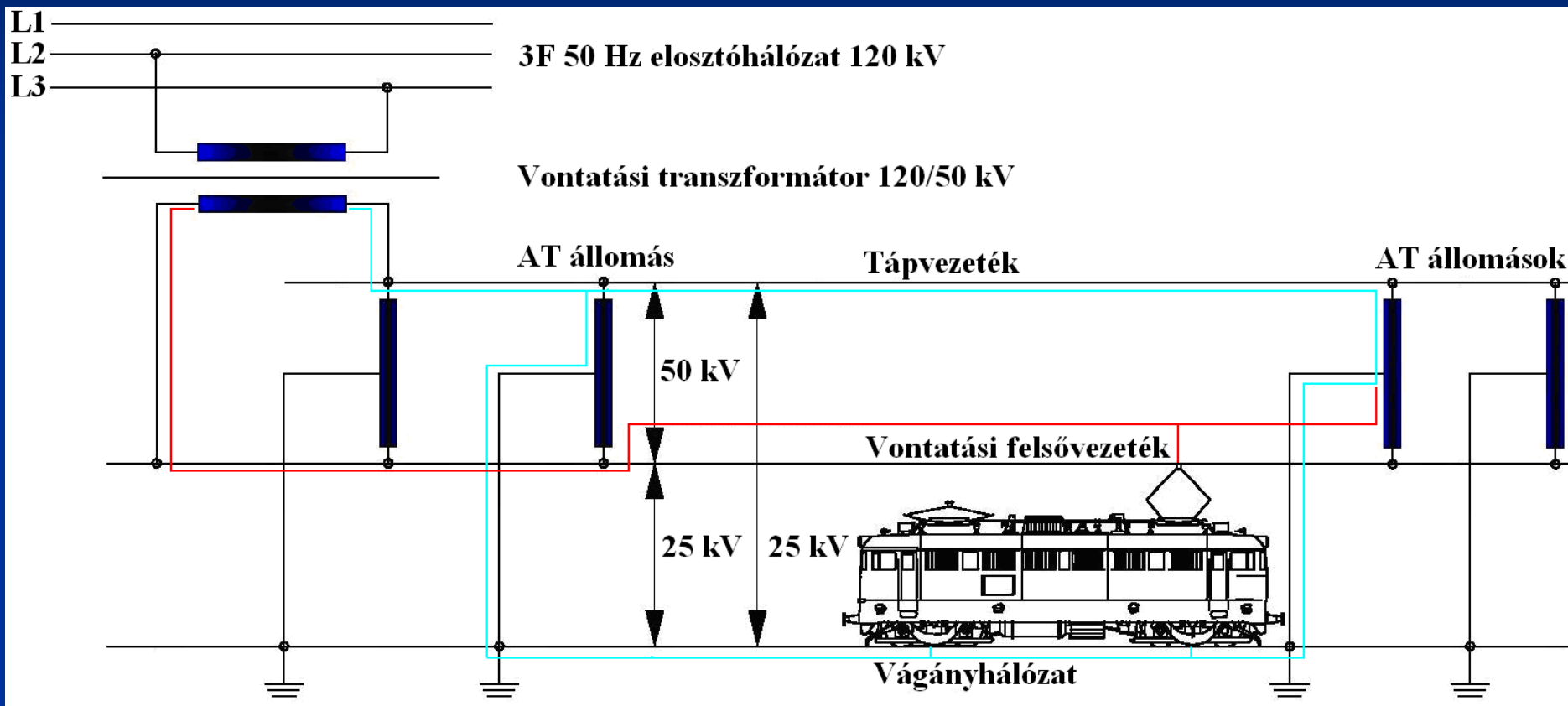
Áramsűrűség eloszlás a földben váltakozóáram visszavezetése esetén



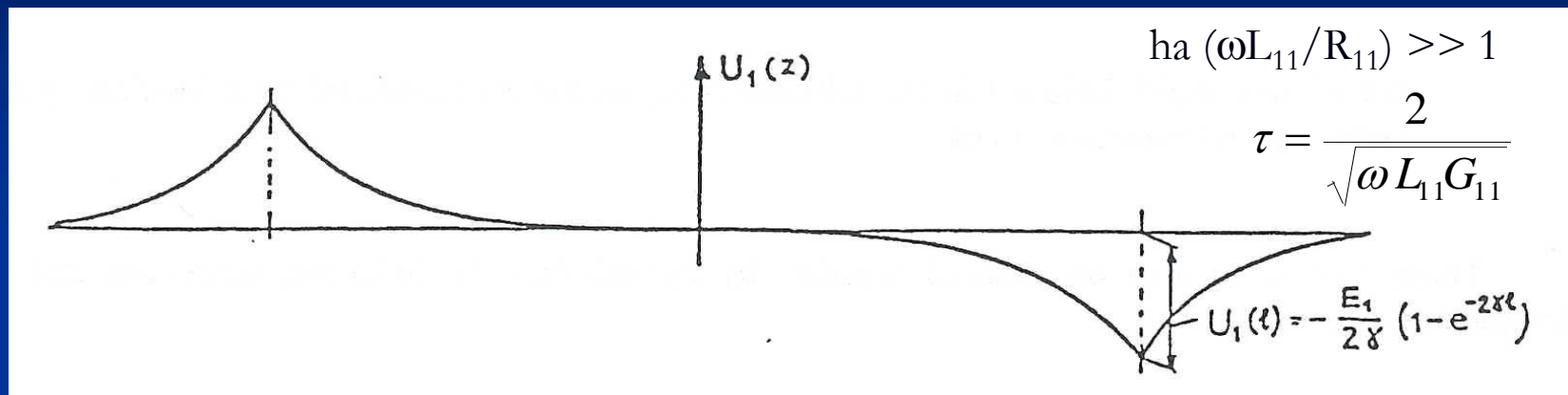
Az 1x25 kV-os vontatási rendszer működése



A 2x25 kV-os (AT) vontatási rendszer működése



A kompenzáló vezető (sín+visszavezető) véghatásos áram- és feszültség profilja



- R_{11} a kompenzáló vezető és a földvisszavezetés ellenállásának összege, Ω/km ;
- ωL_{11} a kompenzáló-vezető föld hurok reaktanciája, Ω/km ;
- G_{11} a kompenzáló-vezető és a föld közötti levezetés, S/km .

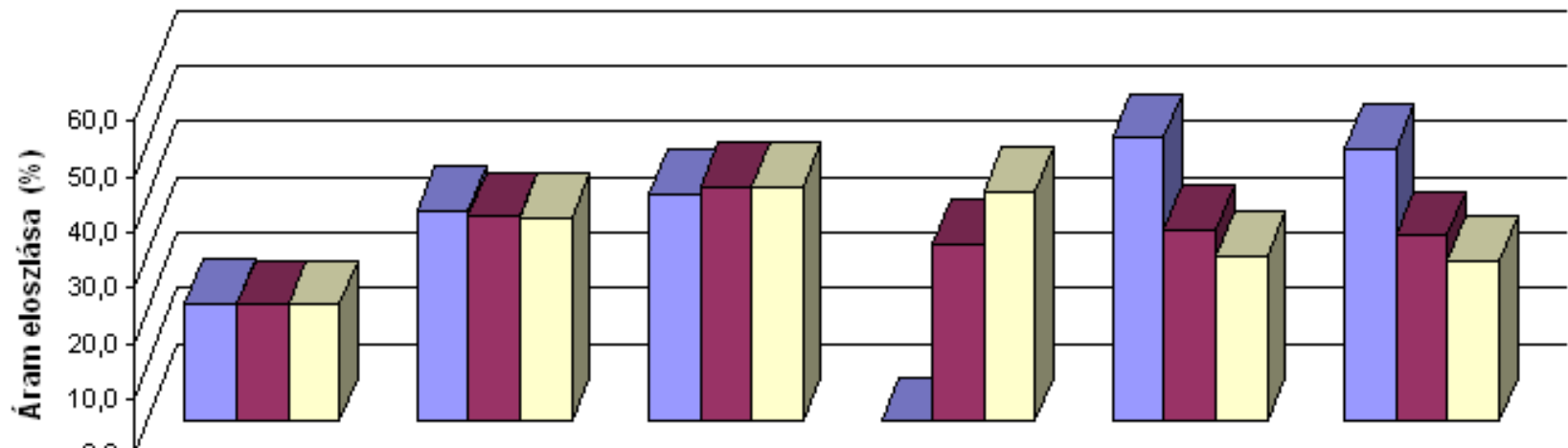
Az MSZ EN 50122-1 szabvány a következő tapasztalati értékeket adja meg kétvágányú pályára:

- beton aljzatú (talpfájú) külszíni vonalon: 0,4 – 1,7 S/km
- fa/acél aljzatú külszíni vonalon: 1,7 – 7,0 S/km
- alagútban a sínek és a szerkezeti acél összekötésekor: 7,0 – 15,0 S/km.

Az áram eloszlása

- Árameloszlás számítása MULTC programmal
- 100A beinjektált áram
- A hossz mentén már állandósult értékek (%-os megoszlás)

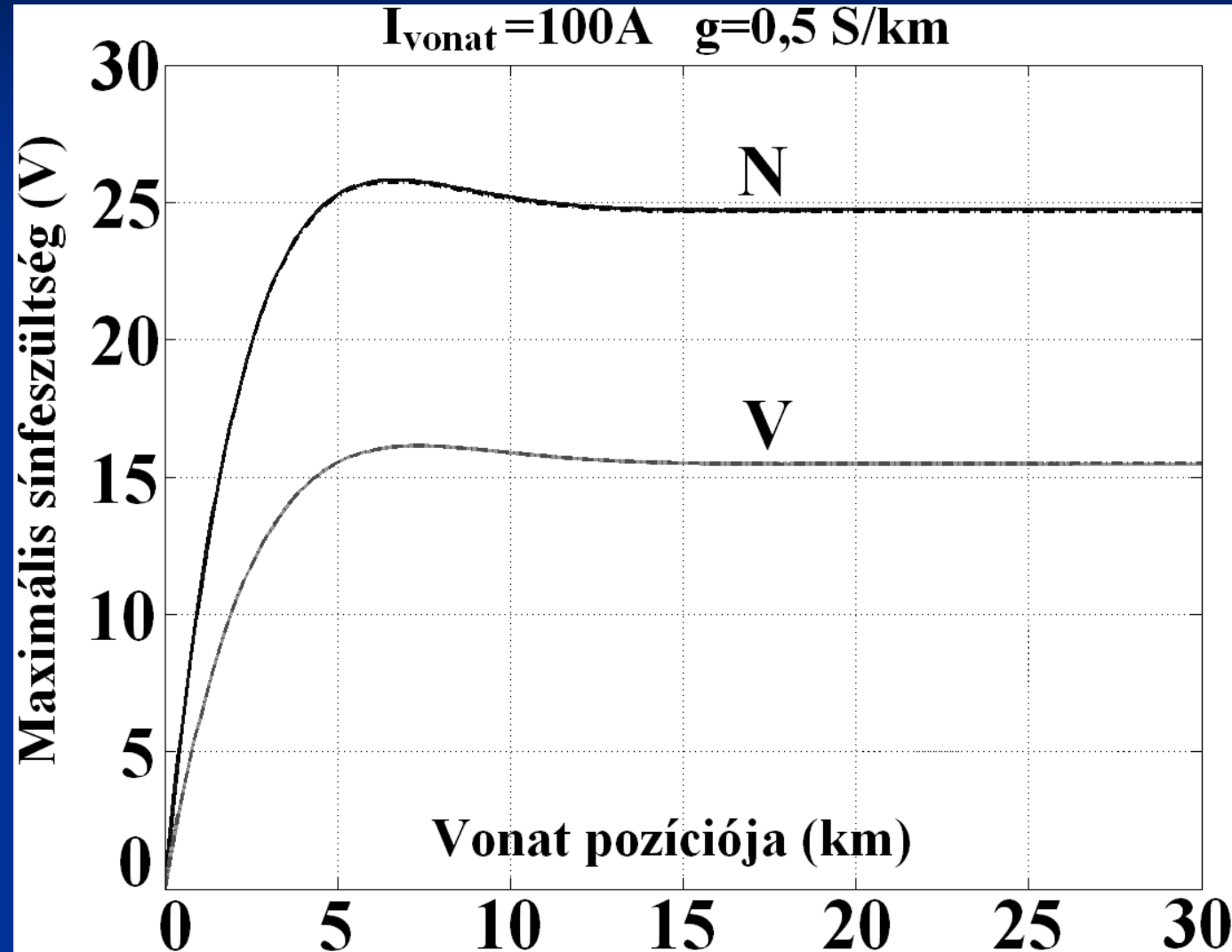
Árameloszlás 1x25 kV-os táplálás mellett egy vágányú pályán



	Tartósodrony 50mm ² Bz	Munkavezeték 100mm ² Cu	Tápvezeték 240mm ² AASC	Áramvisszavezető 240mm ² AASC	Sínek 48kg/m	Földáram
0 áramvisszavezető	21,3	37,9	40,8	0,0	51,0	49,0
1 áramvisszavezető	21,0	36,9	42,1	32,0	34,6	33,4
2 áramvisszavezető	21,1	36,6	42,3	41,4	29,7	28,9

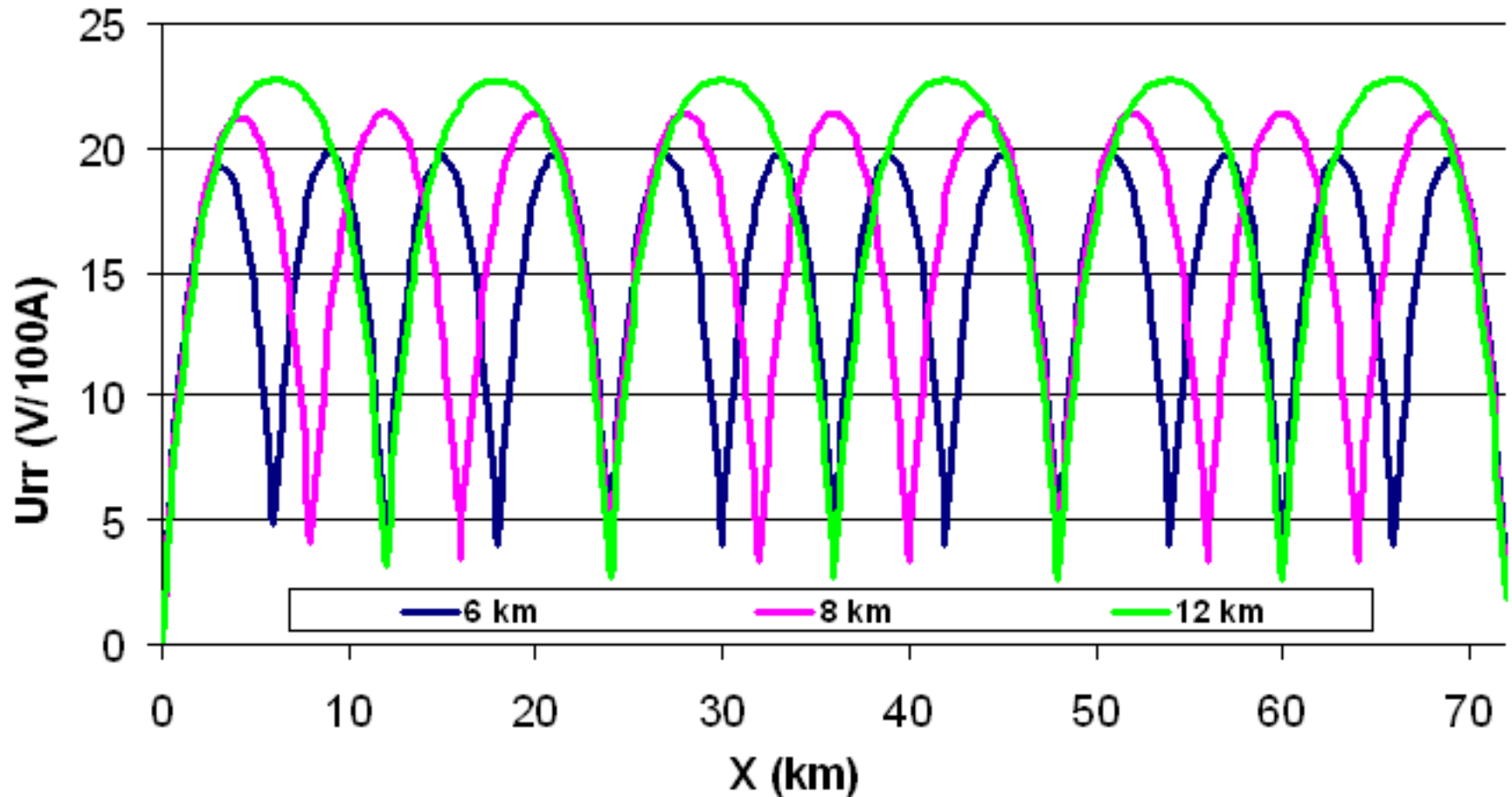
A sínpotenciál nagysága áramvisszavezető nélkül (N) és áramvisszavezető alkalmazásakor (V)

- Áramvisszavezető: $U_{\text{sín}}$ 60%-ra csökken
- Erős függés a g -től (ballaszt)



A sínpotenciál nagysága autotranszformátoros rendszer esetében

2x25 kV táplálás, különböző AT távolságok esetén



A sinpotenciál értékét befolyásoló tényezők

- Az Usín értéke egy adott l távolságban függ:
 - a vontatási visszatérő áram földági hányadának értékétől,
 - a sin-föld közötti levezetés G értékétől,
 - (a frekvenciától).
- A G értékét a következő tényezők befolyásolják:
 - a környezet talajának fajlagos ellenállása, például sziklás vagy humuszos, vagy homokos talaj (ha nő a fajlagos ellenállás csökken a levezetés)
 - az ágyazat szennyeződése, nedvességtartalma,
 - az ágyazat hőmérséklete (kifagyott, kiszáradt ágyazatnál igen nagy lehet a fajlagos ellenállás, azaz igen kicsi lehet a levezetés).

A Technológiai Központ által végzett vizsgálatok eredményeinek összefoglalása

			Urr [V/100A]	I _{max} [A] (50V)	I _{max} [A] (EU 60V)	Urr [V] (I _{max} =5000A)
Technológiai Központ	1997. máj. 20.	Hidasnémeti-Országhatár	11.3	442	530	565
	1997. dec. 2.	Felsőzsolca-Onga	7.3	685	822	365
	1998. szept. 16.	Balatonszentgyörgy-Murakeresztúr	9.0	555	666	450
	1999. jan.21.	Rákospalota-Újpest és Vácrátót	6.0	825	990	300
	1999. szept. 17.	Székesfehérvár-Várpalota	7.3	682	818	365
	2000. máj. 17.	Várpalota-Celldömölk	11.4	439	527	570
	2000. júl .6.	Várpalota-Celldömölk	8.0	624	749	400
	2000. nov. 7.	Celldömölk-Szombathely	5.3	942	1130	265
VIMSZI Kft.	2010. nov. 18.	Dabronc f.h., Celldömölk táplál	9.7	517	620	485
	2010. nov. 18.	Dabronc f.h., Zalaegerszeg táplál	8.8	571	685	438
	2010. nov. 18.	Zalabér-Batyk állomás	5.4	932	1118	270
	2010. nov. 18.	Zalaegerszeg	2.3	2161	2593	115
	2011. nov. 19.	Zalalövő	4.3	1164	1397	215
	2012. nov. 19.	Bajánsenye	13.8	363	436	690
	2013. nov. 19.	Bajánsenye (rövidrezárt sínszálak)	12.5	400	480	625

Mérési módszer

- Zárlat képzése földelőrúd segítségével a mérési pont(ok)on
 - személyzet: 3-4 fő TK, minimum 2+1 fő területről
 - hosszas szervezést, koordinációt igényel
 - forgalmi zavartatás veszélye \leftrightarrow mérés sikertelenségének veszélye
- Tervezett célműszer beszerzése
 - 50A, 55 Hz-es mérés, kompakt méret
 - személyzet 2 fő TK (!)
 - nincs szükség területi és forgalmi egyeztetésre, feszültségmentesítésre!

MSZ EN 50122-1. Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések.

Villamos biztonság, földelés és védőösszekötés (angol nyelvű)

- **Vonatkozik az összes új vasútvonalra és a meglévő vasútvonalak felújított szakaszára.**
- **hatásos érintési feszültség (U_{te}):** egy személy vagy egy állat által egyidejűleg megérintett vezető részek közötti feszültség (értékét jelentősen befolyásolhatja a személy impedanciája; a hagyományos áramút a kéztől mindkét lábig, vagy kéztől kézиг tart).
- **várható üresjárási érintési feszültség (U_{tp}):** az egyidejűleg megérinthető részek közötti feszültség, közvetlen az érintés előtti pillanatban.
- **testfeszültség (U_b):** a testen és a test impedancián átfolyó áram által okozott feszültségesés.
- **sínági visszatérő rendszer:** a pálya folytonos vasúti sínjei alkotják a vontatási áram visszatérő áramkörének egy részét.
- **visszatérő vezető:** a pálya visszatérő rendszerével párhuzamosan kapcsolt olyan áramvezető, amelyik bizonyos távolságonként a folytonos vasúti sínekhez van kötve **(a földágban folyó áramot csökkentő áramvisszavezető sodrony)**
- **sínpotenciál (U_{re}):** a folytonos vasúti sínek (R) és a föld (E) között fellépő feszültség

Az üzemi (tartós, hosszú időtartamú) és zárlati (rövid időtartamú) feltételek mellett fellépő **érintési feszültségek alapvető oka: a hely és időfüggő sínpotenciál.** Az említett feltételek miatt a megengedhető érintési feszültségek hosszú és rövid időtartam esetén érvényes értékekre oszthatók fel.

3. táblázat (9.2.2.1) – Legnagyobb megengedhető testfeszültségek - $U_{b,max}$ - értékei az időtartam függvényében, váltakozóáramú vontatási rendszerekben

t s	$U_{b,max}$ V
> 300	60
300	65
1	75
0,9	80
0,8	85
0,7	90
0,6	100
0,5	120
0,4	150
0,3	230
0,2	295
0,1	345
0,05	360
0,02	370
Jelmagyarázat t $U_{b,max}$	időtartam megengedhető testfeszültség

Effektív érintési feszültség határértékek (*négyzetes középértékek*)

Hosszú időtartamokra vonatkozóan, amikor $t \geq 0,7$ s, az effektív érintési feszültség ne lépje túl a 3./4. táblázatban mutatott értékeket.

Rövid időtartamokra vonatkozóan, amikor $t < 0,7$ s, a megengedhető **testfeszültségeket** veszik figyelembe megengedett effektív érintési feszültség **értékeként**, ha azok a 3./4. táblázatban levő effektív érintési feszültség értékeit nem lépik túl (tehát a kisebb értékeket veszik alapul → szigorítás)

4. táblázat (9.2.2.2) – Az Ute, max legnagyobb megengedhető érintési feszültségek az időtartam függvényében, váltakozóáramú vontatási rendszerekben

t	Ute, max hosszú időtartam	Ute, max rövid időtartam
s	V	V
> 300	60	-
300	65	-
1	75	-
0,9	80	-
0,8	85	-
0,7	90	-
< 0,7	-	155
0,6	-	180
0,5	-	220
0,4	-	295
0,3	-	480
0,2	-	645
0,1	-	785
0,05	-	835
0,02	-	865
Jelmagyarázat		
t	időtartam	
Ute,	maximum megengedhető effektív érintési feszültség	

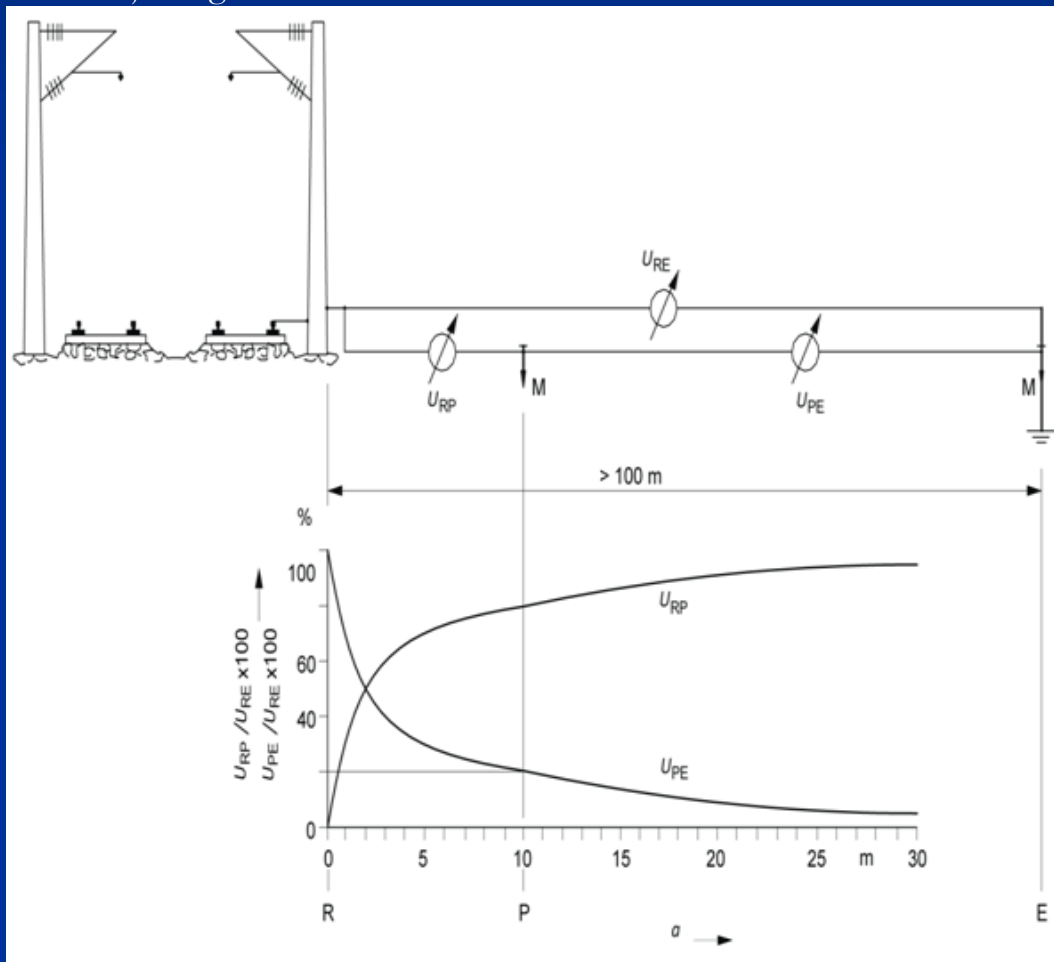
A különböző kioldási idők által okozott maradék érintési feszültségeket a 4. táblázat szerinti megfelelő időtartamon belül kell kikapcsolni.

Az érintési feszültségek által okozott kockázatok csökkentésére szolgáló intézkedések

- Ha a 3. illetve 4. táblázat szerinti határértékeket az érintési feszültségek túllépik, akkor megfelelő intézkedéseket kell fontolóra venni abból a célból, hogy csökkenjenek az érintési feszültségekből származó kockázatok közvetlenül, vagy a sínpotenciál csökkentés segítségével, vagy vezetői intézkedésekkel.
- A következő felsorolás néhány intézkedési példát ismertet:
 - a sín föld közötti ellenállás csökkentése, például tökéletesített vagy kiegészítő földelő elektródák segítségével;
 - egyenpotenciálra hozó összeköttetéssel;
 - az elektromágneses csatolást számításba vevő visszatérő áramkör tökéletesítésével,
 - a tartózkodásra szolgáló felület szigetelésével;
 - a potenciál emelkedés befolyásolása megfelelő felületű földelő elektródák segítségével;
 - műszaki akadályokkal vagy az elérhető alkatrészek szigetelésével;
 - a hozzáférés korlátozásával (kerítésekkel), ezek a fenntartó személyzetre vonatkozó utasításokat is tartalmazzák;
 - a zárlati és / vagy üzemi áramok csökkentésével;
 - feszültségkorlátozó eszköz használatával;

A mért sínpotenciál emelkedések irányadó értékei (C. függelék)

A 3./4. táblázatban megadott, váltakozóáramú vontatási rendszerekre vonatkozó sínpotenciál értéket – amely érintési feszültségként léphet fel – meg kell vizsgálni. A váltakozóáramú vontatási rendszerek vágányára merőlegesen mért sínpotenciál irányadói értékei – ahol a vasúti sínek közvetlenül földeltek – az alábbi ábrán láthatók és a C1. táblázat homogén talajellenállás esetére adja meg az értékeket.



Jelmagyarázat:

- a a vasúti sín (felsővezeték tartóoszlop) és mérőpont távolság
- E föld
- M mérő elektróda
- P mérőpont
- R sín
- U_{RE} sínpotenciál
- U_{RP} a vasúti sín (f.v. tartóoszlop) és a mérőpont közötti feszültség
- U_{PE} a mérőpont és a föld közötti feszültség

C1. táblázat – Váltakozóáramú vontatási rendszerben a felsővezeték tartóoszlopnál s a pályára merőlegesen mért sínpotenciálemelkedés irányadó értékei

a m	$U_{PE}/U_{RE} \times 100$ %	$U_{RP}/U_{RE} \times 100$ %
1	70	30
2	50	50
5	30	70
10	20	80
20	10	90
50	5	95
100	0	100
Jelmagyarázat		
a	a vasúti sín (f v tartó oszlop) és M pont távolsága	
U_{RE}	sínpotenciál	
U_{RP}	a vasúti sín (f v tartó oszlop) és M. pont közötti fesz.	
U_{PE}	az M mérőpont és a föld közötti feszültség	

Összefoglalás, javaslatok – 1.

- **Tartós** terhelés esetén a MÁV szigorúbb volt az EU-nál (a MÁV csak 50 V érintési feszültséget engedett meg, míg az EU 60 V-t enged meg).
- **Rövid** időtartamú terheléseknél az EU előírás általában **szigorúbb** mint a régebbi **MÁV előírás amely 1000 V érintési feszültséget** engedett meg.
- Egyvágányú pálya esetén azonos terhelőáramok és környezeti feltételek esetén általában nagyobb a sínpotenciál értéke mint kétvágányú pálya esetén.
- **Földági áramot csökkentő**, vágánnyal párhuzamosan kapcsolt, a felső vezeték közelében elhelyezett vontatási **áram visszatérő vezeték** esetén közel **30-40%-al** csökkenthető a sínpotenciál értéke. (biztber?)
- A 2x25 kV-os autotranszformátoros felsővezeték rendszer:
 - a tápláló állomásnál (amelynél a legnagyobb a sínpotenciál értéke amikor egy tápszakaszon **több vonat** közlekedik) általában kisebb sínpotenciált hoz létre, mint 1x25 kV-os sín/föld visszavezetéses rendszer,
 - a nyílt vonalon (az állomási véghatásos szakaszon kívül) a vonal menti autotranszformátoroknak köszönhetően általában szintén kisebb a sínpotenciál mint az 1x25 kV-os rendszerekben.

Összefoglalás, javaslatok – 2.

- Az **utóbbi 20-30** évben lecsökkent személyforgalom, kis tehervonati terhelések következtében a MÁV vonalainak kihasználtsága jelentősen csökkent.
- A vonalak kihasználtságának csökkenése a villamosított vonalakon általában csökkentette a **vontatási áramok értékét is**.
- A vasúti pályák, ágyazatok elszennyeződése jelentősen **növelte a sín-föld közötti levezetések értékét**.
- A vontatási áramok **csökkenése**, a sín föld közötti levezetések **növekedése** egyaránt ***csökkentette a kritikus sínpotenciálok kialakulásának valószínűségét s ennek köszönhetően az áramütéses balesetek kockázatát.***
- Az utóbbi időben tervezett – **a fenntartható közlekedéssel összhangban álló** – vasútfejlesztéseknek köszönhetően a jövőben várható:
 - a vasúti személyforgalom és sebesség növekedése,
 - a vasúti teherforgalom és sebesség növekedése,
 - az előbbieknek következtében elkerülhetetlen követelmény lesz az ágyazatok megfelelő karbantartása.
- A vonalak kihasználtságának növelése – a vonatok mennyiségének és sebességének növelése - egyaránt **növeli a teljesítményigényeket és ezáltal a vontatási áramok értékét**.
- Az ágyazatok megfelelő karbantartása (tisztább ágyazat) általában **csökkenti a sín –föld közötti levezetés értékét**.
- A vontatási áramok várható növekedése és az ágyazatok tisztaságának megfelelő szinten tartása (kisebb lesz a G) egyaránt **növeli a kritikus sínpotenciálok kialakulásának valószínűségét s ennek következtében az áramütéses balesetek kockázatát**.
- Az áramütéses balesetek **kockázatának csökkentése** érdekében a jövőben várható igények miatt a villamos vontatás energiaellátó rendszerek **villamos tervezésénél az áramterhelhetőségre és feszültségesésre történő méretezés mellett egyre nagyobb szerepet fog játszani a sínpotenciálok előírt értéken tartása is**.
 - Számítógépes szimulációk fontossága
 - Gyakorlati mérési eredmények rendszeres gyűjtése és kiértékelése

Felhasznált irodalom

- Dr. Varjú György: Villamos vasutak által távközlő rendszerekben okozott indukáló hatást meghatározó jellemzők vizsgálata. BME Villamos Energetika Tanszék. 2009.
- Bodnár Imre, Varjú György: Az áramvisszavezető hatásának vizsgálata energiaellátás és EMC szempontból 1x25 kV-os vasúti hálózat esetén. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XVII.. Kolozsvár, Románia, 2012.03.22-2012.03.23.
- Bodnár Imre: Különböző váltakozóáramú nagyvasúti táplálási rendszerek összehasonlító elemzése táplálás-minőség, energiahatékonyság és EMC szempontból. XI. Vasútvillamosítási Konferencia 2012.10.11.
- Bodnár Imre: A tápvezeték és hosszlánc közötti összekötések távolságának hatása az 1x25 kV-os egyvágányú vasúti pálya esetén. III. Mechwart András Ifjúsági Találkozó. Mátraháza, Magyarország, 2013.09.13.
- Bodnár Imre, Varjú György: Effect of the intervals between the bonds of overhead line and reinforcing feeder wire in the case of 25 kV traction feeding at 50 Hz. 4th International Youth Conference on Energy 2013. Siófok, Magyarország, 2013.06.06-2013.06.08.
- Dr. György VARJÚ, Imre BODNÁR: Comparison of the features of different autotransformer feeding schemes. InnoRail 2013 Budapest International Conference.
- Dr. Oláh András: Vágánypotenciál emelkedés vizsgálatok a MÁV villamosított vonalain az EU előírások tükrében. XII. Vasútvillamosítási Konferencia. Harkány, Hotel Thermal - 2015.április 21-23.

Köszönöm a figyelmet!



Bodnár Imre

bodnar.imre@mav.hu

Telefon: +36-1-511-7405