

VASUTAS TÁVKÖZLÉSI KLUB ON-LINE KLUBNAP

2022. 02-24.



A villamos vontatási áram elektromágneses hatásai és az ellené való védelmi módszerek

Dr. VARJÚ GYÖRGY

Professor Emeritus

BME Villamos Energetika Tanszék

Villamos Művek és Környezet Csoport

E-mail: varju.gyorgy@vet.bme.hu



Az előadás témakörei:

- *Villamos vontatási táplálási rendszerek*
- *Az elektromágneses hatások vasúti környezetben*
- *Védelmi módszerek és összehasonlításuk*



A táplálási rendszerek értékelésének szempontjai:

- Teljesítmény átviteli képesség;
feszültségesés korlát alapján
- Indukáló hatás;
veszélyeztető és zavaró feszültség korlát
- Sínpotenciál, kivitt talajpotenciál,
(Érintési feszültség korlát)



Villamos vontatási rendszerek





Csak a nagyvasúti **váltakozó áramú** rendszereket vizsgáljunk

Táplálási rendszerek típusai:

- Egyszerű (1x25 kV-os) táplálás;
- Különleges táplálások
 - Booster transzformátoros
 - Autótranszformátoros (2x25 kV-os)



Egyen- és váltakozóáramú rendszerek Európában

-  1500 V-nál nagyobb egyenfeszültség
-  1500 V-nál kisebb egyenfeszültség
-  50 Hz-es váltakozófeszültség
-  16 2/3 Hz-es váltakozófeszültség



A táplálási rendszerek változásának tendenciái

A táplálási rendszerek kapacitásának növelése szükséges:

- A nagy tehervonatokhoz
- A nagysebességű vonatokhoz

A rendszerek módosítása:

- Áttérés d.c. táplálásról a.c. autótranszformátoros rendszerre
(Francia ország, Olaszország, Hollandia stb.)
- Áttérés BT-ről AT-re
(Svédország, Norvégia)



Javasolt vasúti táplálási rendszer MSZ EN 50388 szerint

2005. november

MAGYAR SZABVÁNY

MSZ EN 50388

Vasúti alkalmazások. Az energiaellátás és a gördülőállomány. Az együttműködő képesség eléréséhez szükséges, az energiaellátás (alállomás) és a gördülőállomány közötti koordináció műszaki ismérvei

Railway applications. Power supply and rolling stock. Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability

E nemzeti szabványt a Magyar Szabványügyi Testület a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény



Javasolt vasúti táplálási rendszer MSZ EN 50388 szerint 50 Hz-es 25kV-os és 2x25 kV-os táplálás esetén

Table D.1 — Characterization of a.c. electrified lines

line			HS TSI lines		Conventional TSI lines and Classical lines		
			High speed	Upgraded & connecting	Power		
					High	Medium	Weak
Alállomás		MW	20 – 60	15 – 45	15 - 45	15 - 30	10 - 20
Vonat		MW	8 - 20	5 -15	5 -15	4 -10	2 - 6
fed by one source in s. ractioning point ^a							
25 000 V - 50 Hz	km	min	15	20	15	15	20
		typ.	20	25	25	30	35
		max	30	30	30	35	40
2 x 25 000 V - 50 Hz	km	min	20	20	20	30	30
		typ	30	30	30	40	60
		max	45	50	50	50	70



Az 1x25 vagy 2x25 kV kérdés helyes felvetése

Megfelel-e, lehetséges-e az 1x25 kV ?

- Táplálás minőségi kiszolgálására (feszültségesés)
- Indukáló hatásra (EMC-re)



Mi a célja a **speciális** vasúti táplálási rendszereknek?

1) A vontatási **áram visszatérése**:

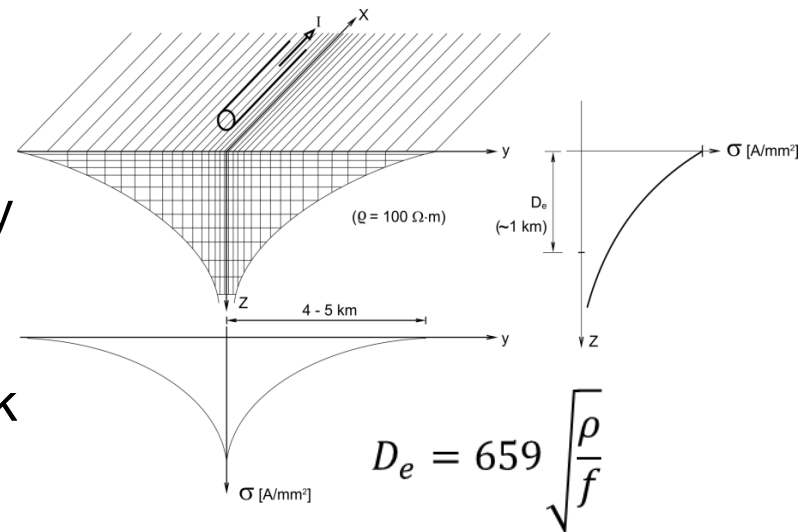
- Részben a sínben
- Részben a földben

2) A visszatérő áram **D_e mélysége** nagy lesz a nagy talaj fajlagos ellenállás következtében.

Következmény: nagy indukáló hurok

3) Jelentős **indukált feszültségek** jönnek létre a fém vezető rendszerben:

- Távközlő vonalak
- Csővezetékes rendszerek
- Kisfeszültségű hálózatok



A speciális táplálási rendszer biztosítja a földáram és az indukáló hatás csökkentését.

Felvetések, kérdések

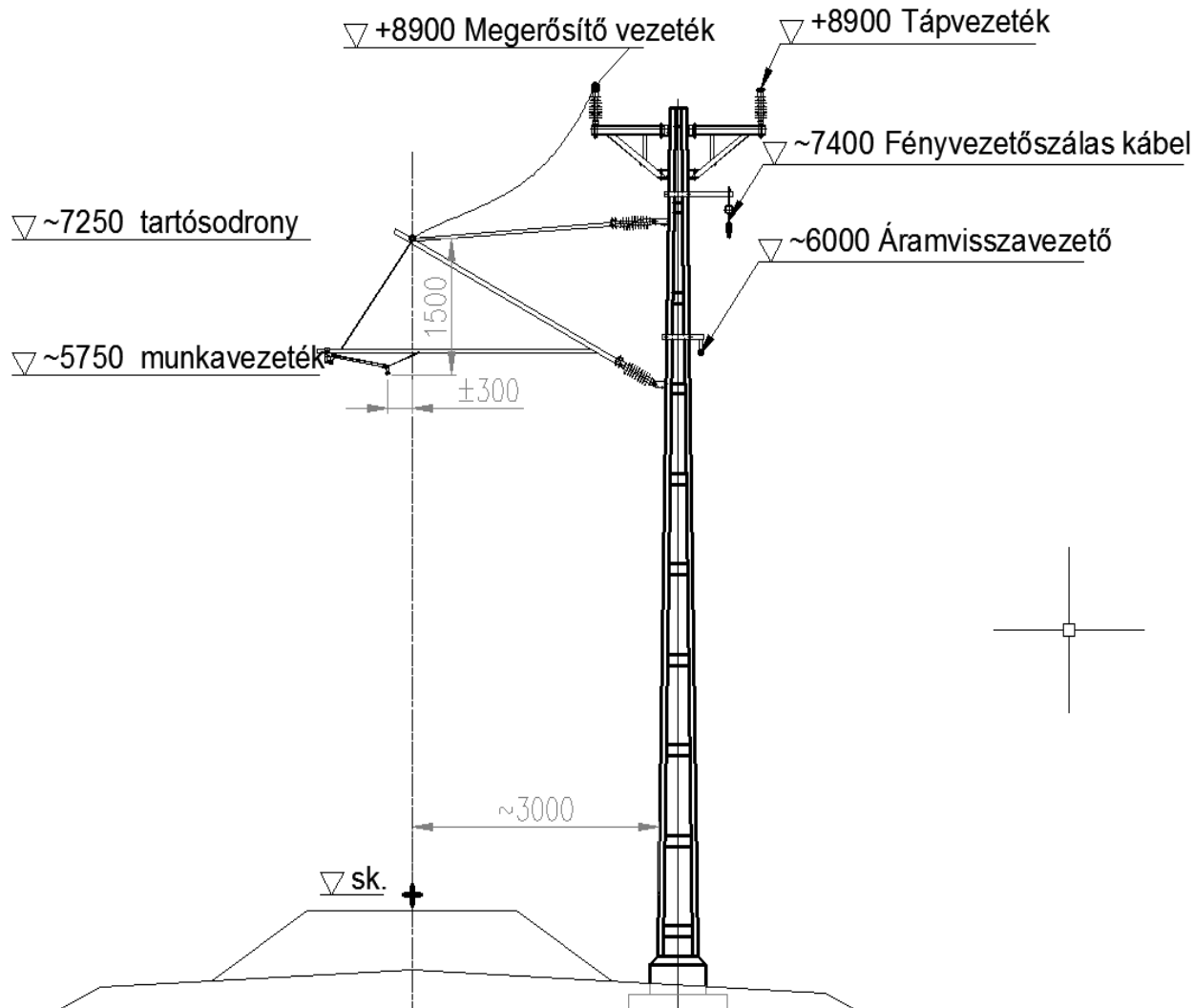
- 1. Miért speciális táplálási rendszerek?**
 - **Booster transzformátoros (BT) rendszerek**
 - **Autótranszformátoros rendszer**
2. Miért az áttérés autótranszformátor (AT) rendszerre?
3. Melyek a különböző AT táplálási rendszerek sajátosságai?



Egyszerű (1x25 kV-os) táplálási rendszer

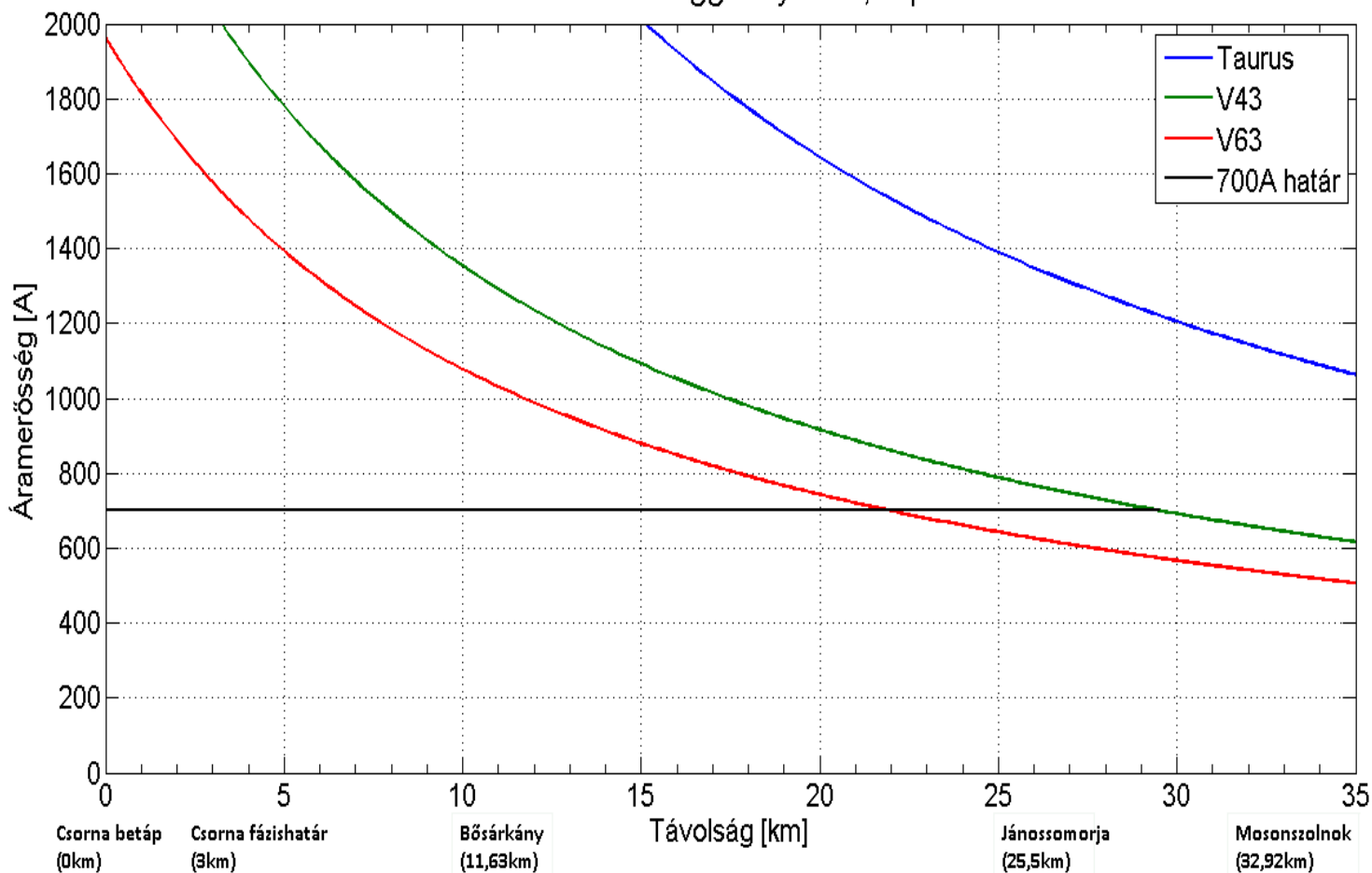


A vizsgált felsővezeték vezető-rendszere



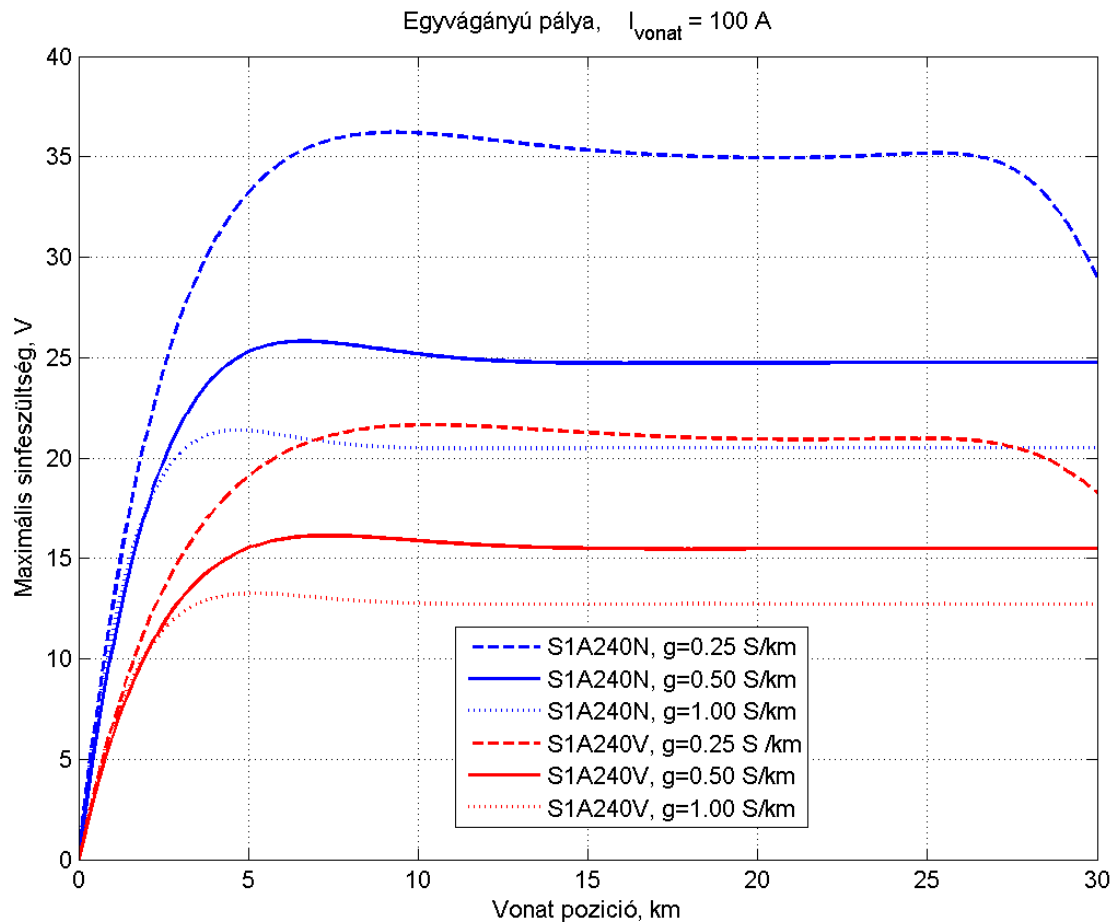
A feszültségesésből adódó táplálási távolság határ különböző típusú mozdonyok esetén

Üzemi áramkorlát a hossz függvényében, táplálás Csorna felől

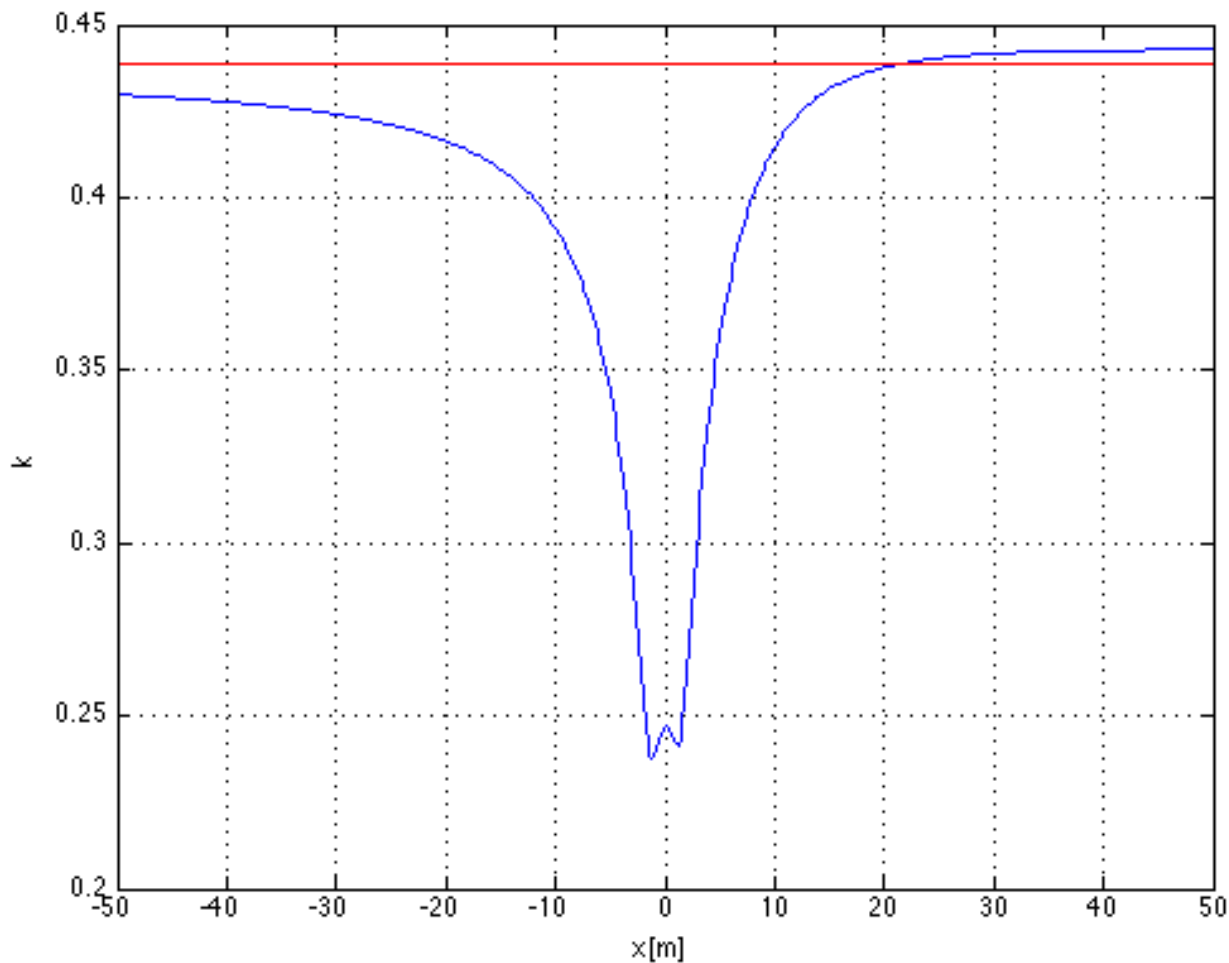


Sínfeszültség a vonathely függvényében

1×25 kV, 1-vágányú,, 240-es tápvez., acél tartósodrony;
Földáram visszavezető: N<>V; Ballaszt: g 3-féle



Védőtényező (egyvágányú pályára) a vasútvonaltól való x távolság függvényében



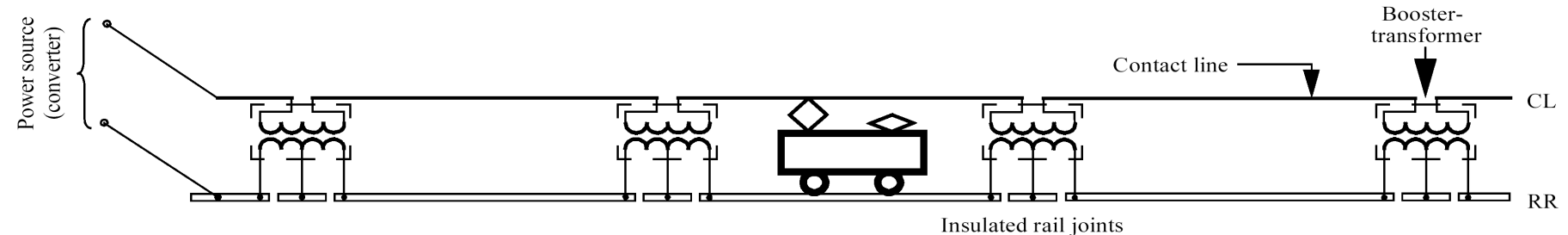
Booster transzformátoros táplálási rendszer

- Sín visszavezetéses (BTRR)
- Áram visszavezető (BTRC)



Booster transzformátoros rendszer sín visszavezetéssel (BTRR)

Norvégiában széles körben alkalmazott



Előnyök:

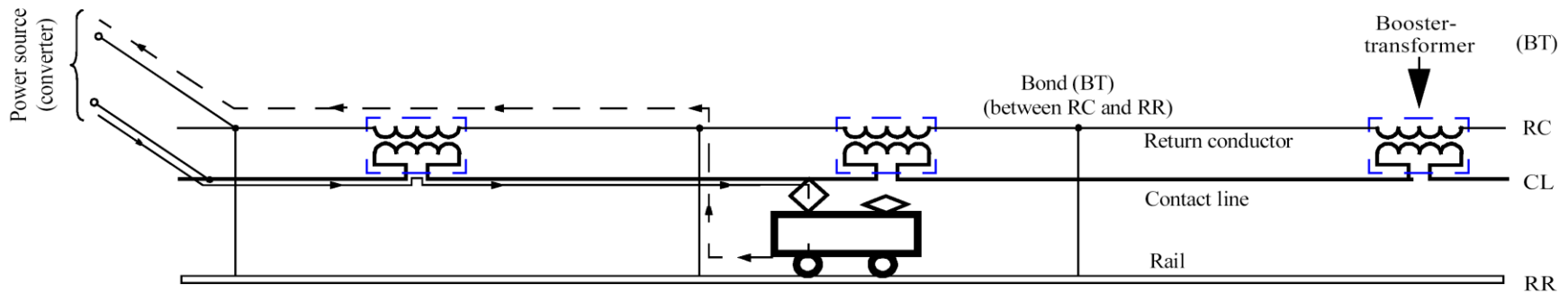
- Egyszerű felépítés és működés. Pl.: Nem szükséges további vezető
- Jobb kompenzáló hatás (az RR rendszerhez viszonyítva)

Hátrányok:

- Booster transzformátor szükséges
- Megnövekedett impedancia és feszültségesés a táplálási rendszerben
- Az árnyékoló hatás nagyon függ a BT-k távolságától és a G sín-föld közötti levezetés nagyságától.

Booster transzformátoros rendszer áramvisszavezetővel (BTRC)

Széles körben alkalmazott Svédországban



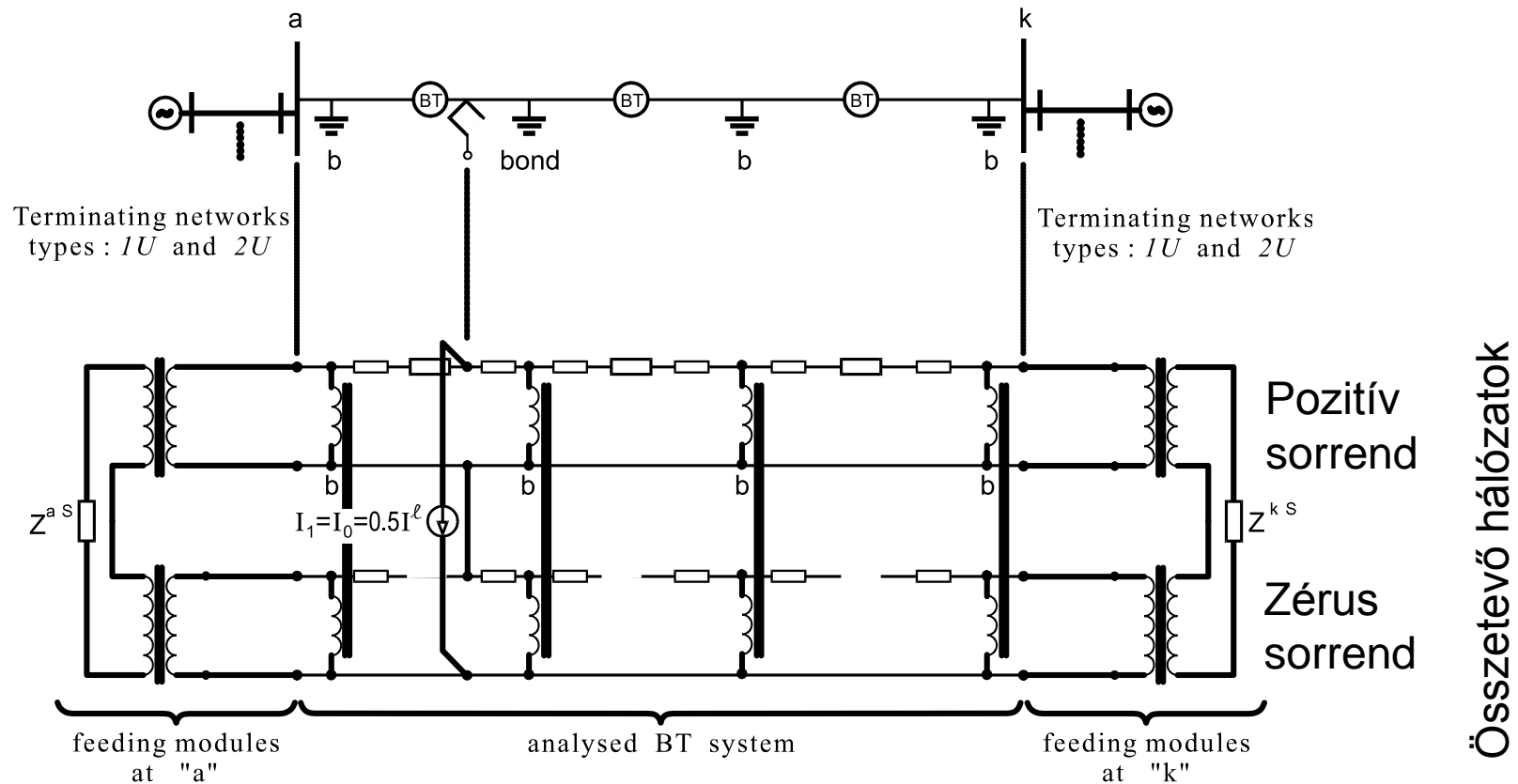
Előnyök:

- Jobb kompenzáló hatás (az RR rendszerhez viszonyítva)
Különösen a hosszú indukáló vonalak esetén kis BT szakaszokkal

Hátrányok:

- **Visszavezető vezeték**, RC és BT-k szükségesek
- **Megnövekedett** impedancia és **feszültségesés**, (nagyobb mint BTRR-nél)

Booster transzformátoros rendszer kétfázisú szimmetrikus összetevős helyettesítése

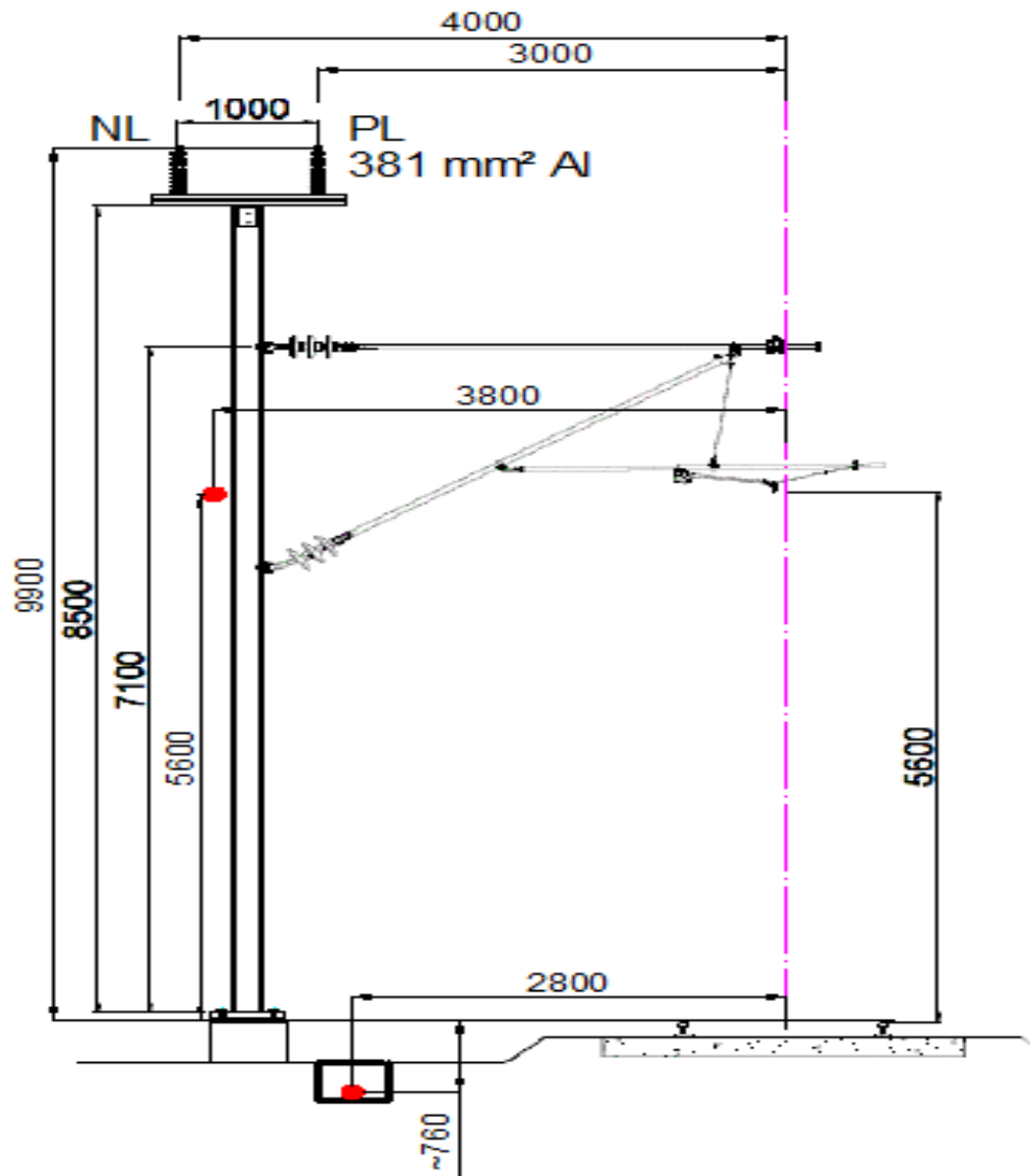


Autó transzformátoros (2x25 kV-os) táplálási rendszer



A Kiruna (svédországi) vonalon együtt alkalmazott booster- és autó-transzformátoros rendszer





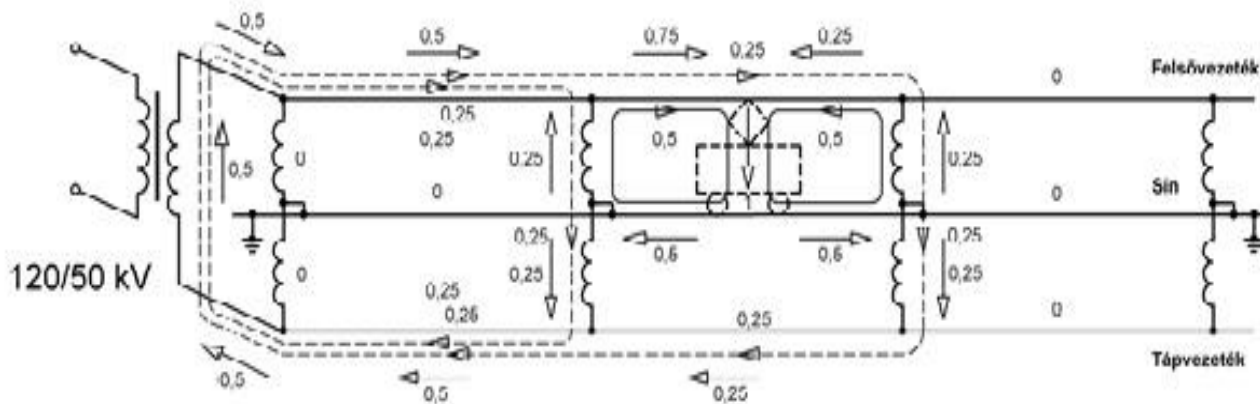
PL és NL
tápvezetékek
szokásos
elhelyezése

PL és NL tápvezetékek szokásos elhelyezése

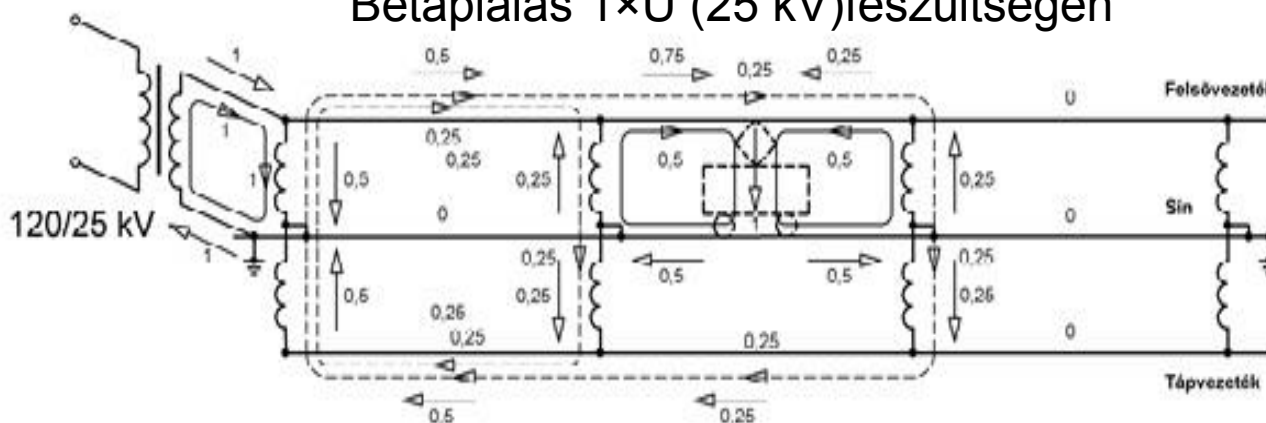


AT rendszer felépítése és áramképe

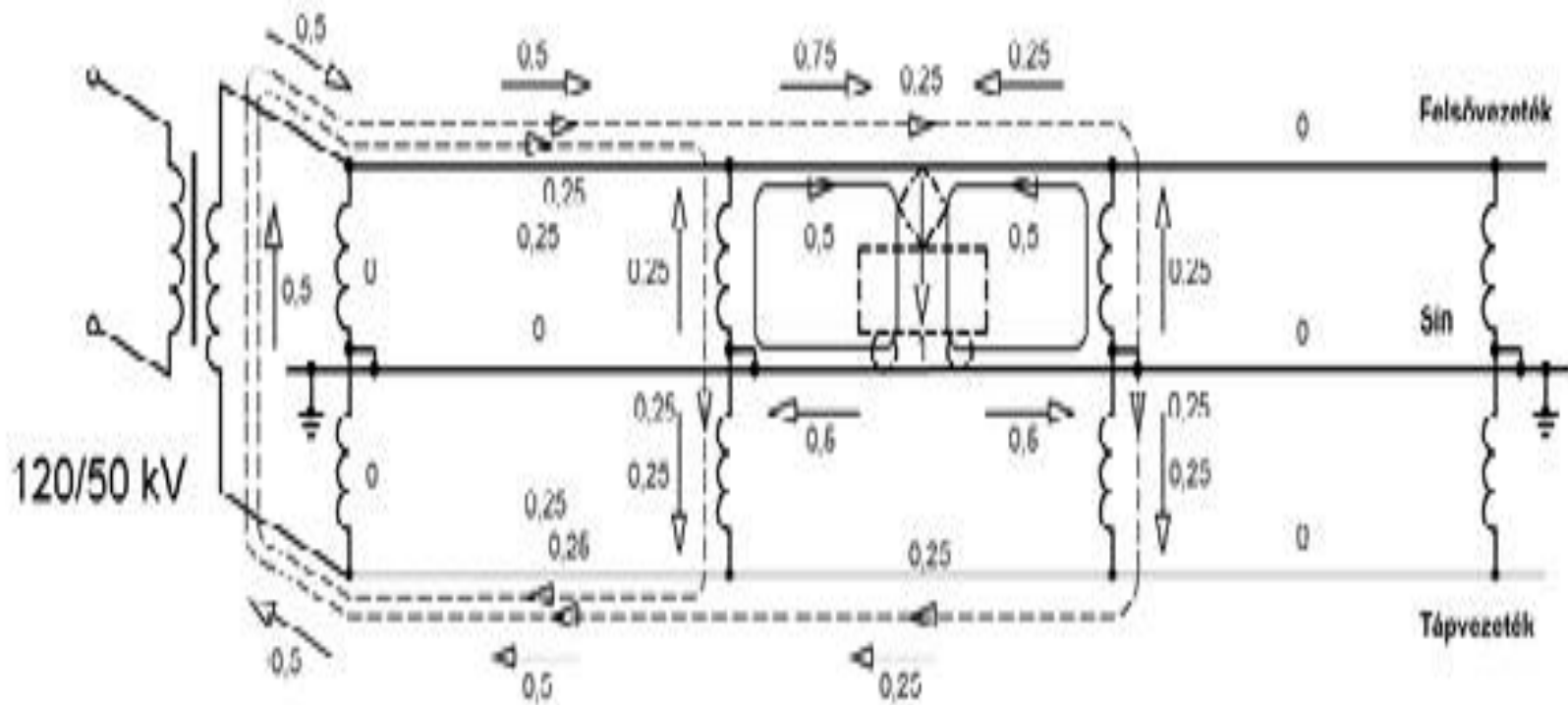
Betáplálás $2 \times U$ (50 kV) feszültségen



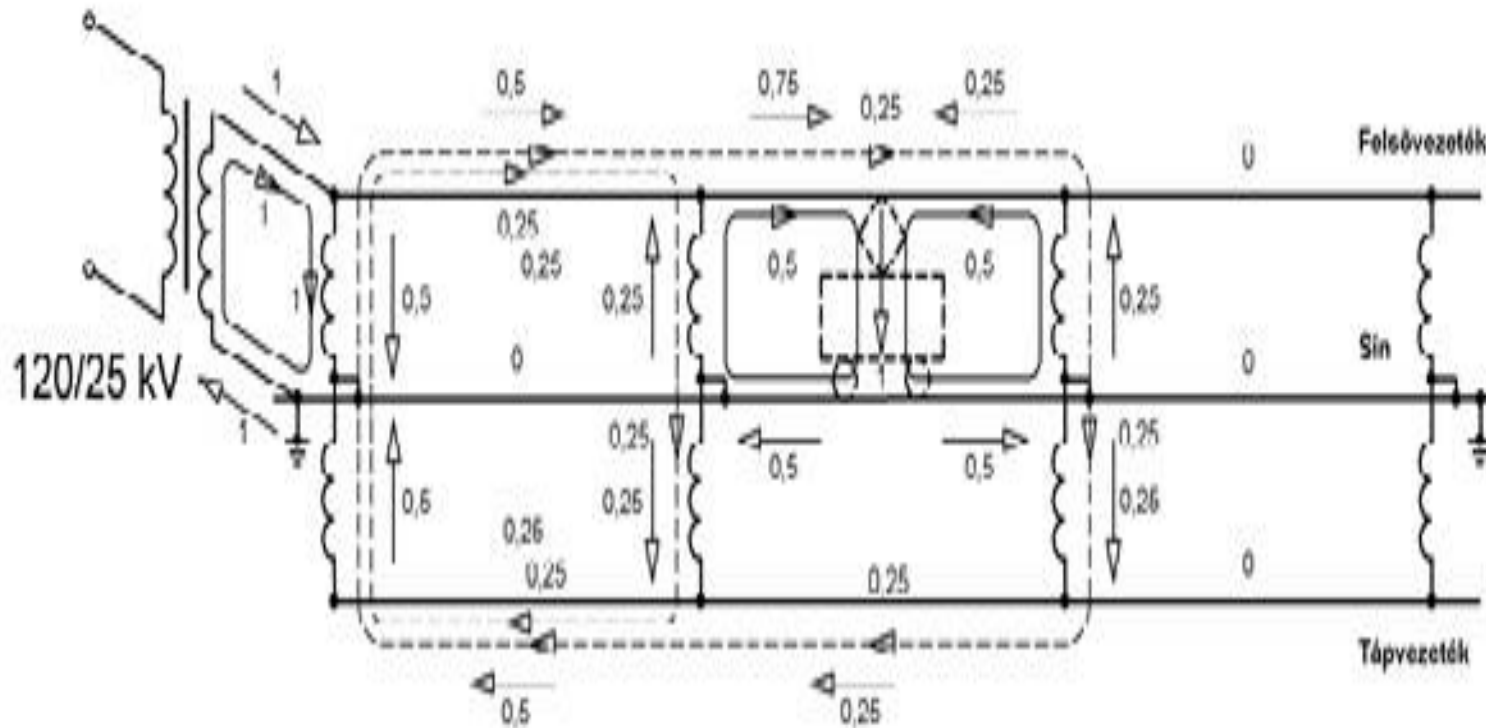
Betáplálás $1 \times U$ (25 kV) feszültségen



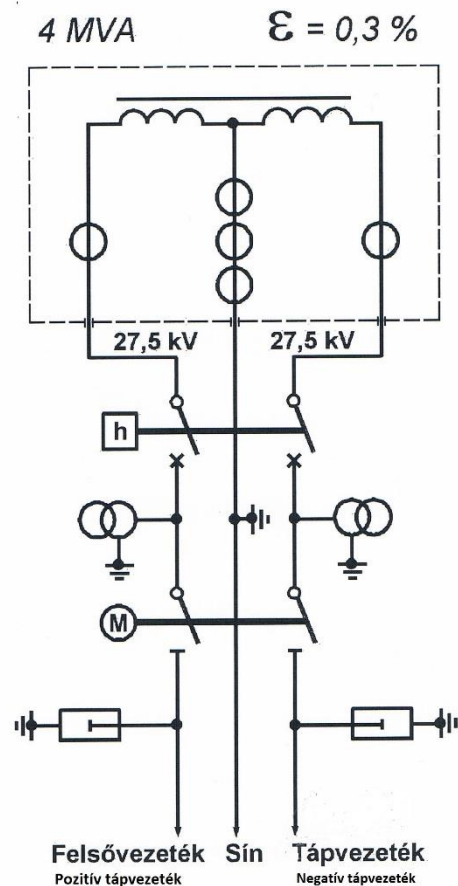
Betáplálás $2 \times U$ feszültségen



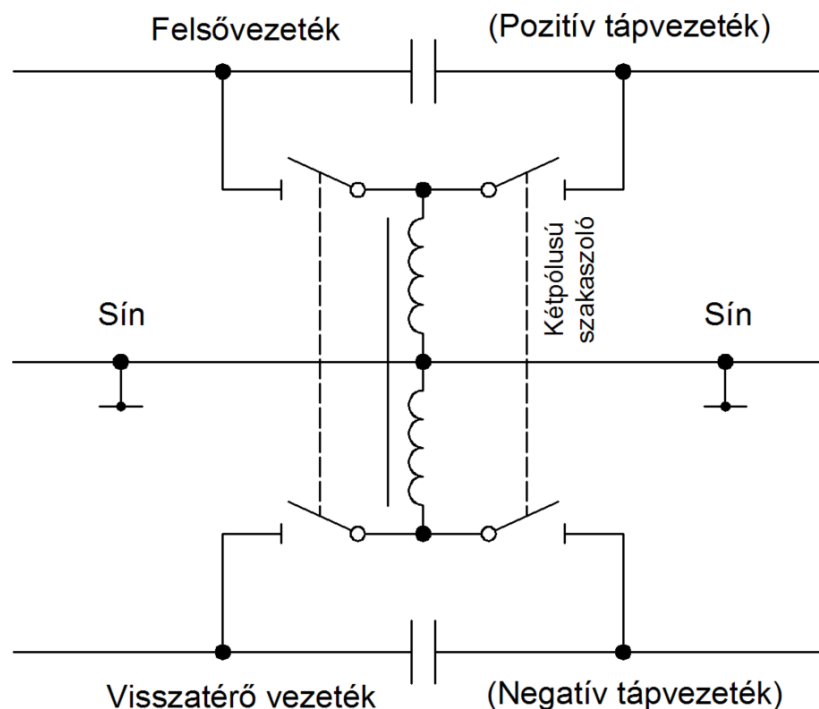
Betáplálás $1 \times U$ feszültségen



Az AT csatlakoztatása a felsővezetékhez és a negatív tápvezetékhez



AT állomás kapcsolási kialakítása



AT vonali csatlakozása

AT állomás elrendezése és kicsatlakozása



AT állomás transzformátora és készülékei



A vasútvonal közelében (Szántód puszta) telepített AT csoport távolabb (Balatonföldváron) létesülő vasúti állomás esetén



A Kanizsavár 120/2x25 kV-os vontatási alállomás transzformátorai



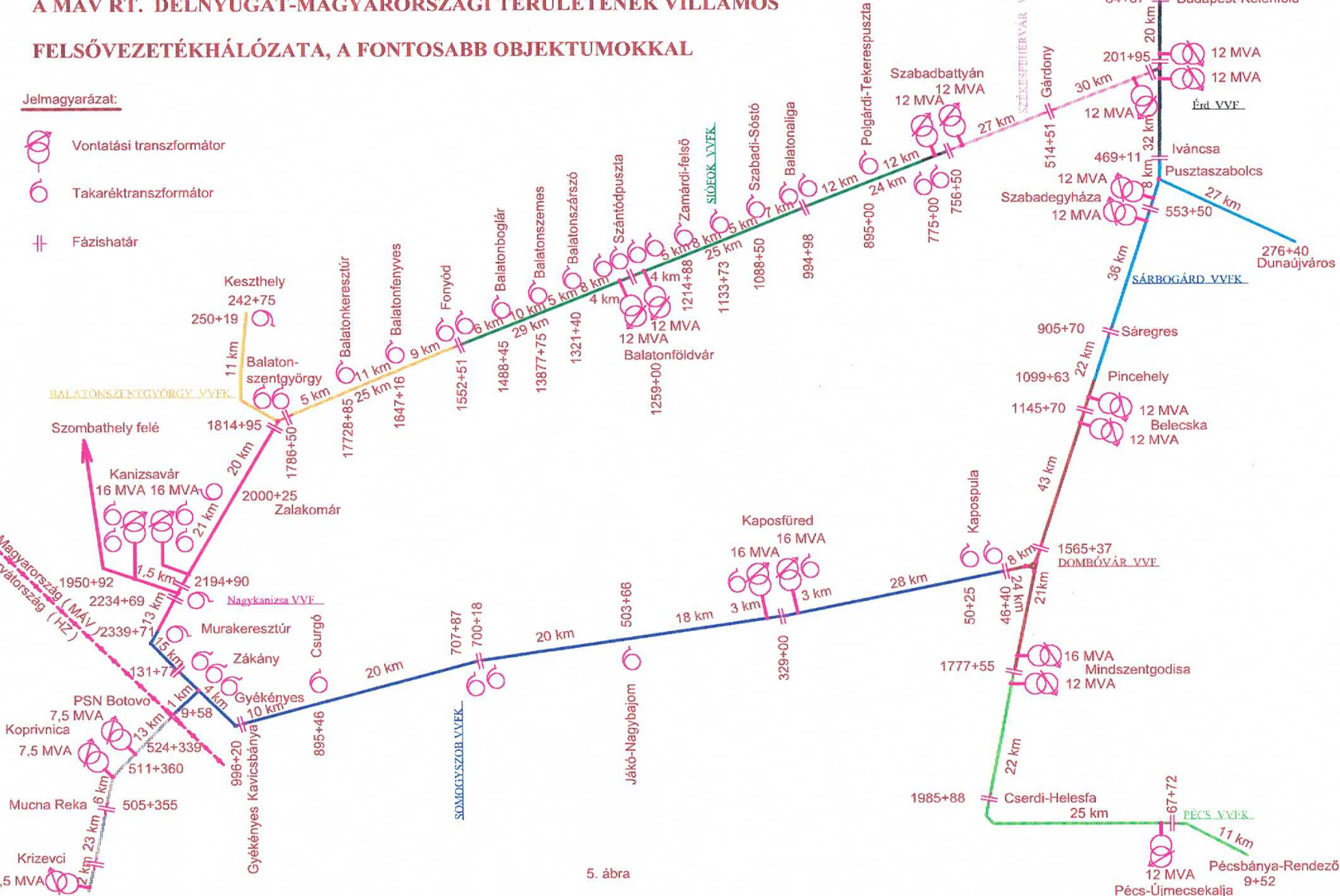
2 db. 4 kVA-es iker autó-transzformátor

16 MVA-es fő transzformátor

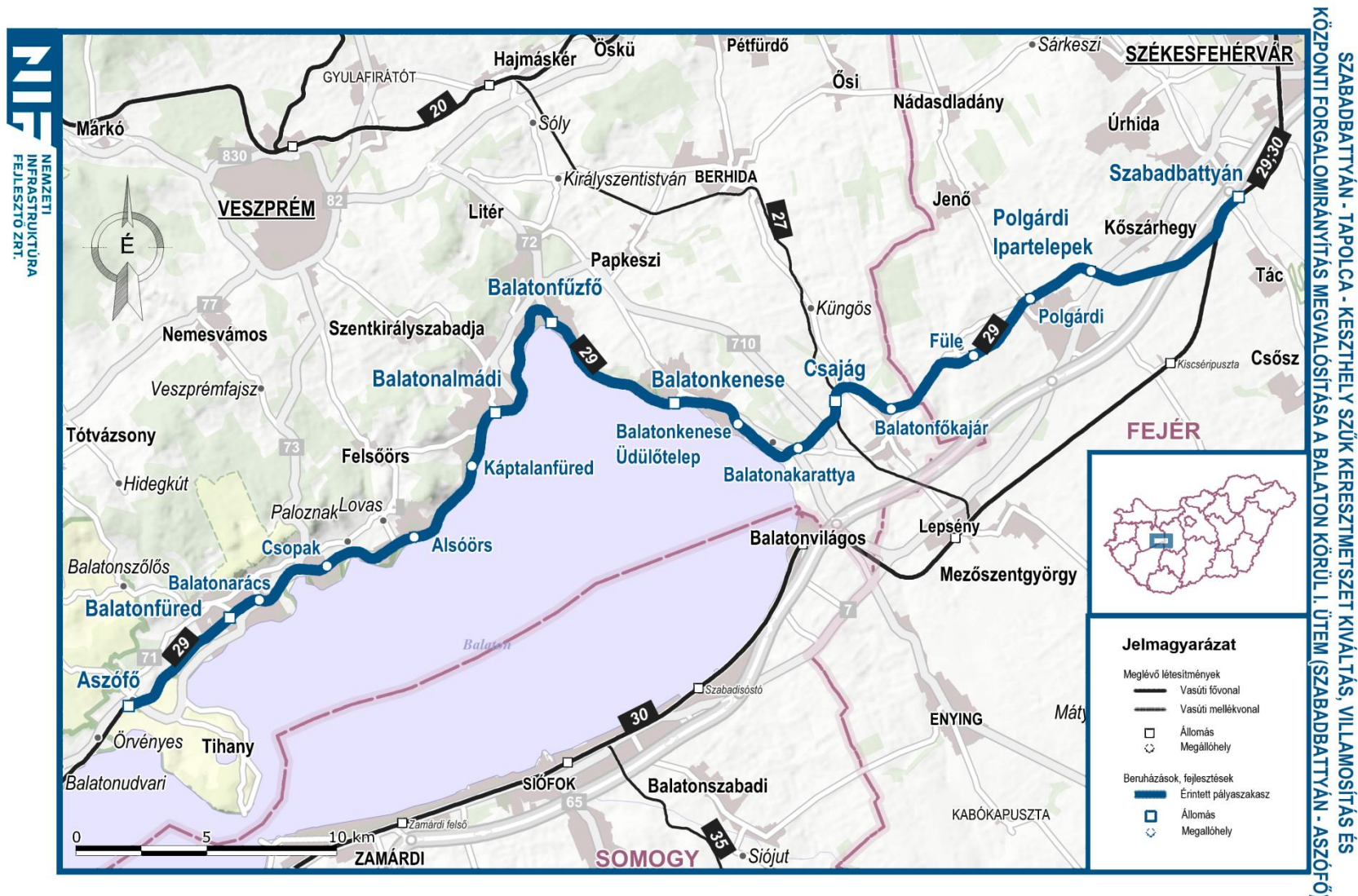
FELSŐVEZETÉKHÁLÓZATA, A FONTOSABB OBJEKTUMOKKAL

Jelmagyarázat:

-  Vonalatási transzformátor
-  Takaréktanszformátor
-  Fázishatár



Észak-Balaton vonal

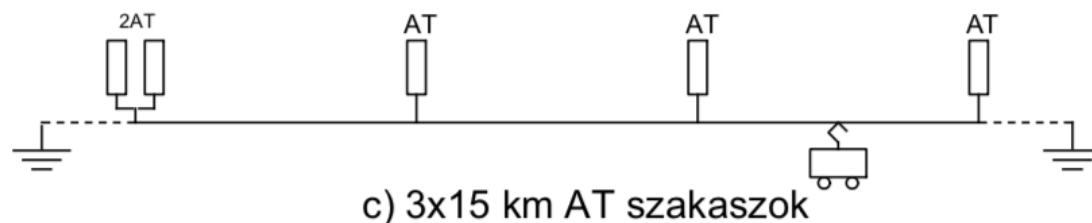
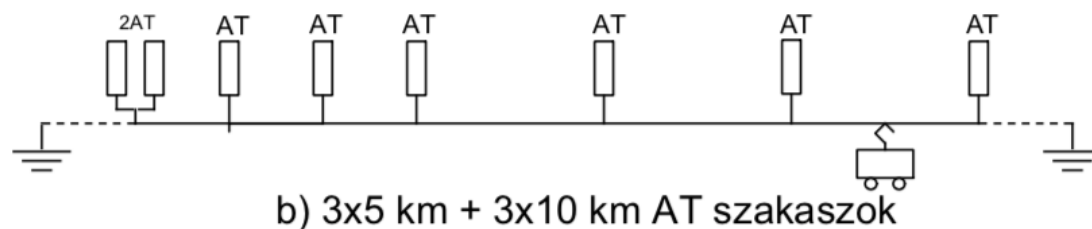
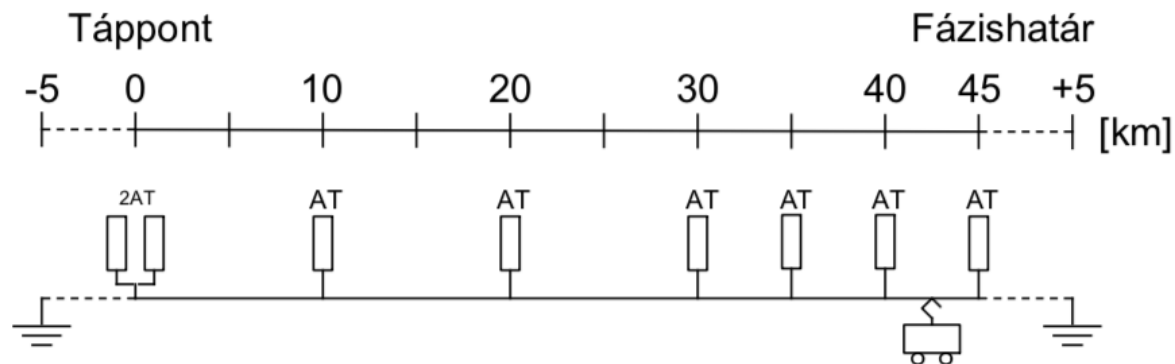


Autótranszformátor alkalmazási helyek a Szabadbattyán – Balatonfüred vasútvonalon

Autó-transzformátor helyek vasútállomásai	Hektométer szelvény	Alkalmazott autótranszformátor db.	Autó-transzformátor szakasz hossz km
Szabadbattyán fázishatár 2×25 kV betáp	115 fázishatár	2 AT	11 km kicsatlakozás
Csajág	307	1 AT	19,2
Balatonkenese	389	1 AT	8,2
Balatonfűzfő	447	1 AT	5,8
Balatonalmádi	505	1 AT	5,8
Alsóörs	568	1 AT	6,3
Csopak	610	1 AT	4,2
Balatonfüred	653	1 AT	4,3
Összes	538	9 db.	53,8



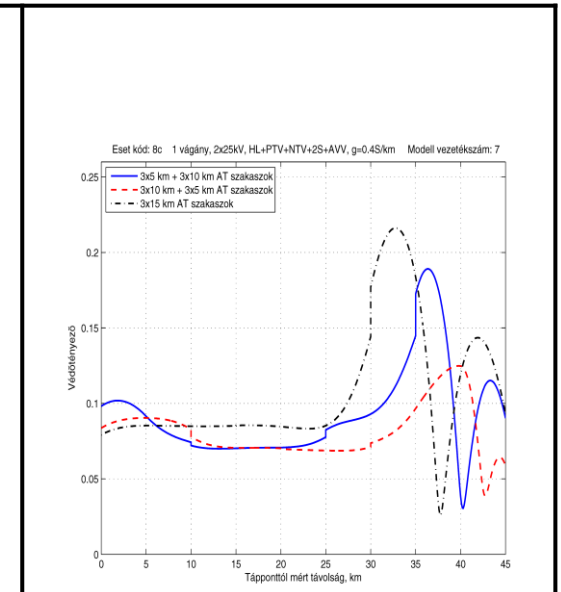
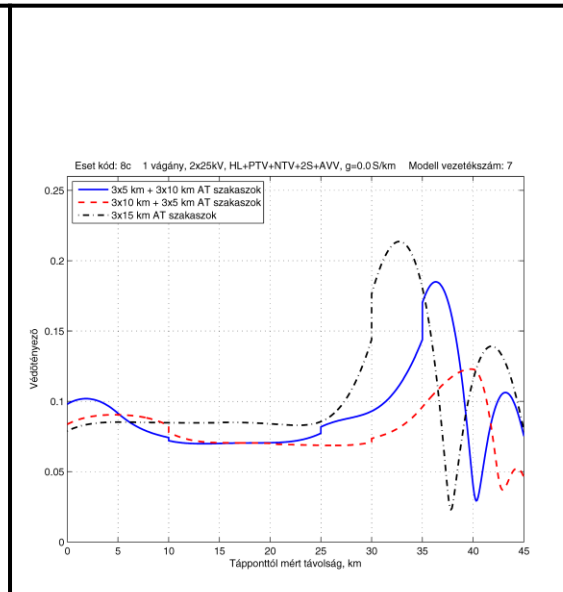
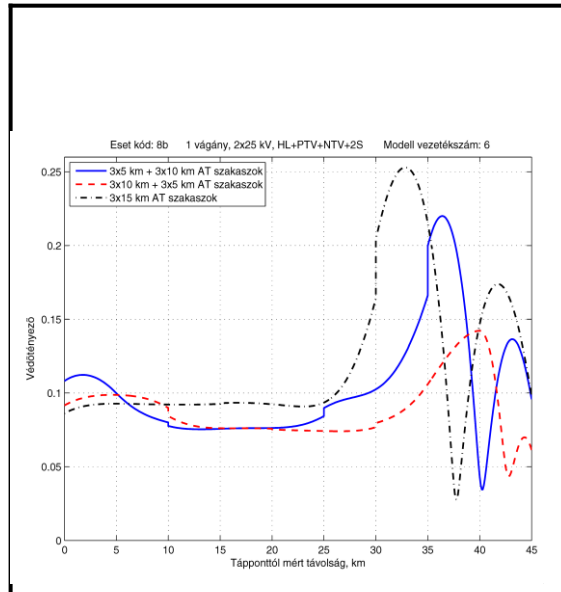
A vizsgált teszt vonal autótranszformátor kiosztási változatai



Az áram-visszavezető (ÁVV) védőtényező csökkentő (indukálási viszonyokat javító) hatása

Szabadbattyán – Balatonfüred vonal

Paraméterek: AT távolság (15, 10 és 5 km) és oszlopföldelés levezetése g (0 vagy 0,4 S/km)

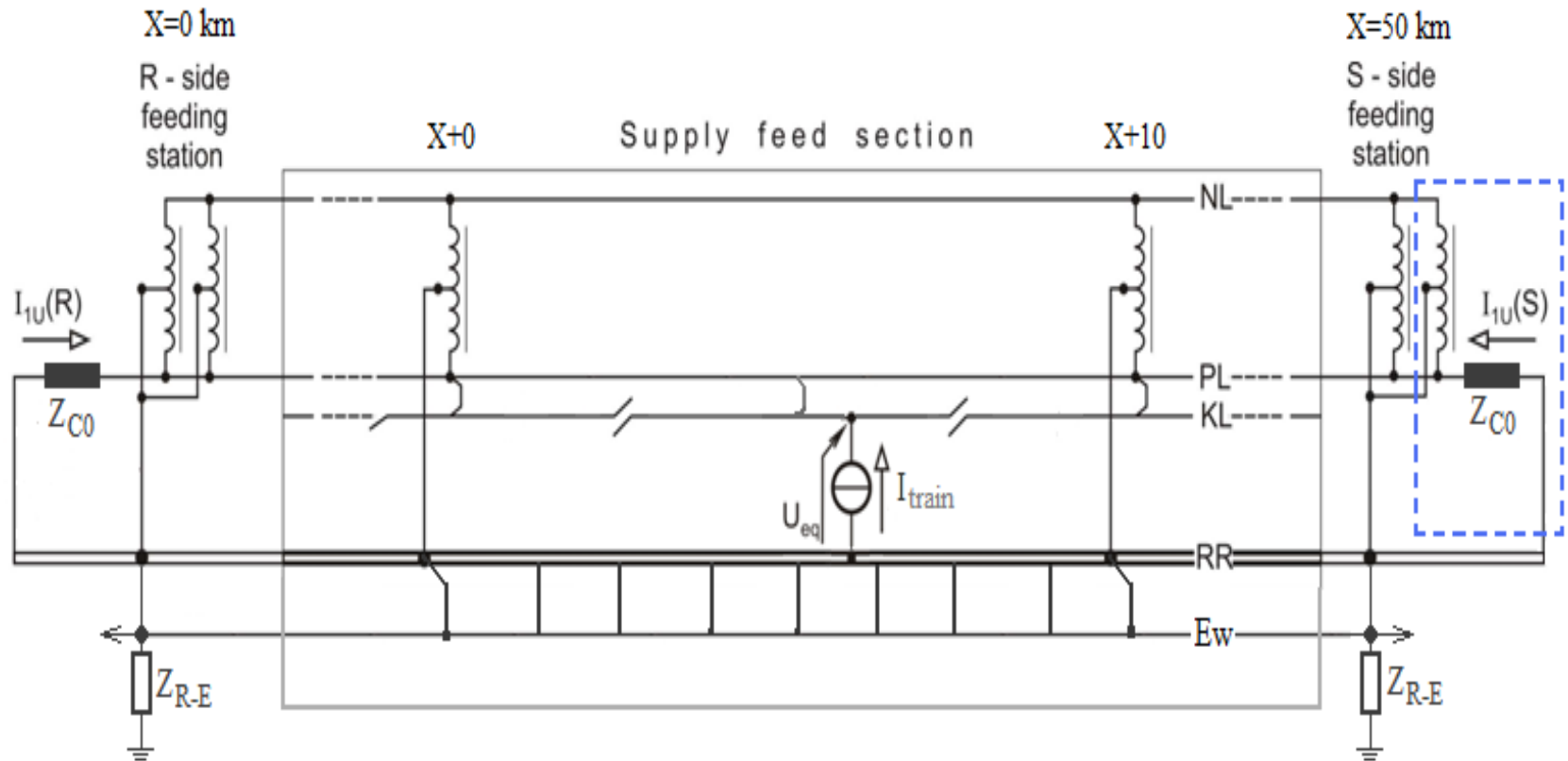


a) Áram-visszavezető (ÁVV) nincs

b) ÁVV van, levezetés nélkül, az oszlopföldelés hatása elhanyagolva), $g=0$

c) ÁVV van, az oszlopföldelés levezetésének a figyelembevételével $g=0,4$ S/km

ATPLNL rendszer szakaszolt hosszlánccal (Svédországi rendszer)



Autótranszformátor kétfázisú szimmetrikus összetevő helyettesítő hálózata

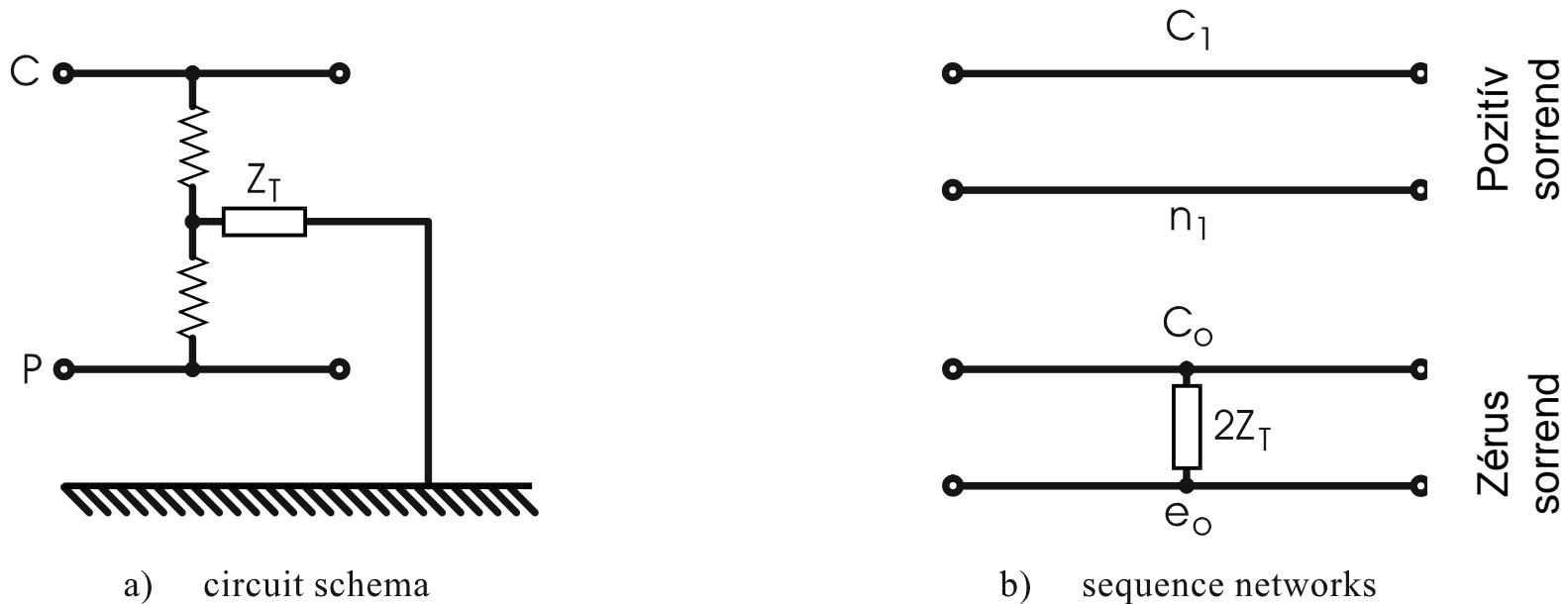
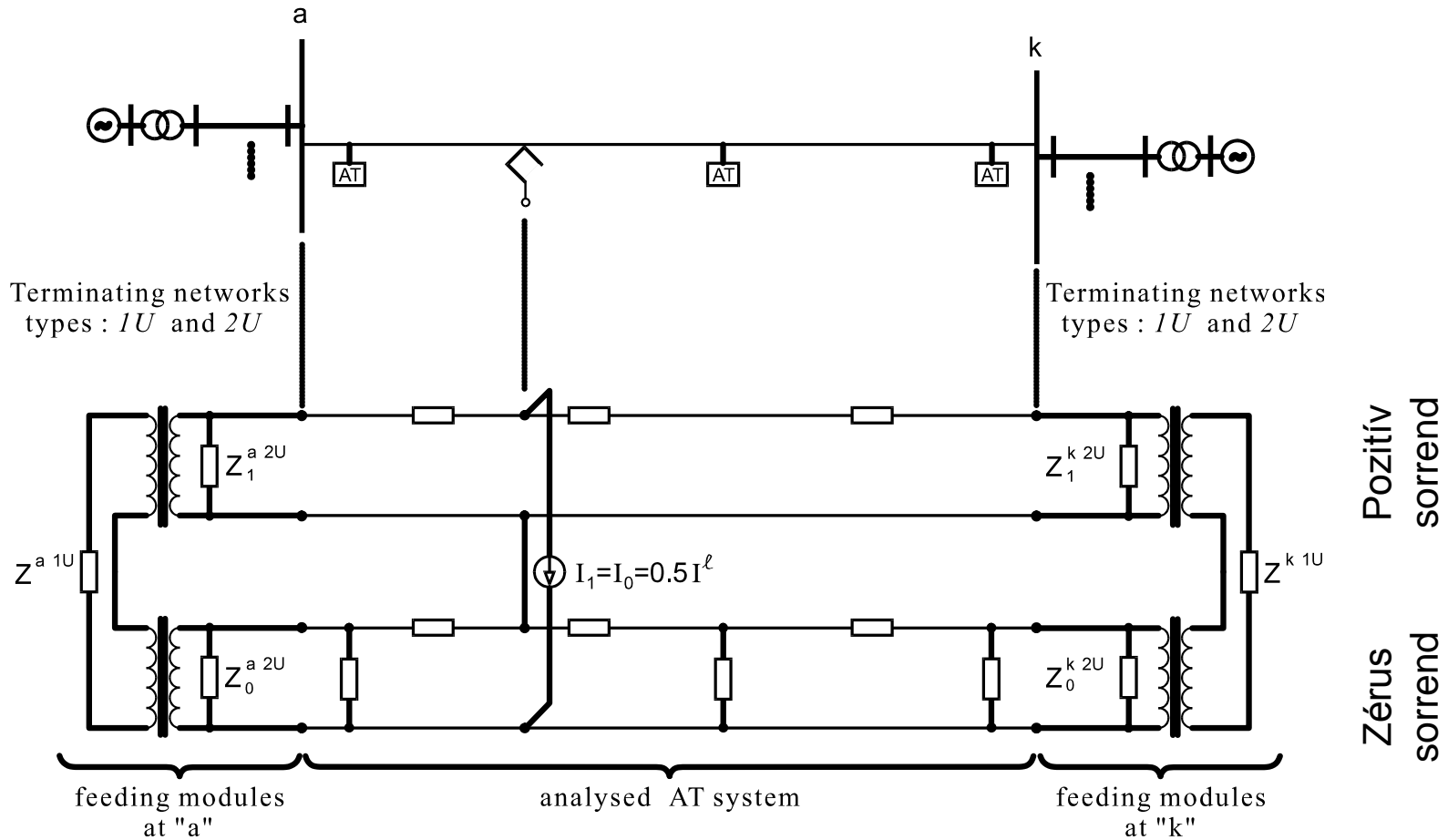


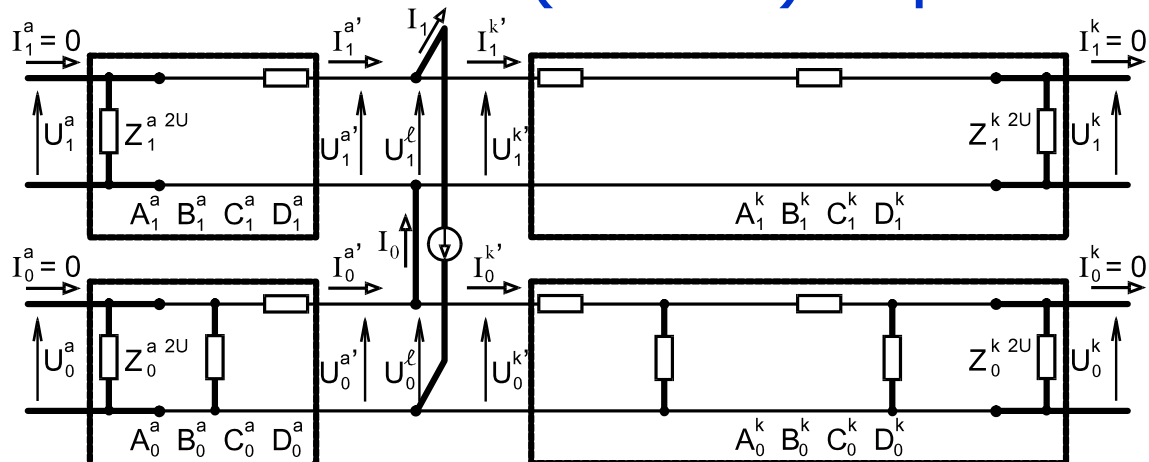
Fig. A. 3-2 AT representation

ATPLNL rendszer kétfázisú szimmetrikus összetevős helyettesítő hálózata

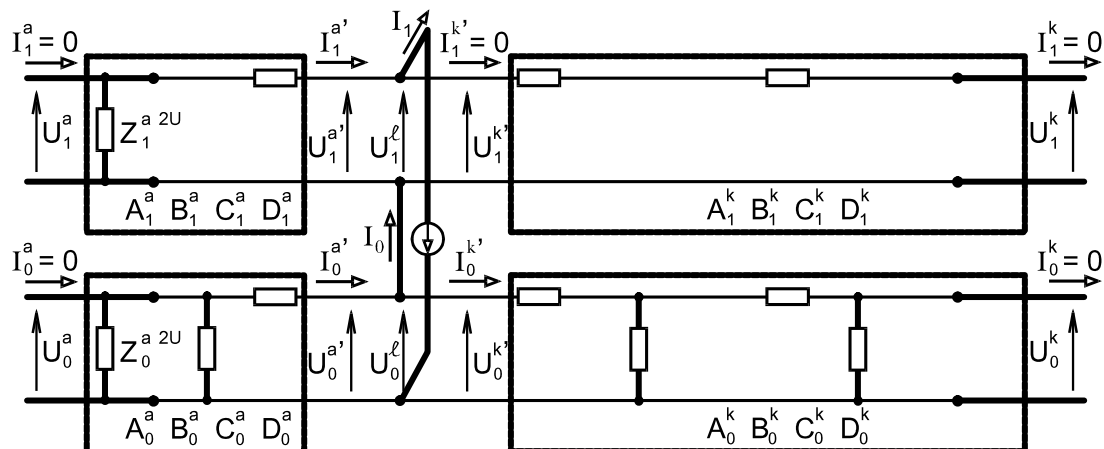


Kétoldali 1U (25 kV-os) táplálás

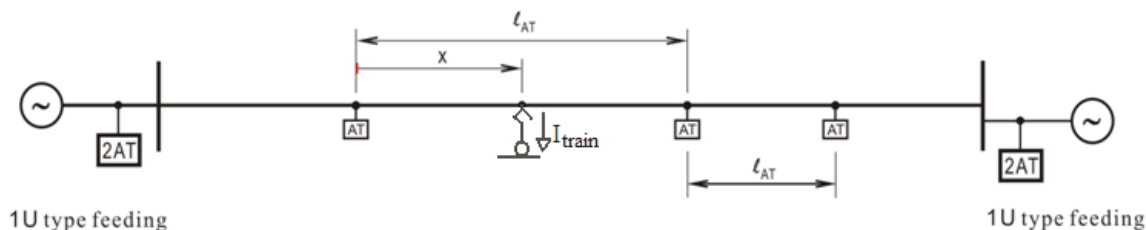
Kétoldali 2U (50 kV) táplálás



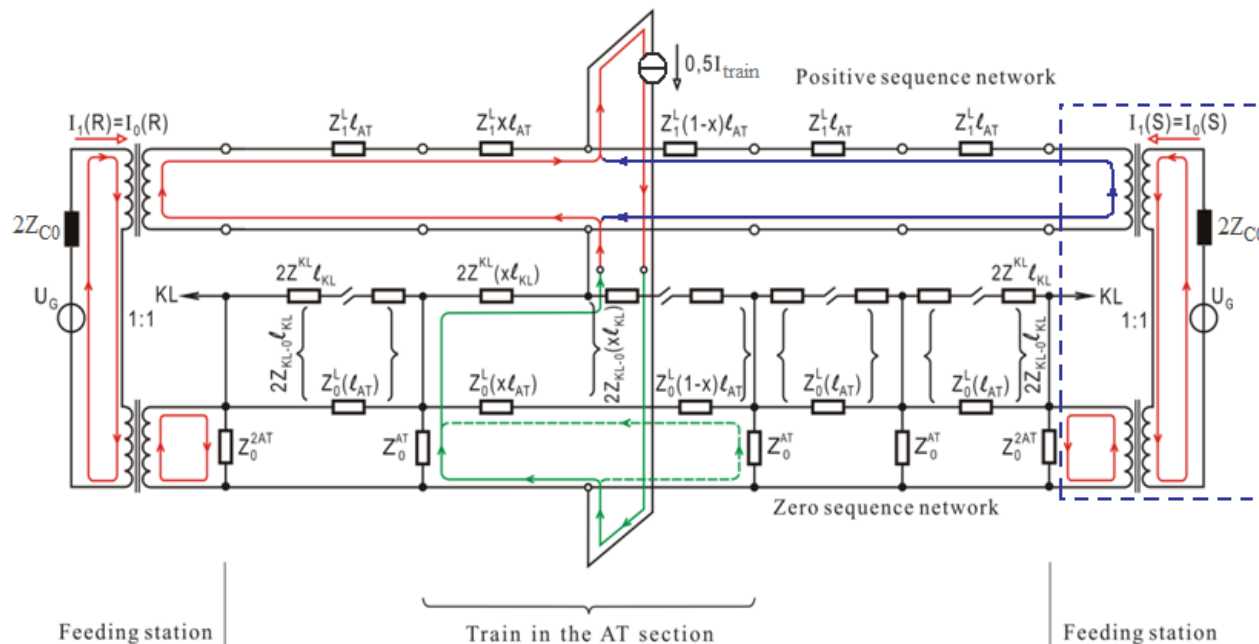
Egyoldali (bal) 2U (50 kV) táplálás



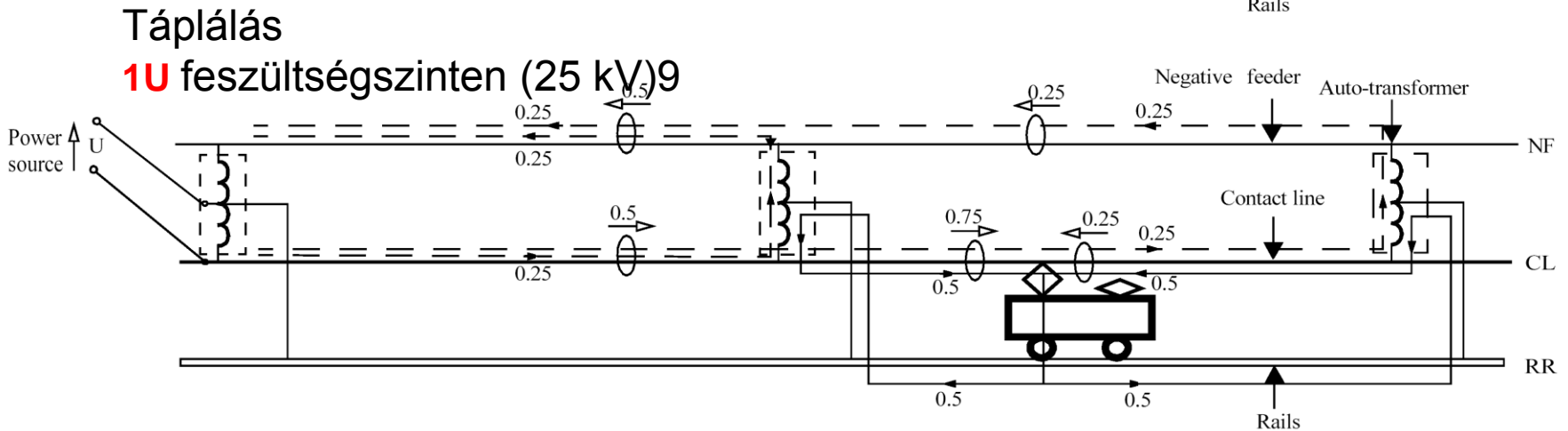
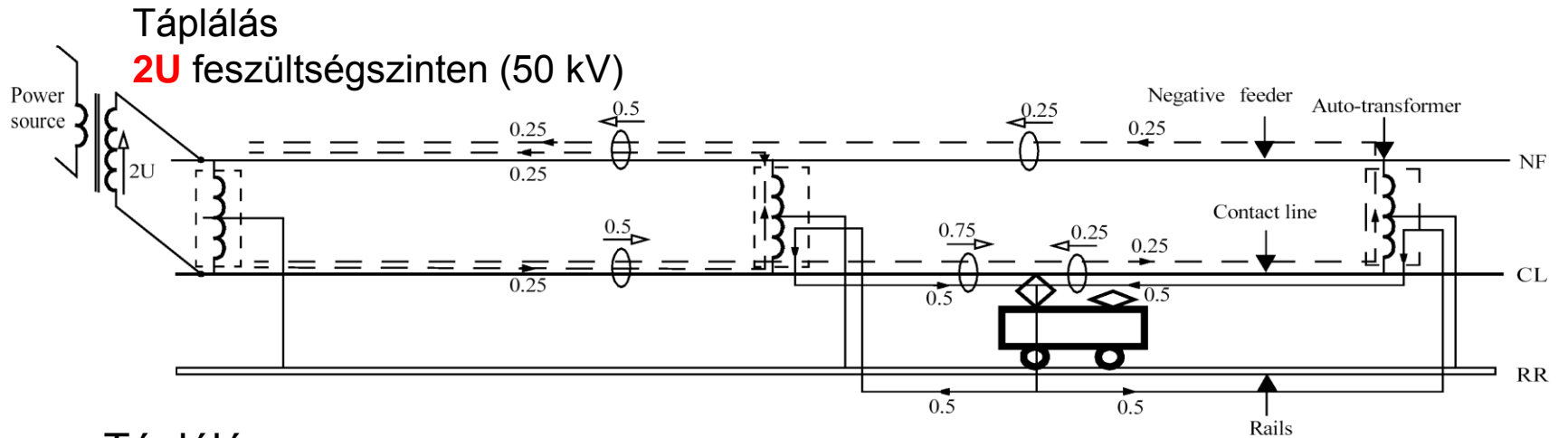
Helyettesítő vázlat 1U táplálású ATPLNL rendszerre szakaszolt KL hosszlánccal



Kétoldali táplálás

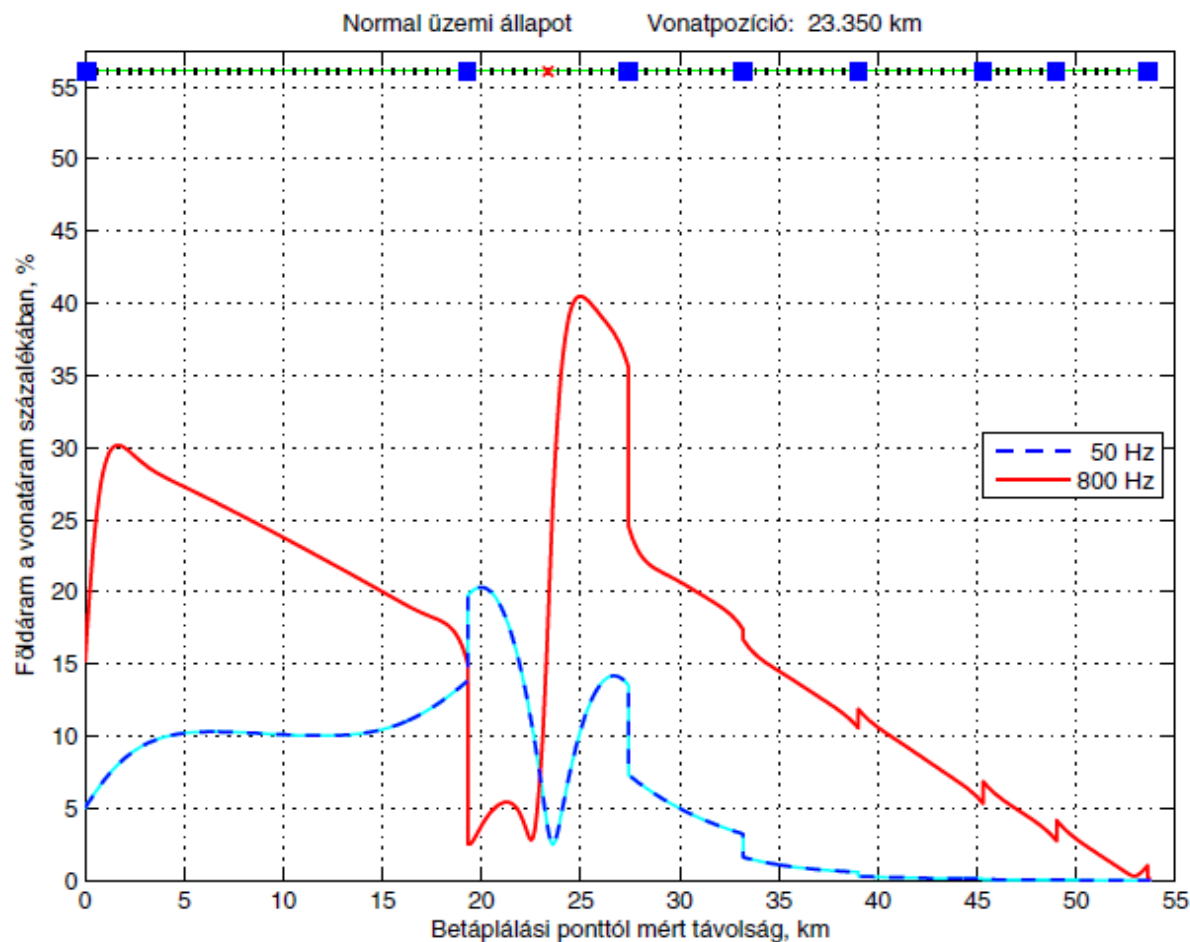


Szokásos AT rendszer; C-N

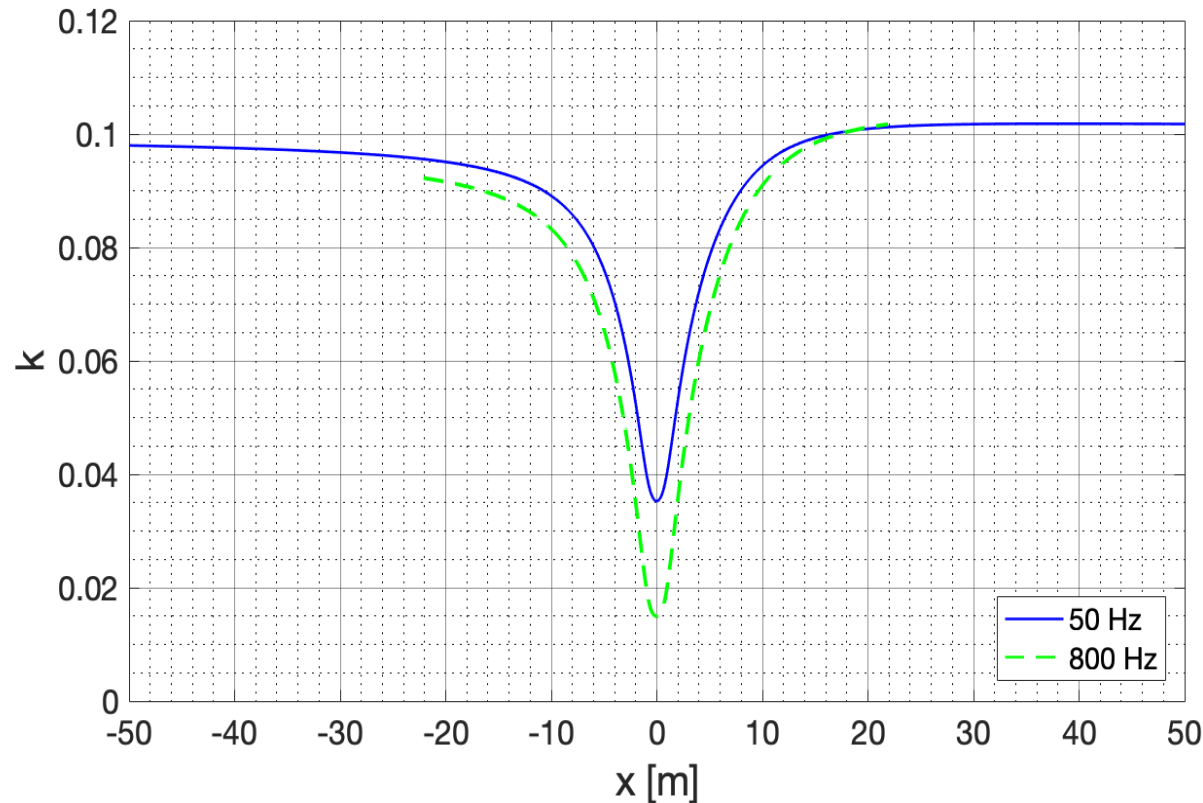


A betáplálási végén a kétszeres feszültséglétrehozása AT segítségével.
(Általában kettő AT párhuzamosan).

Földáram profil a védőtényezőt vasúttól való távolság függvényében ábrázoló k(a) ábrához alapul szolgáló (bejelölt x) vonathelyre (Balatonfüred – Szabadsbattyán vonal)

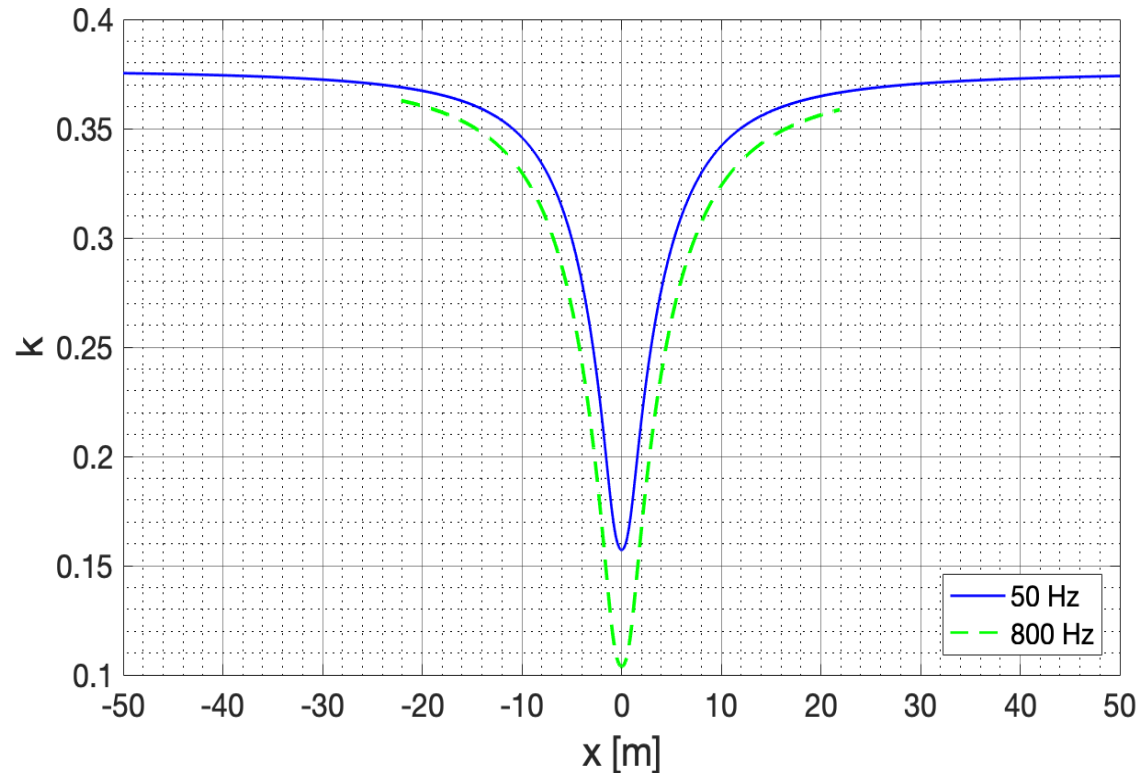


Észak-Balaton vasútvonal **védőtényezője** a vasútvonaltól való távolság függvényében a **vonatmentes szakaszon** az állandósult földáram helyén,



Vonathely: 23,350 km,
Állandósult földáram kiolvasás helye: 10 km

Észak-Balaton vasútvonal **védőtényezője** a vasúttól való távolság függvényében a **vonatos szakaszon** földáram maximum helyén,



Vonathely: 23,350 km,
Földáram maximum helye: 50 Hz-en 20 km
800 Hz-en 25 km

Vezetőáramok vonatos és vonatmentes szakaszokra (Balatonfüred – Szabadbattyán vonal)

Vezeték	50 Hz (Vonakoztatási áram 100 A)		800 Hz (Vonakoztatási áram 10 A)	
	Vonatos	Vonatmentes	Vonatos	Vonatmentes
MV	62,36 / 170	22,34 / 170	5.76 / 2,41	4.21 / 7,75
TS	24,63 / 201	12,97 / 203	5.49 / 8,25	4.12 / 12,44
PTV	13,65 / 176	28,45 / 175	4.66 / 7,84	6.14 / 9,04
NTV	20,75 / 360	38,11 / 1,9	7.18 / 188	9.14 / 189
Sín jobb	20,23 / 350	7.20 / 356	2,353 / 179	1.48 / 188
Sín bal	20,17 / 350	7.12 / 356	2,351 / 179	1.48 / 188
Földáram	20,31 / 200	10,10 / 171	4.04 / 10,8	2.37 / 16,06
I(com)	58,84 / 180	24,39 / 174	8.72 / 4,52	5.34 / 11,79
I(dif)	50.17 / 180	50,22 / 180	11,53 / 6,58	11,80 / 9,49
I(HLP)	79,59 / 180	62,36 / 179	15,90 / 6,01	14,47 / 9,92



Témakörök, kérdések.

1. Miért speciális táplálási rendszerek?
 - Booster transzformátor (BT) rendszerek
 - Autótranszformátor rendszer
2. Miért az áttérés BT-ről AT rendszerre?
(pl. a skandináv vasutak)
3. **Melyek a különböző AT táplálási rendszerek sajátosságai?**

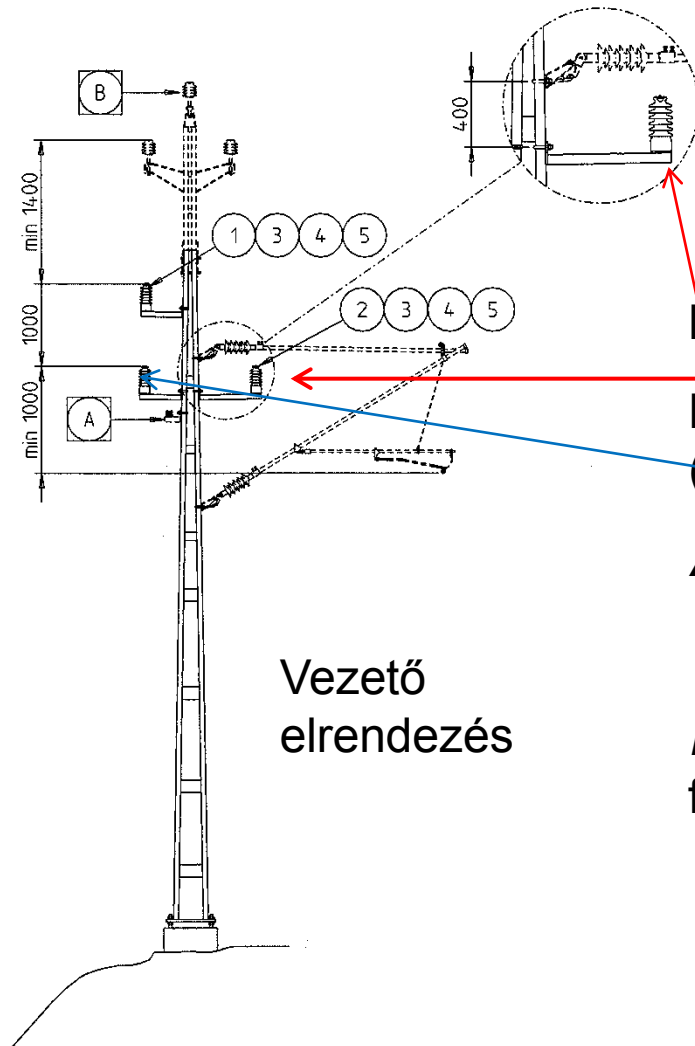
Vizsgált autótranszformátoros rendszerek és azonosító kódjaik

- C-N : csak hosszlánc C (egyben pozitív tápvezeték is) és negatív tápvezeték N van;
- CP-N: a C és P összekötve minden AT-nél;
- C-PN: szakaszolt C, C és P közötti összekötés csak a szakasz felezőpontokban.



A C(P)-N rendszer megvalósítása (2)

(A C hosszlánc egyben a P pozitív tápvezeték is)



Svéd szabványos
autótranszformátoros rendszer
felsővezeték rendszere

Megerősítő vezető (218 mm²)

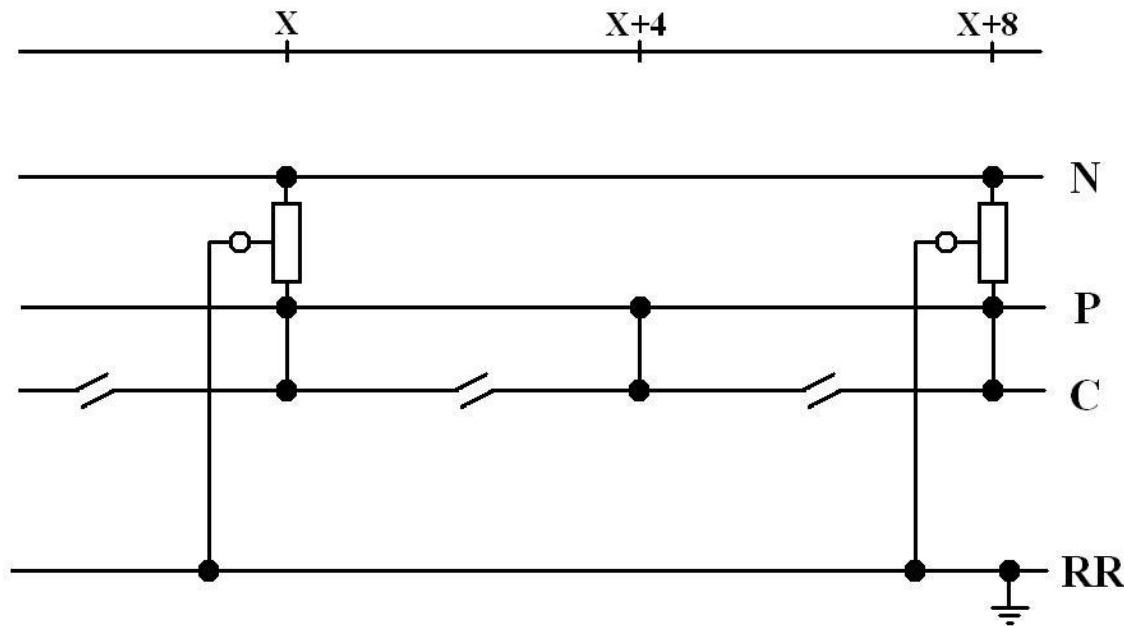
Dupla-negatív tápvezeték (NF)
(218 mm²)

A földáram visszavezető (218 mm²)

Vezető
elrendezés

B segédüzemi 3 fázisú vezeték
felsővezeték rendszere

AT rendszer P pozitív és N negatív tápvezetékekkel és szakaszolt C hosszlánccal

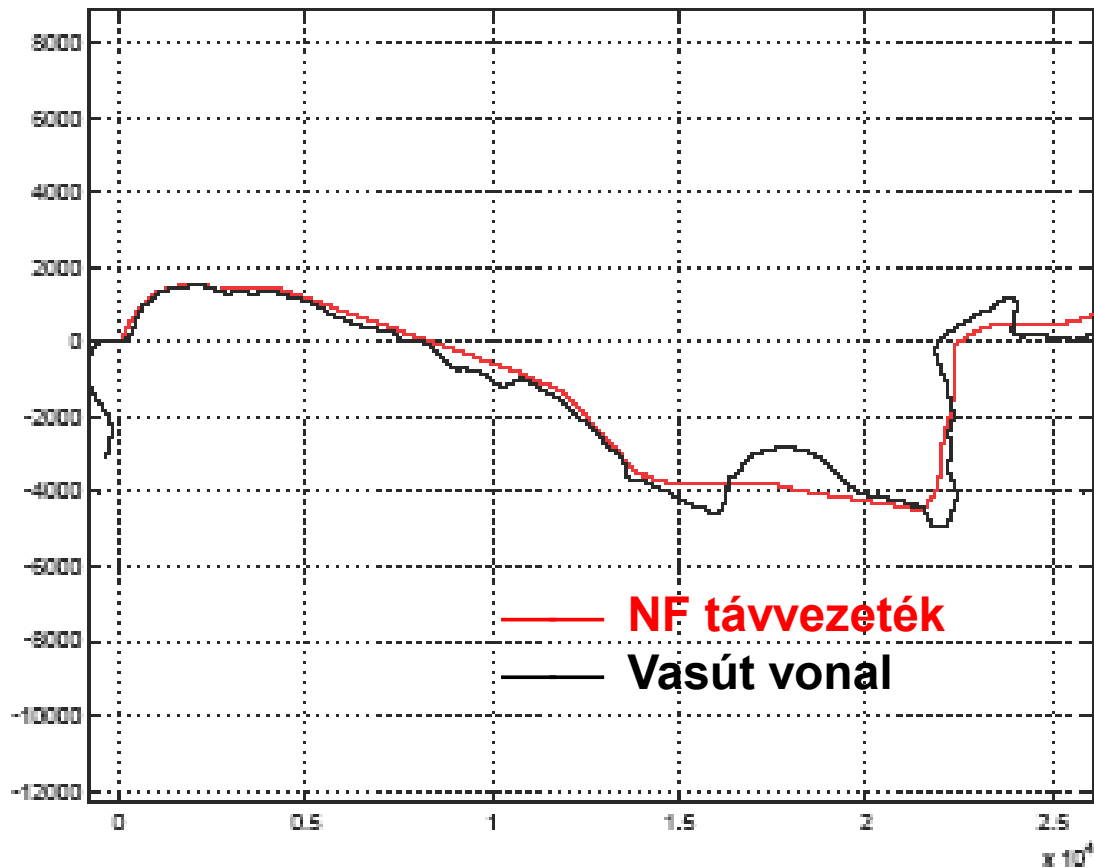


C-PN rendszer

Az **energiaátvitel a P-N hurokban történik** a tápláló állomástól a vonat pozíciójának megfelelő rész-szakaszig.

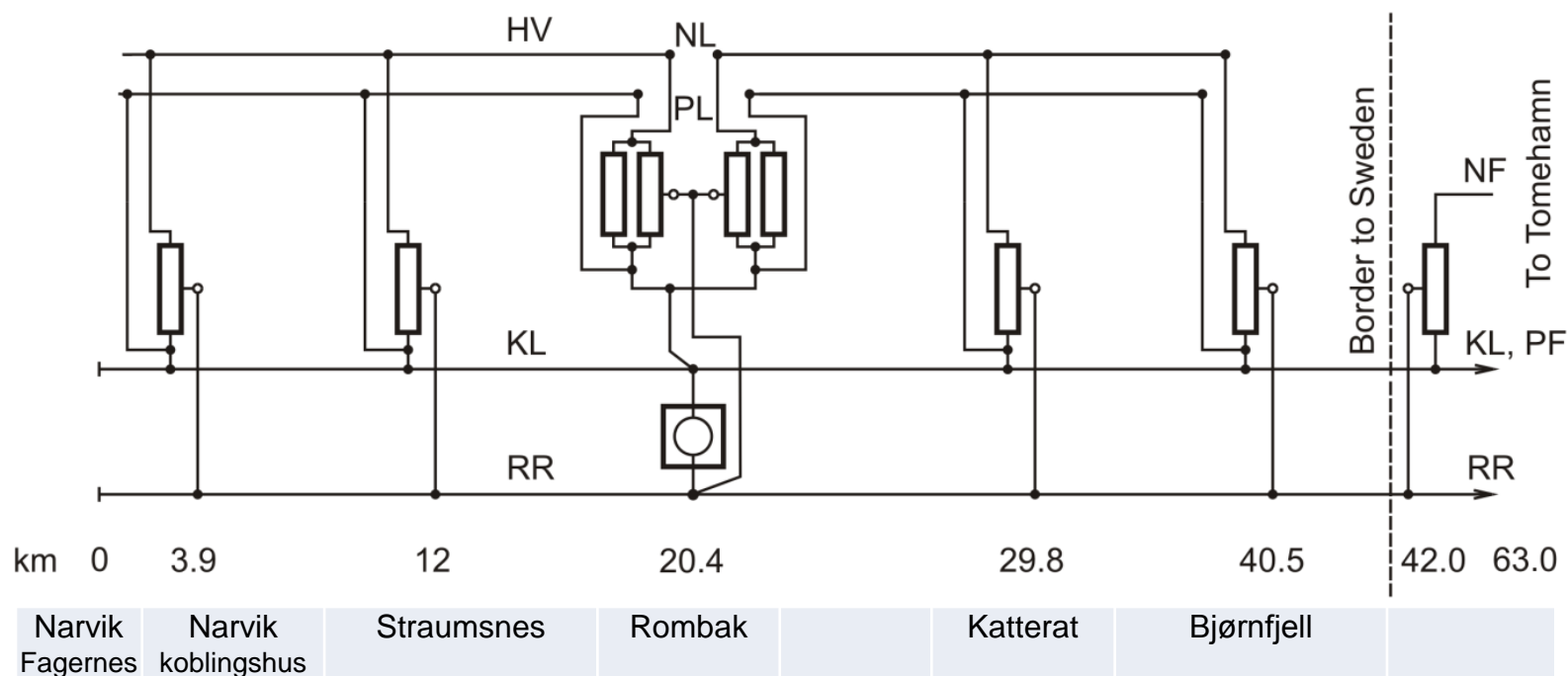
A CP-N rendszer megvalósítása (1)

A Norvég Ofotbanen HV a tápvezeték és a vasútvonal nyomvonala



A CP-N rendszer megvalósítása(2)

Az Ofoten vonalának táplálási vázlatja Norvégiában.



További információkért lásd:

„A new type of autotransformer system for the railway in Norway”;
Frank Martinsen, Magne Norgard, Thorsten Schütte;
Elektrische Bahnen 8-9/2010, pp 334-344.

Norvég pozitív és negatív tápvezetékes rendszer



Különböző táplálási rendszerek szimulációs vizsgálata



A szimulált esetek és vizsgált mennyiségek

Táplálási jellemzők:

- A 3 táplálási rendszer
(Tápszakasz hossza: 72 km)
- Egy és két oldali megtáplálás
- AT távolságok: 6, 8 or 12 km

Szimulációs jellemzők:

- A vonat 100 m-es lépésekben halad
- Eredmények kiíratása: minden 100 m-enként

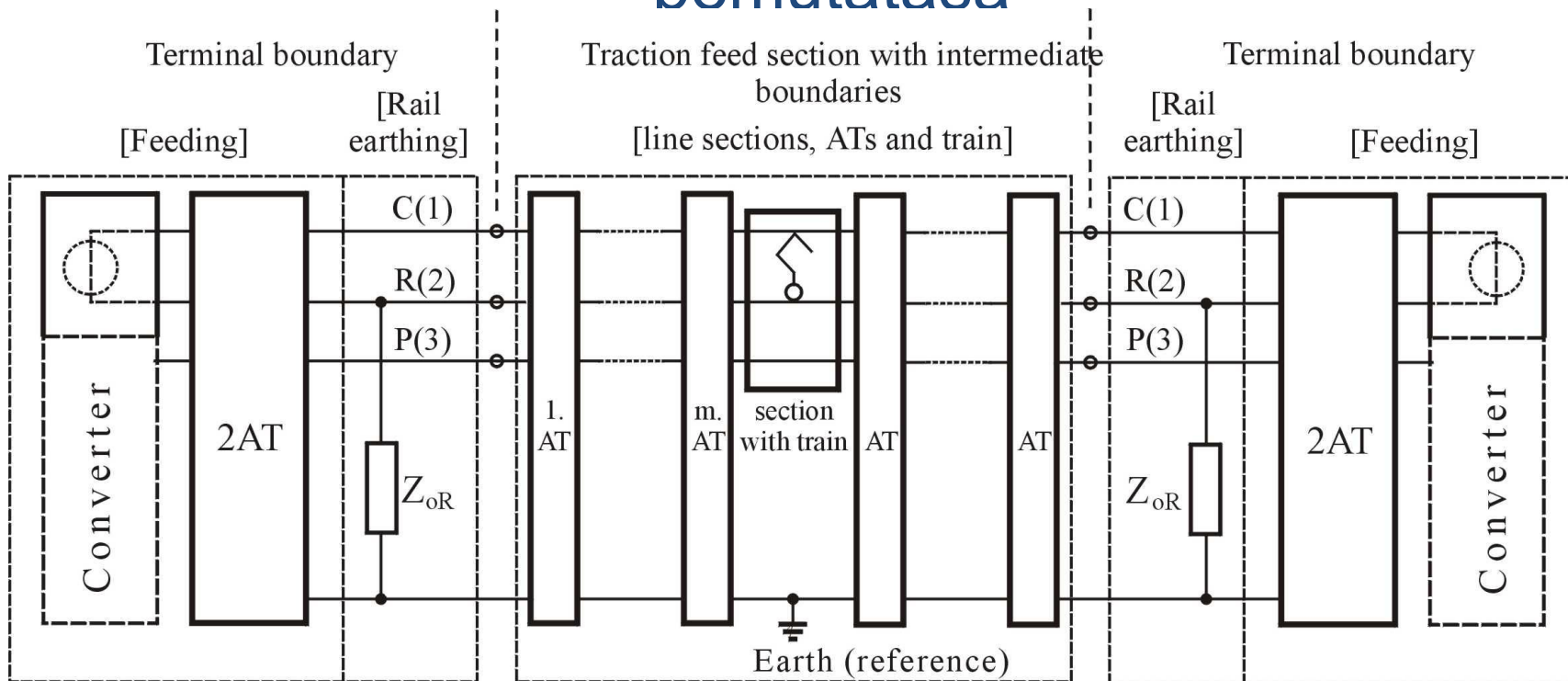
Eredményül kapott mennyiségek:

- A vezetők feszültségei és áramai (C, P, N és R)
- A földben folyó áram (védőtényező)

Vizsgált mennyiségek:

- Vonali impedancia
- Feszültségesés
- Sínpotenciál
- Indukáló áram
- Veszteségek

Egy AT táplálási rendszer többvezetős bemutatása



Alkalmazott eljárás: A többvezetős rendszert leíró differenciálegyenlet-rendszer megoldása a közbenső elemeket (AT-k és vonat) leíró peremfeltételekkel.

További információ: Sollerkvist F. J.;Varju Gy.: "A general model and numerical method for multiconductor systems in frequency domain". *Proceedings of the IEEE/KTH Stockholm Power Tech. Conference*. Stockholm, Sweden, June 18-22, 1995, pp. 227-232

A vonal impedanciája és a feszültségesés (1)

- A felsővezeték rendszer **feszültségesése** a vontatójármű szempontjából a hosszlánc és a sín közötti feszültség, amennyiben a tápláló alállomás helyén rövidzárát feltételezünk a modellben.

Ez a vektoros különbsége a hosszlánc és föld közötti és a sín-föld közötti feszültségnek. Ez az értéket egy vonat 500 A-es vontatási árama esetére határoztuk meg. .

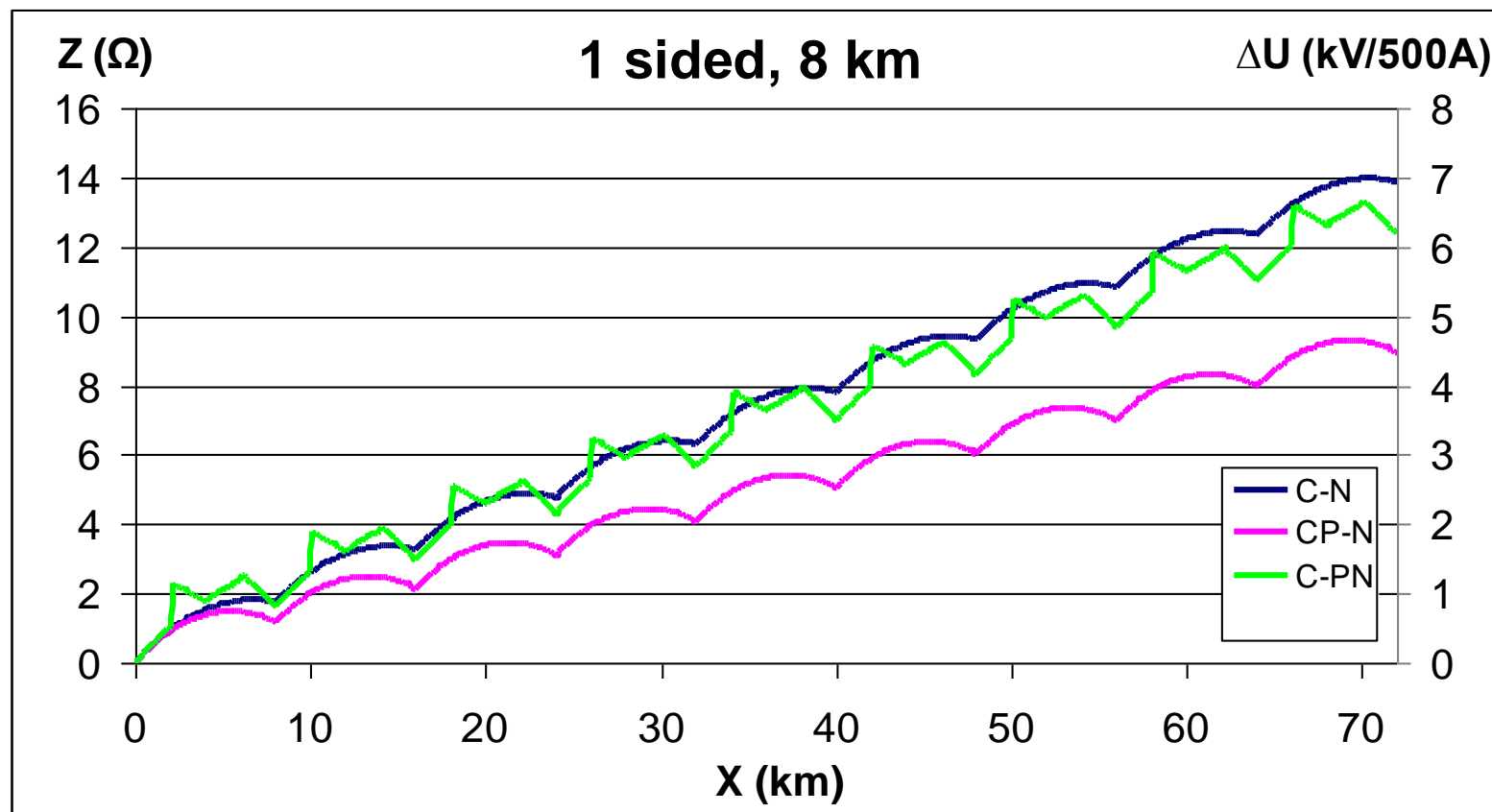
- A **vonal impedanciája** a feszültségesés és a vontatási áram hányadosként definiált.

MEGJEGYZÉS: A görbék a mennyiségek értékeit mutatják a vontatójármű pozíciójának függvényében (azaz az áraminjektálás helyén).

A vonal impedanciája és a feszültségesés (2)

A három táplálási eset összehasonlítása

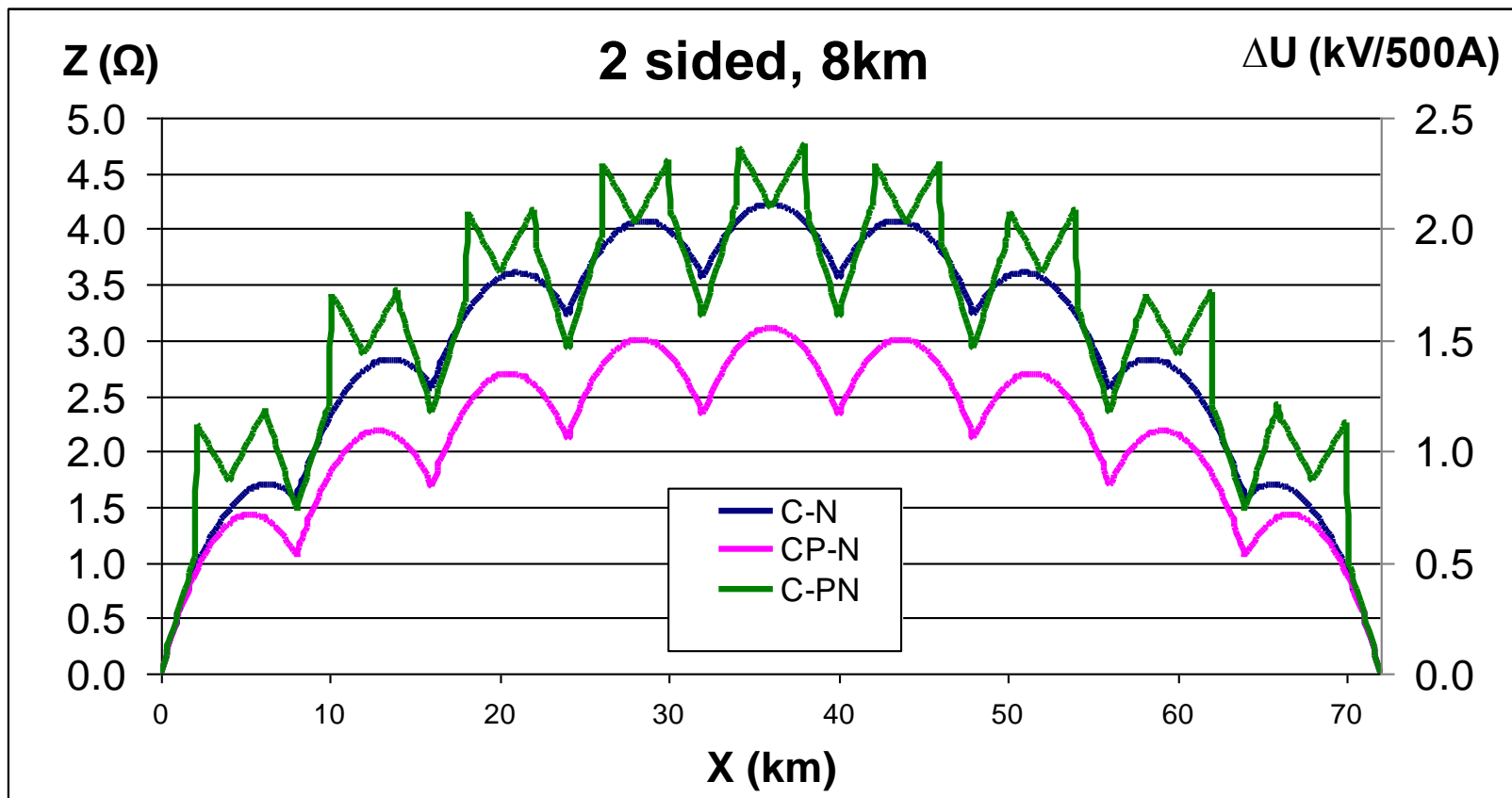
Egyoldali táplálás



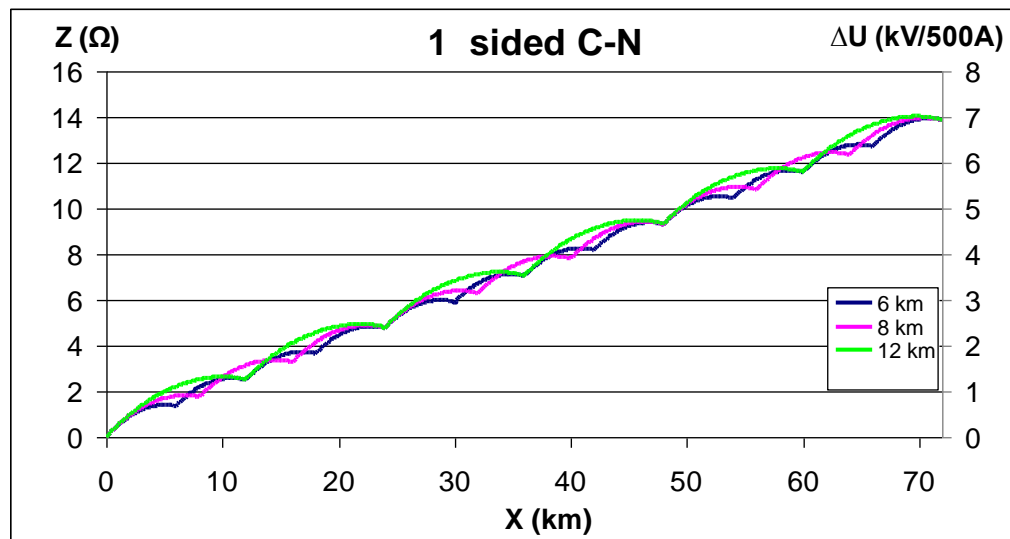
A vonal impedanciája és a feszültségesés (3)

A három táplálási eset összehasonlítása

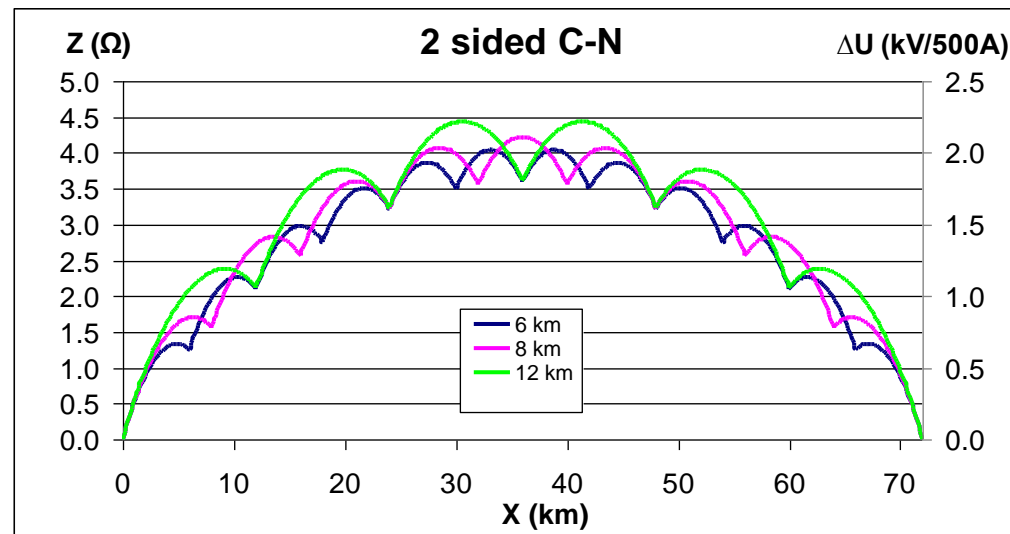
Kétoldali táplálás



A vonal impedanciája és a feszültségesés (3)

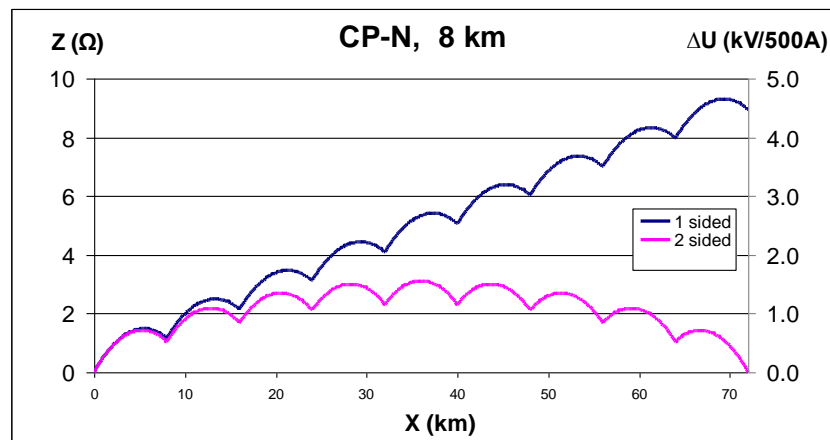
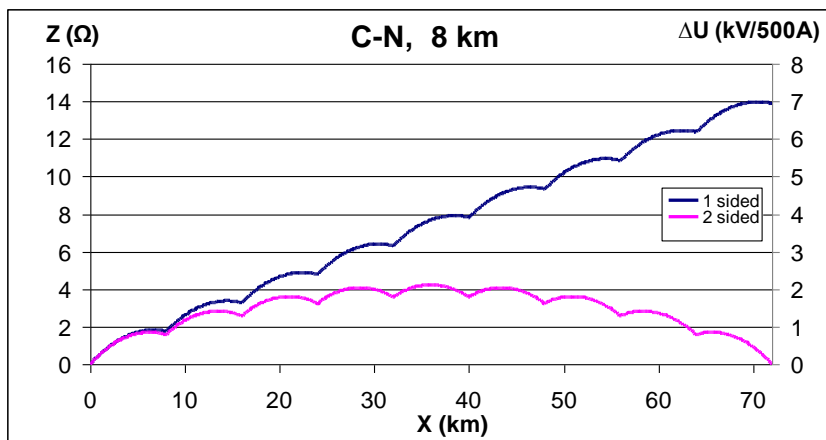
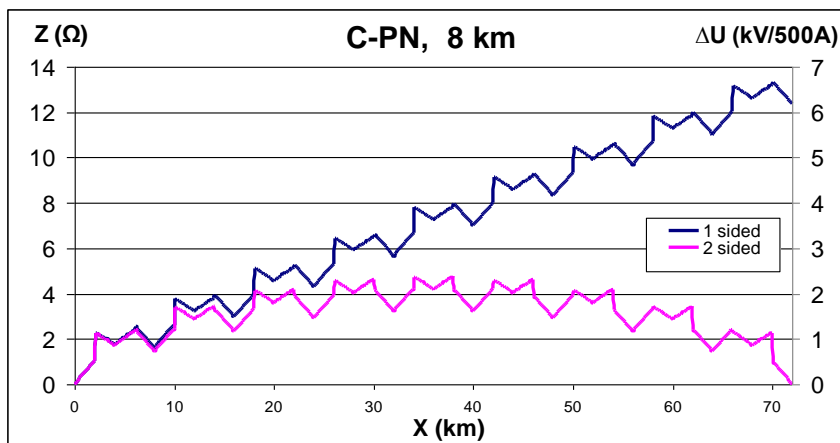


**A három
AT távolság
hatásának
összehasonlítása
C-N táplálás esetén**

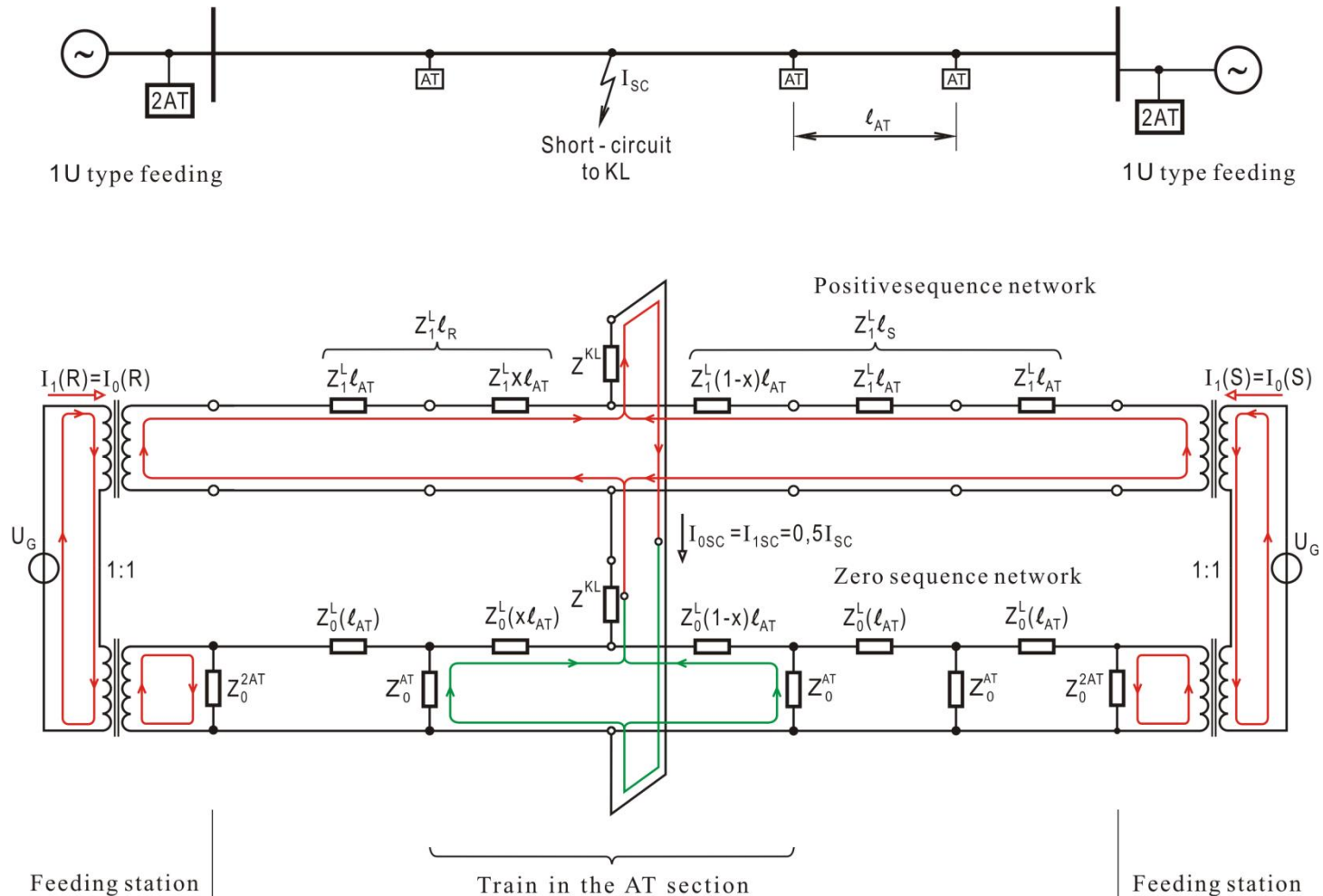


A vonal impedanciája és a feszültségesés (4)

A különféle AT vontatási módozatok összehasonlítása egy és kétoldali táplálás esetén

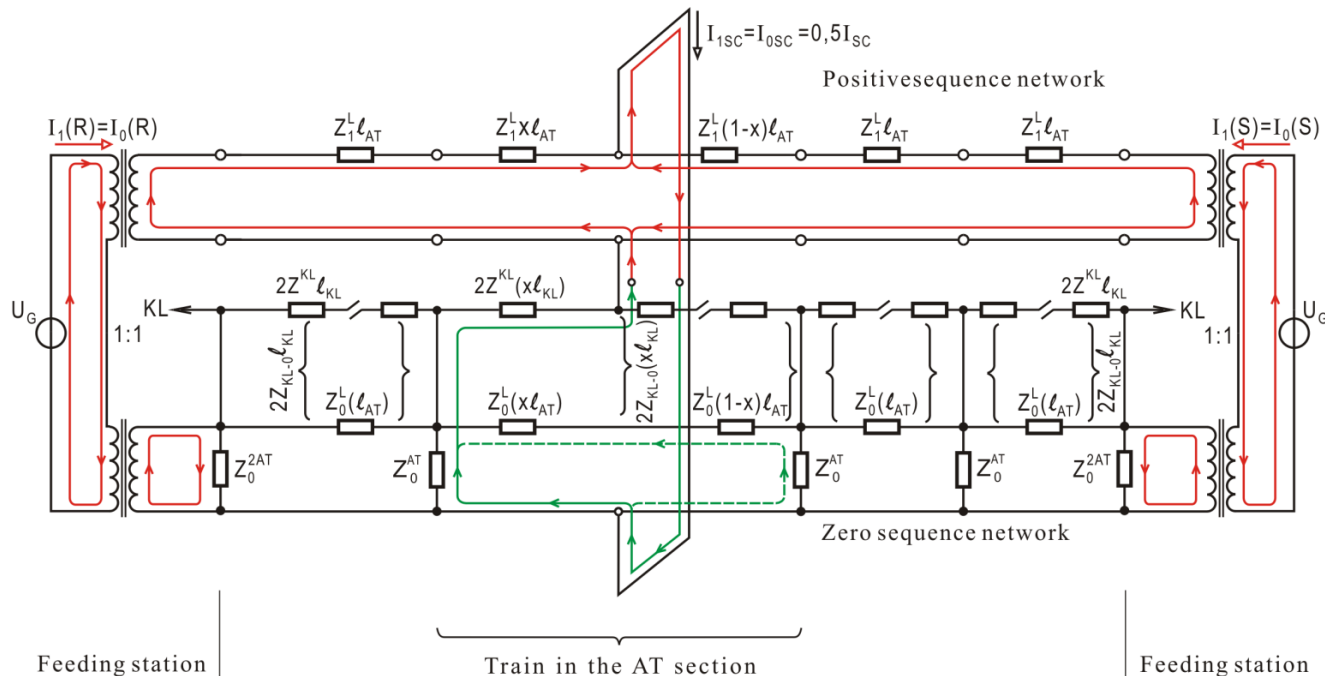
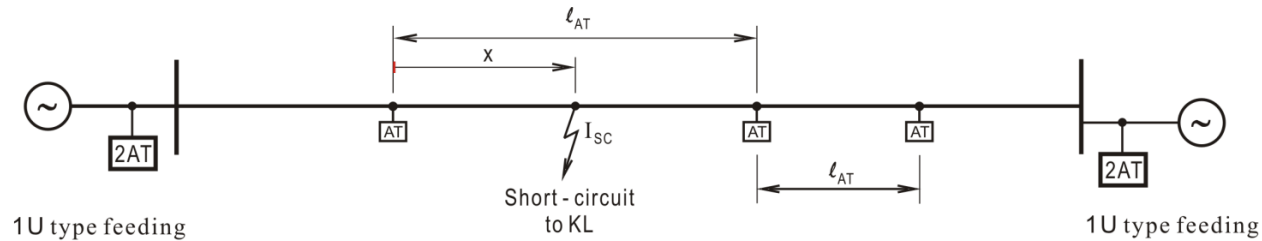


A kétfázisú szimmetrikus összetevők módszerének bemutatása egy AT táplálási rendszer esetén (C-N táplálás 1U-val)

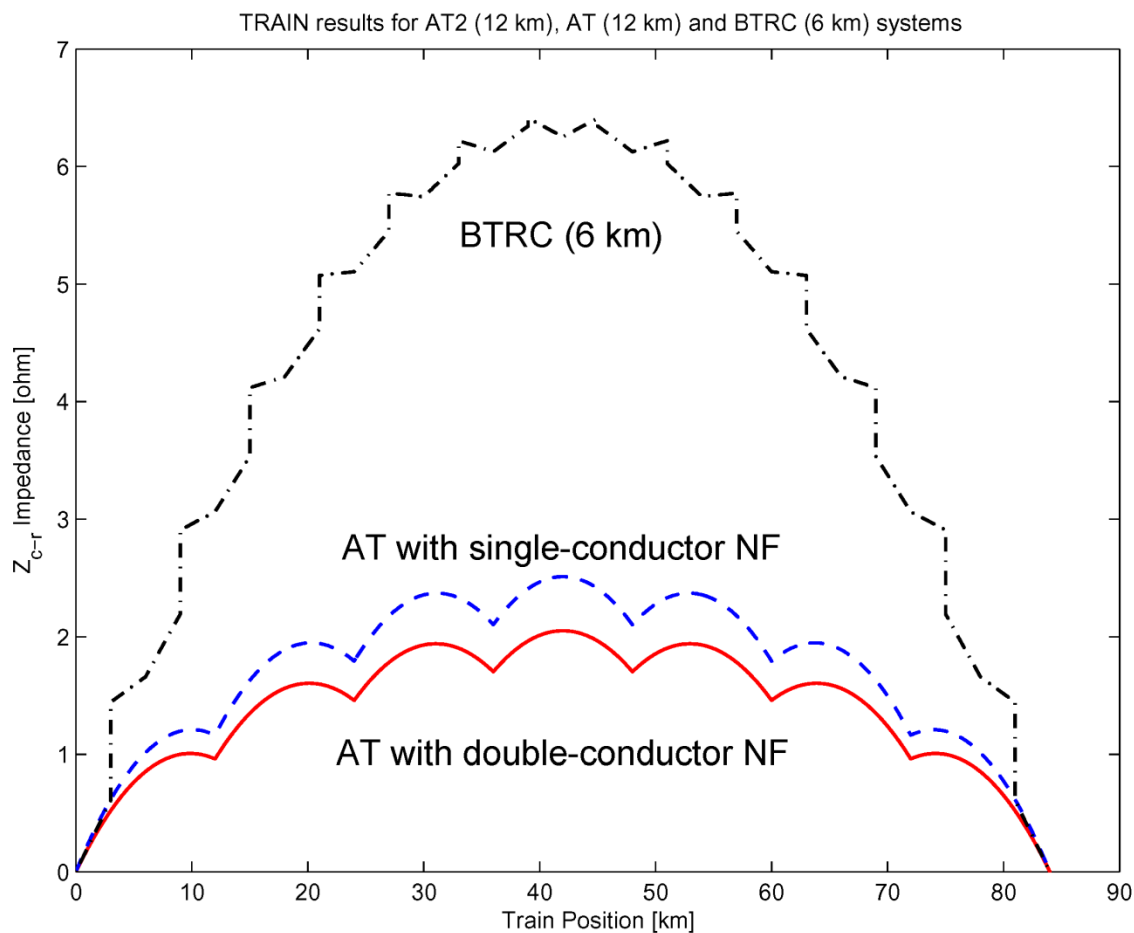


A kétfázisú szimmetrikus összetevők módszerének bemutatása egy AT táplálási rendszer esetén

(C-PN táplálás, 1U-val)



A BTRC és AT rendszer **impedanciájának** összehasonlítása a vonathely függvényében, kétoldali táplálás esetén

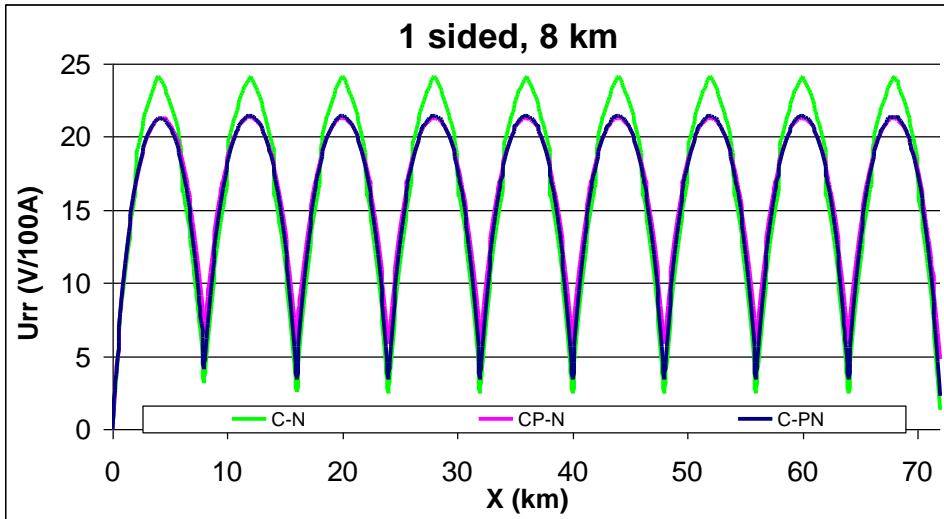


A vonal impedanciája és a feszültségesés (3)

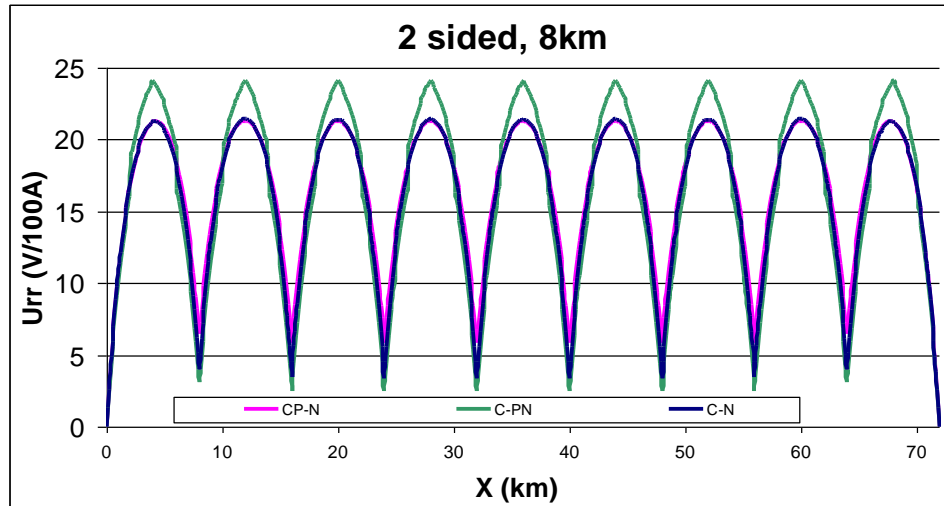
Következtetések:

1. A CP-N táplálás kisebb feszültségesést biztosít mint a C-N, a megerősített pozitív tápvezetéknek köszönhetően.
2. A feszültségesésnek helyi maximumai vannak a C-PN (szakaszolt) rendszer esetén. Ezek nagyobbak mint a C-N rendszer vonatkozó értékei. Ugyanakkor a kritikus maximum az egyoldali táplálás végpontján kisebb a C-PN rendszer esetében.
3. A feszültségesés kétoldali táplálás esetén szignifikánsan kisebb, mint az egyoldali tápláláskor.
4. A kisebb AT távolság kisebb feszültségesést jelent. (Csak lokálisan és kis mértékben.)
















Sínpotenciál profilok a vonathely függvényében a három táplálási módokra



Egyoldali táplálás



Kétoldali táplálás

-  BT system with 1 return conductor (RC)
-  BT system with 2 RC
-  BT syst. with 2 RC and reinforcing cond.
-  ATBT system
-  AT system
-  Parallel connected 2 track railway system with 2 return conductors
-  Parallel connected 2 track railway system with 2 return conductors
-  Section with relay communication
-  Not electrified railway
-  Feeding wire 132 kV
-  **Ramsjö** Transformer station 132 kV
-  Supply transformer 132/16.5 kV 16 MVA
-  Supply transformer 132/16.5 kV 25 MVA
-  Feeding wire (ML) or feeding cable (MK), (16.5 kV if no other is given)
-  Supply transformer 32/16 kV



A Svéd Vasutak vonalhálózata

Állapot:
2013-01-14

A vonal impedanciája és a feszültségesés (3)

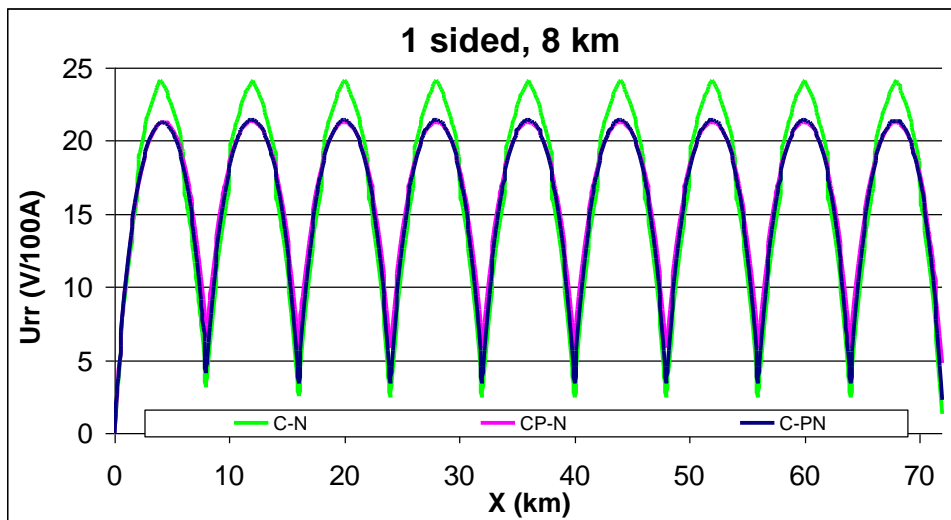
Következtetések:

1. A CP-N táplálás kisebb feszültségesést biztosít mint a C-N, a megerősített pozitív tápvezetéknek köszönhetően.
2. A feszültségesésnek helyi maximumai vannak a C-PN (szakaszolt) rendszer esetén. Ezek nagyobbak mint a C-N rendszer vonatkozó értékei. Ugyanakkor a kritikus maximum az egyoldali táplálás végpontján kisebb a C-PN rendszer esetében.
3. A feszültségesés kétoldali táplálás esetén szignifikánsan kisebb, mint az egyoldali tápláláskor.
4. A kisebb AT távolság kisebb feszültségesést jelent. (Csak lokálisan és kis mértékben.)

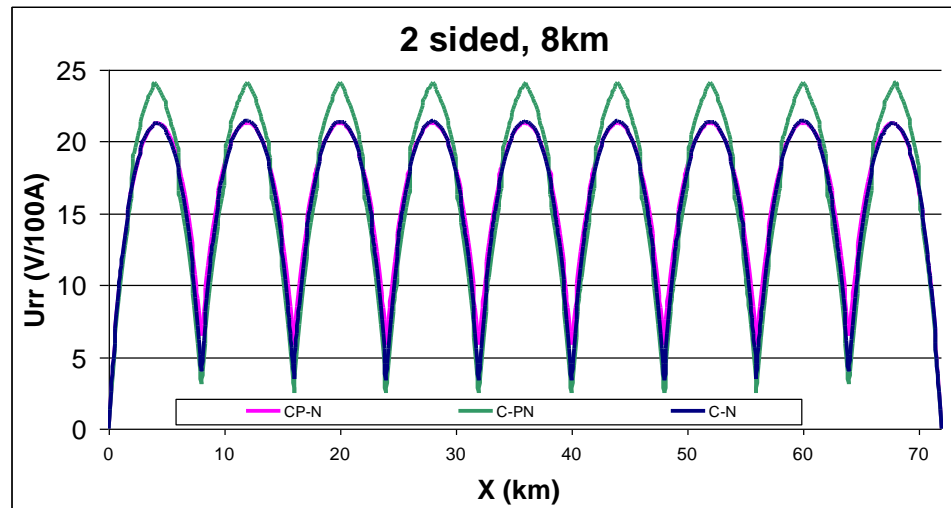
A három táplálási módzat

összehasonlítása

Sinpotenciál a vonathely függvényében

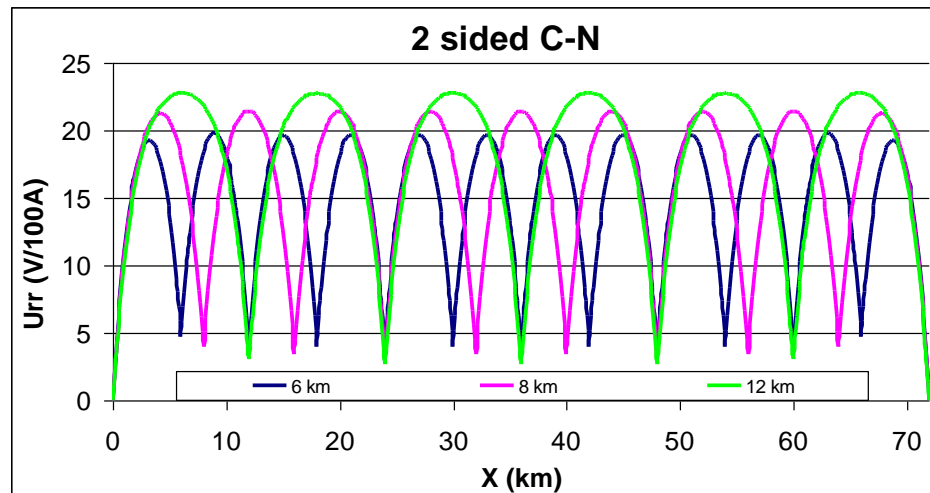
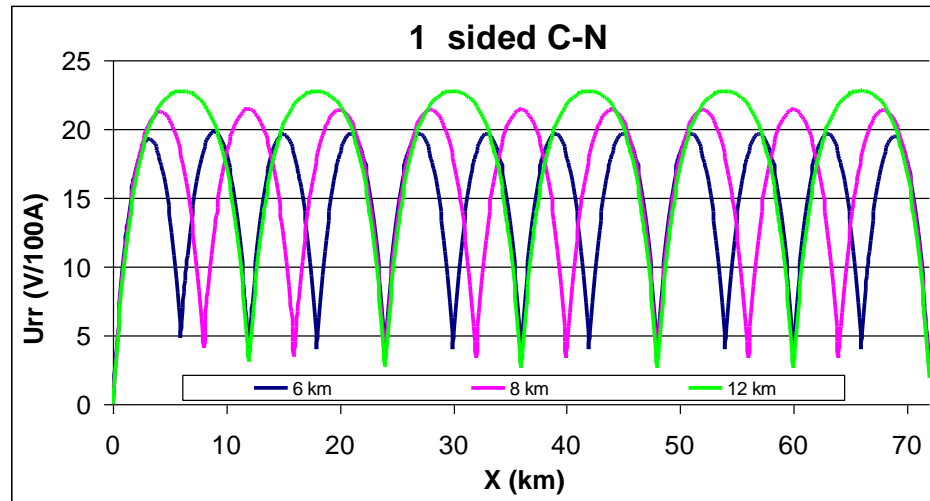


egy oldali táplálás



két oldali táplálás

Sínfeszültség összehasonlítása három AT távolságra (6, 8 és 12 km-re)



Sínpotenciál profilok (3)

Következtetések:

1. A három táplálási módozat sínpotenciálja között nincs szignifikáns különbség. A **legnagyobb** sínpotenciált **a C-N táplálási rendszer okozza.**
2. **Nincs különbség** a sínpotenciál tekintetében **az egy- és kétoldali táplálások között.**
3. A sínpotenciál kis mértékben **nő az AT távolság növekedésével.**

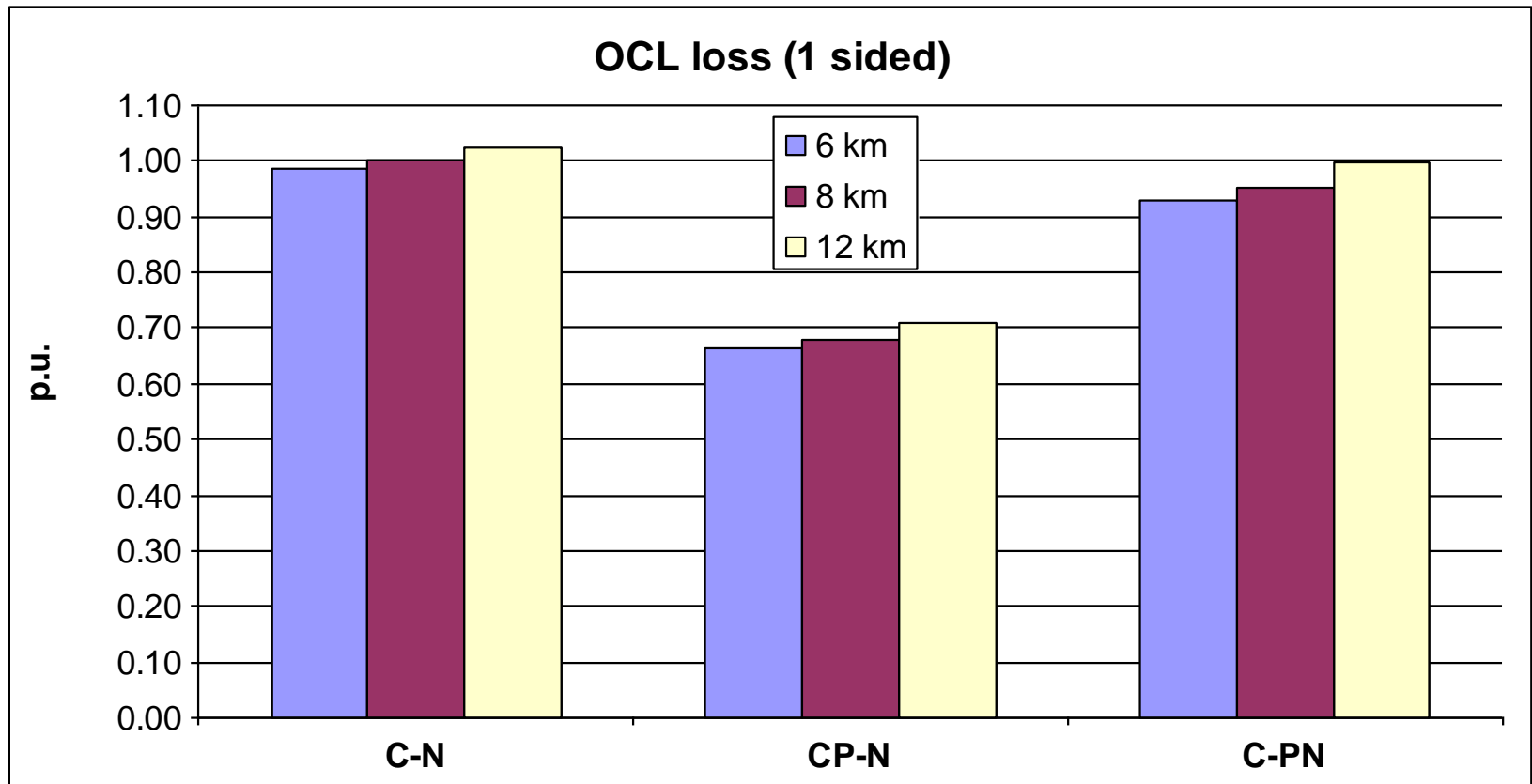
A veszteségek összehasonlítása (1)

A veszteség összehasonlítás alapkonceptiója :

- Feltételeztük, hogy a vontatójármű a teljes tápszakaszon egyenletes terheléssel, **egyenletes áramfelvétel** (100 A) mellett egyenletes sebességgel halad.
- A veszteségek normalizálva relatív egységekben kerültek ábrázolásra, a **viszonyítási alap a C-N rendszer vesztesége**.
- A vezetők veszteségei (a földet is beleértve) és az **AT-k veszteségei külön** kerültek összehasonlításra.

A három táplálási módozat összehasonlítása a három AT távolság esetén.

Alap: egy oldalról táplált C-N

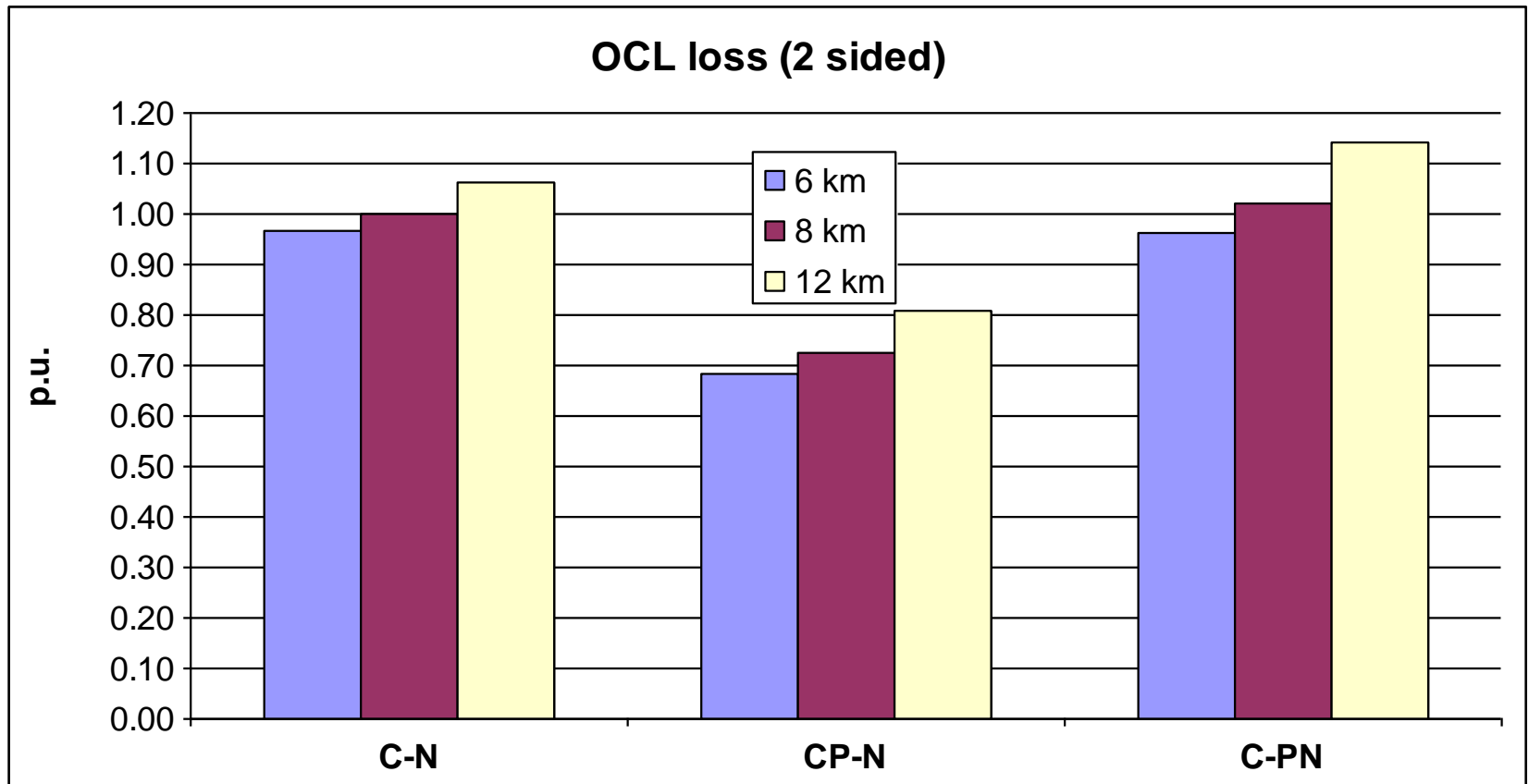


Veszteségek összehasonlítása

Vonal vesztesége (3)

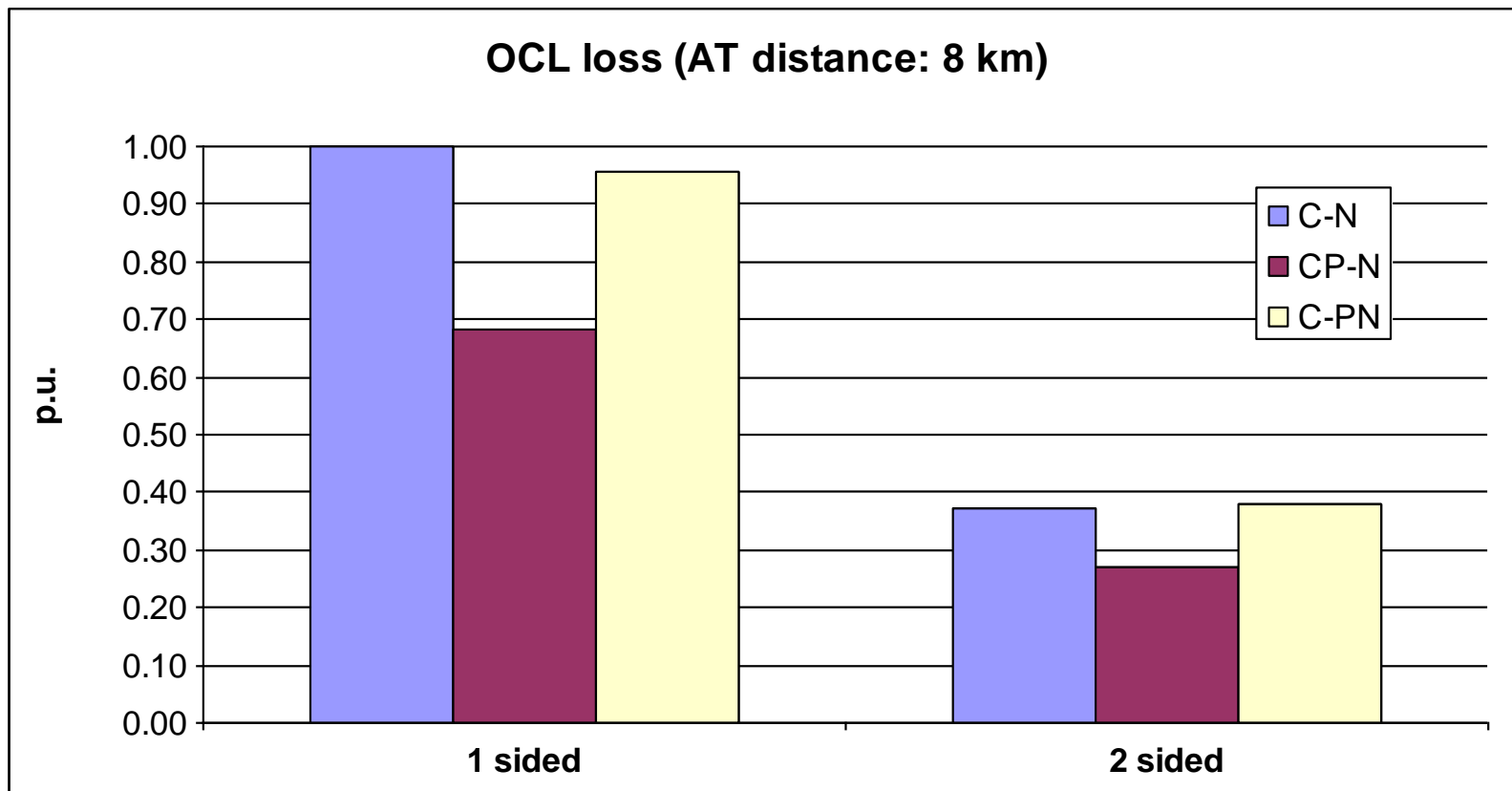
A három táplálási módzat összehasonlítása a három AT távolság esetén.

Alap: két oldalról táplált C-N



A három táplálási módozat összehasonlítása egy és kétoldali táplálás esetén.

Közös **alap: egyoldali táplálás**



Veszteségek összehasonlítása

Vonal vesztesége (5)

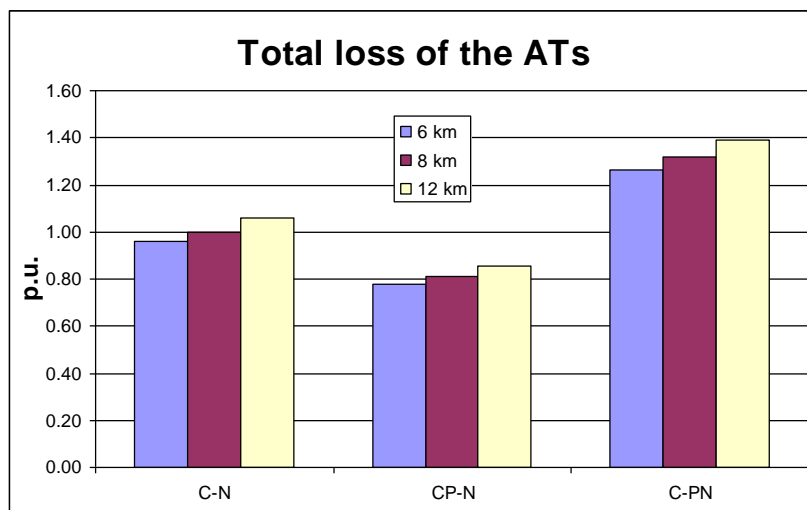
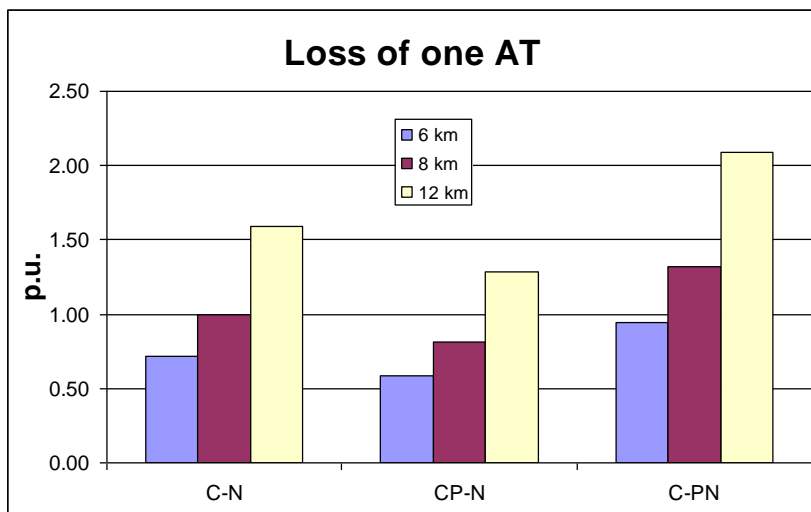
Következtetések:

1. Gyakorlatilag a vonal vesztesége azonos a C-N és C-PN rendszerek esetében és kisebb CP-N rendszerénél, 30%-kal.
2. A vonal vesztesége kis mértékben nagyobb az AT távolságok növekedésével.
3. A vonal vesztesége szignifikánsan kisebb (1/3 körül) a kétoldali táplálás esetén. (Egyoldalihoz viszonyítva)

NB: Árameloszlás rajza csatolva.

Veszteségek összehasonlítása

AT veszteségek (5)



Összehasonlítás:

- Különbféle táplálási módok
- Különbféle AT távolságok

Következtetések:

- Egy AT vesztesége nő az AT távolság növekedésével.
- A teljes AT veszteség csak kis mértékben nő az AT távolság növekedésével.
- Az AT veszteségek kisebbek (20%-kal) a CP-N esetben és nagyobbak (25%-kal) a C-PN esetben a C-N esethez viszonyítva.

Indukáló áram (1)

Feltételezés: A kölcsönös távolság a vasúti vonal és az indukált vonal között nagyobb, mint a vasúti vonal vezetői közötti távolság. **Ez a kölcsönös távolság nagyobb mint 20-50 m.**

Következésképpen az indukáló hatás jellemezhető az **ekvivalens áramintegrállal I_e** amely **vezetők áramának összege**, azaz a föld árama.

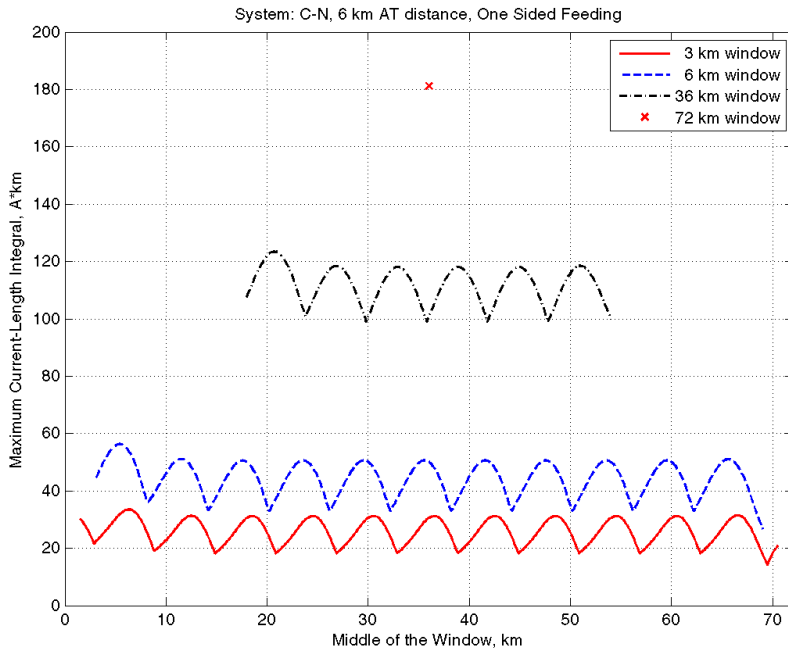
A különböző indukálási hosszak figyelembe vétele az **indukáló áram integrálási hosszának** megfelelő különböző ablakhosszak segítségével történik.

A hossz-ablak 100 m-es lépésekben kerül mozgatásra a tápszakaszméntén és az áramintegrál maximuma kerül meghatározásra minden vonatpozícióhoz tartozó ablak esetében.

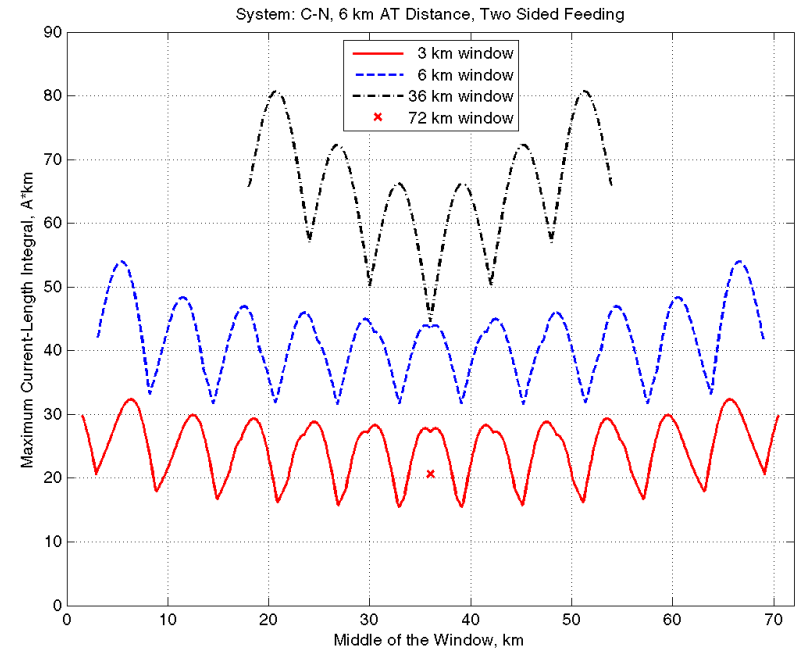
Az áramintegrál maximum értékei **az ablak közép pozíciójának függvényében** ábrázoljuk.

Indukáló áram (2)

C-N rendszer, 3, 6, 36 és 72 km ablakhossz



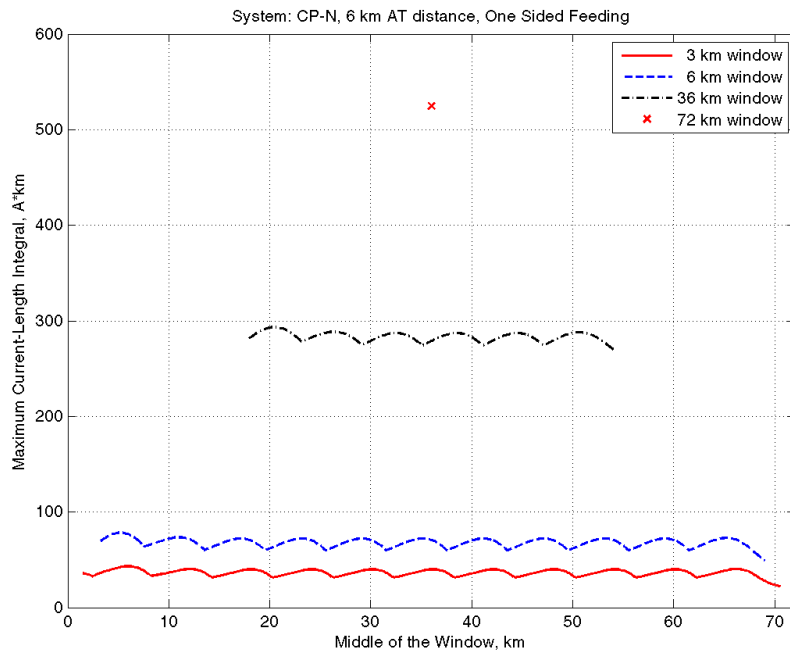
egyoldali



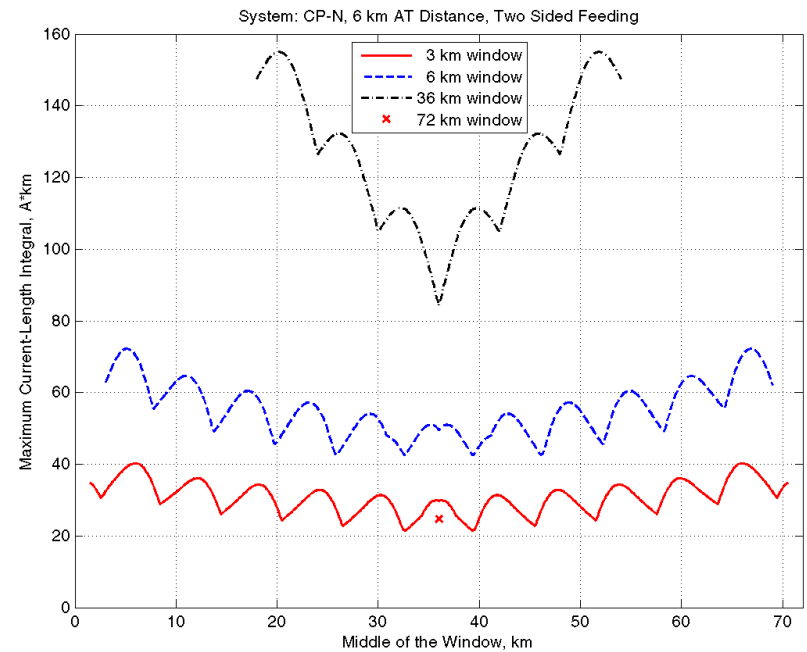
kétoldali

Indukáló áram (3)

CP-N rendszer, 3, 6, 36 és 72 km ablakhossz



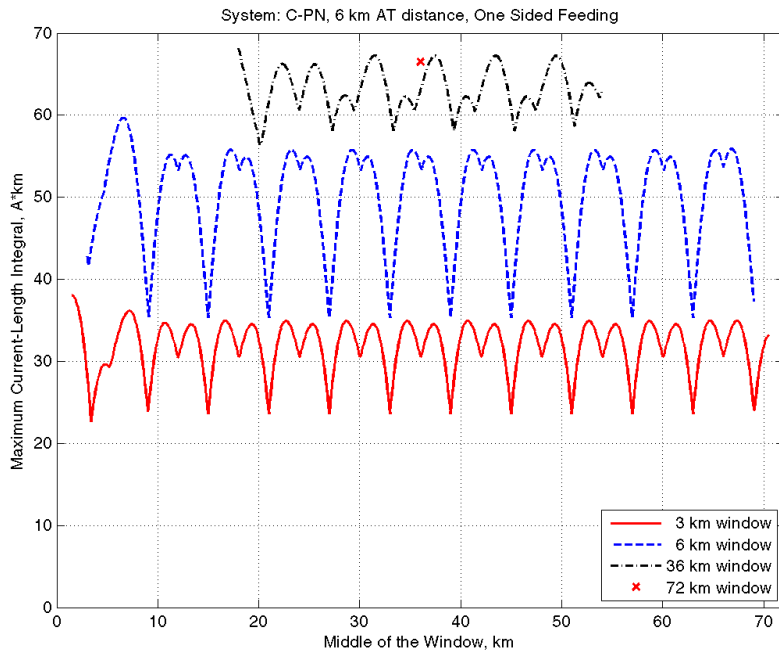
egyoldali



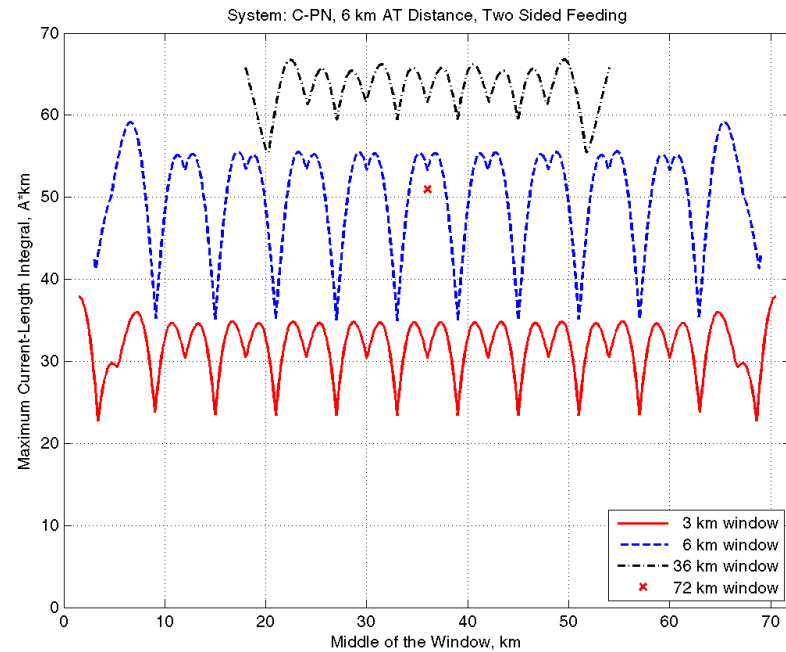
kétoldali

Indukáló áram (4)

C-PN rendszer, 3, 6, 36 és 72 km ablakhossz



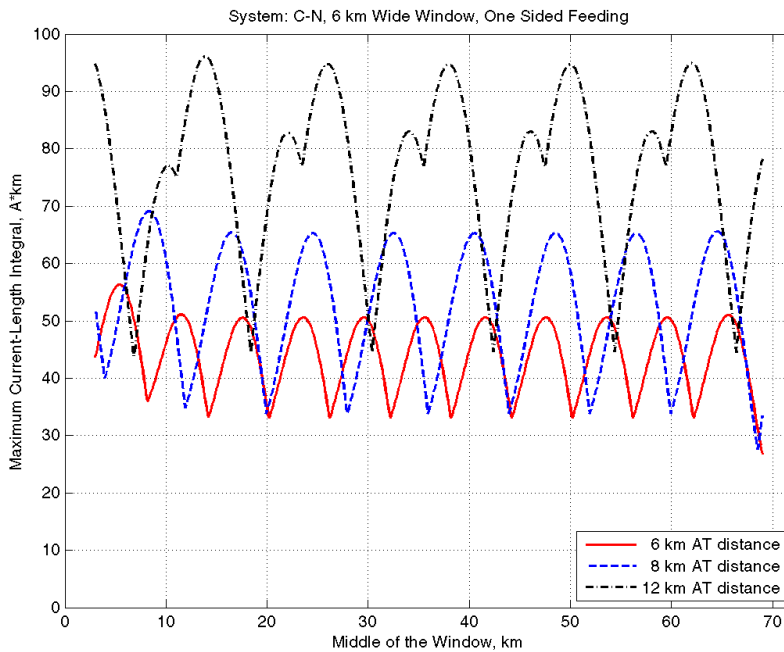
egyoldali



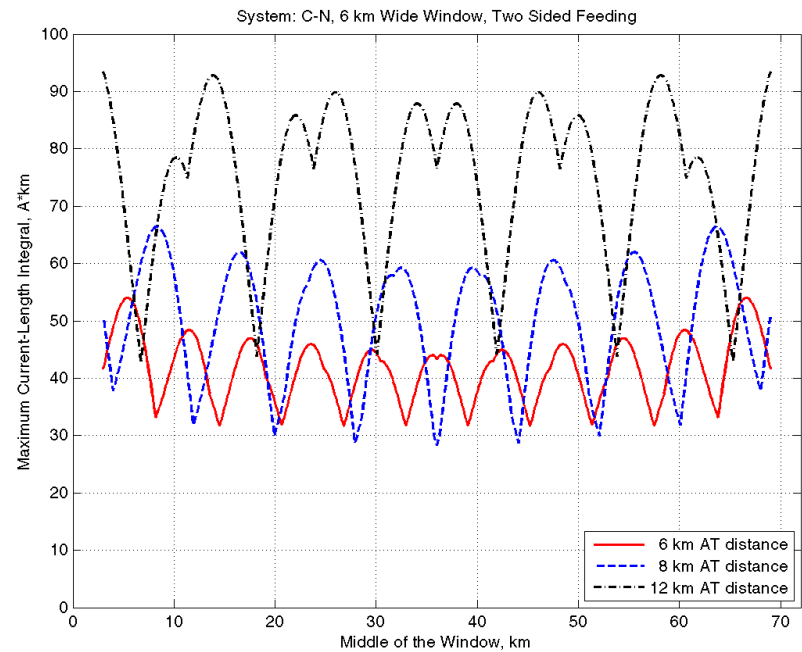
kétoldali

Indukáló áram (5)

C-N rendszer, AT távolságok: 6, 8, 12 km, ablak: 6 km



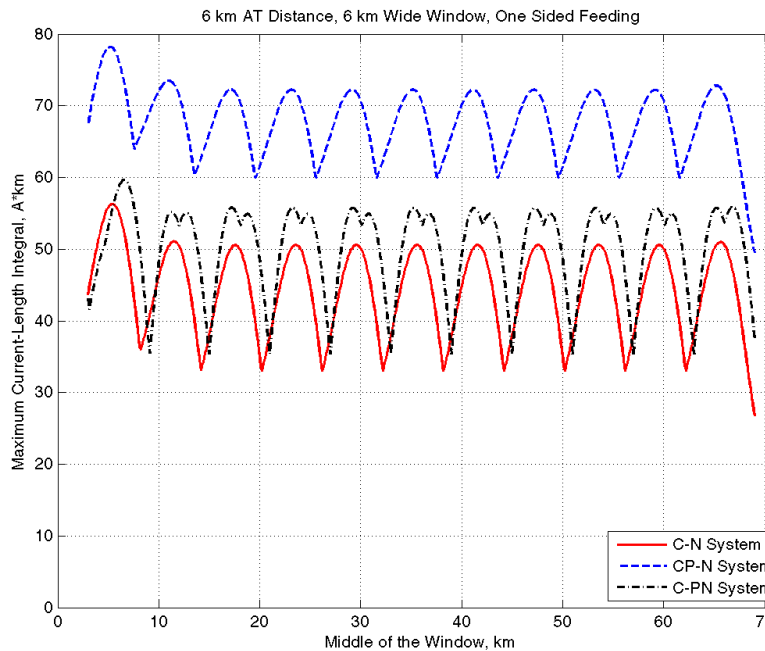
egyoldali



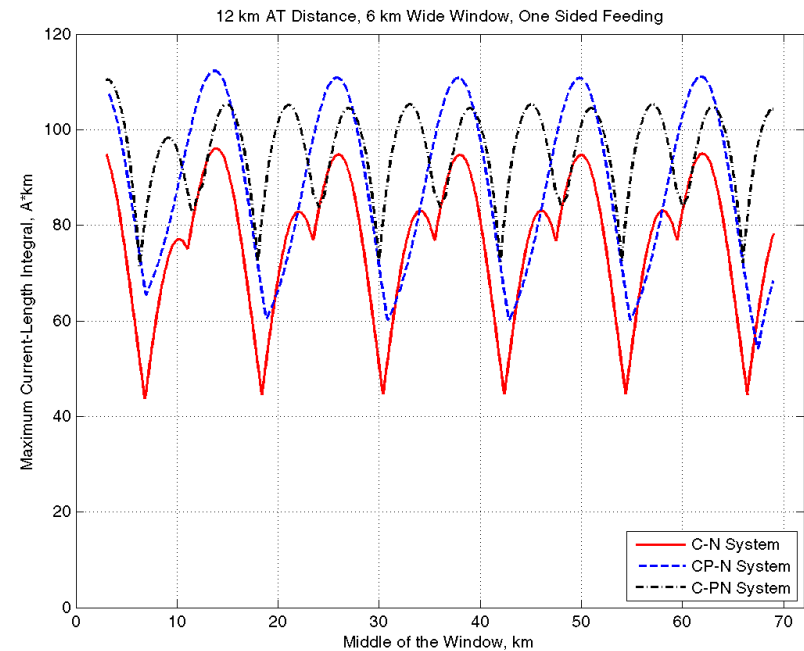
kétoldali

Indukáló áram (6)

C-N, CP-N és C-PN rendszerek, ablak: 6 km



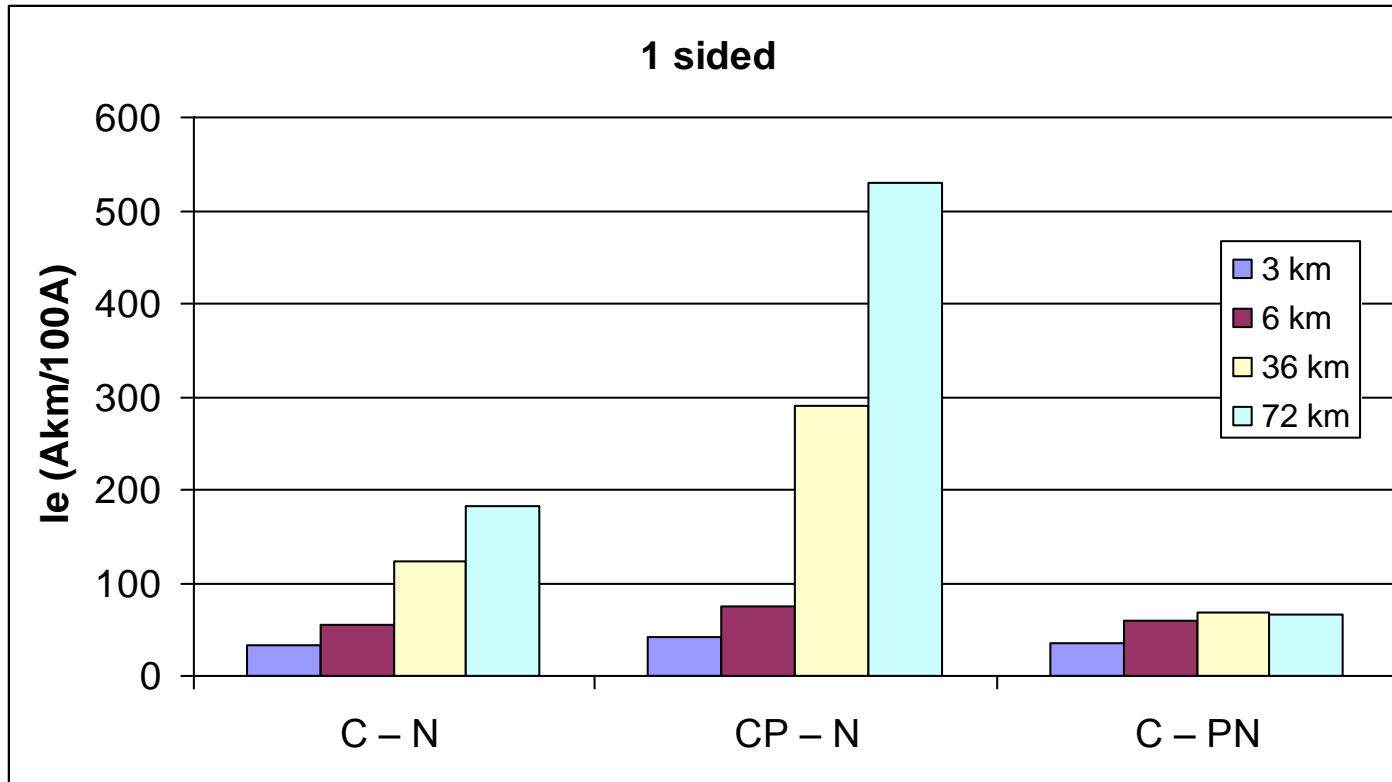
AT távolság: 6 km



AT távolság: 12 km

Indukáló áram (7)

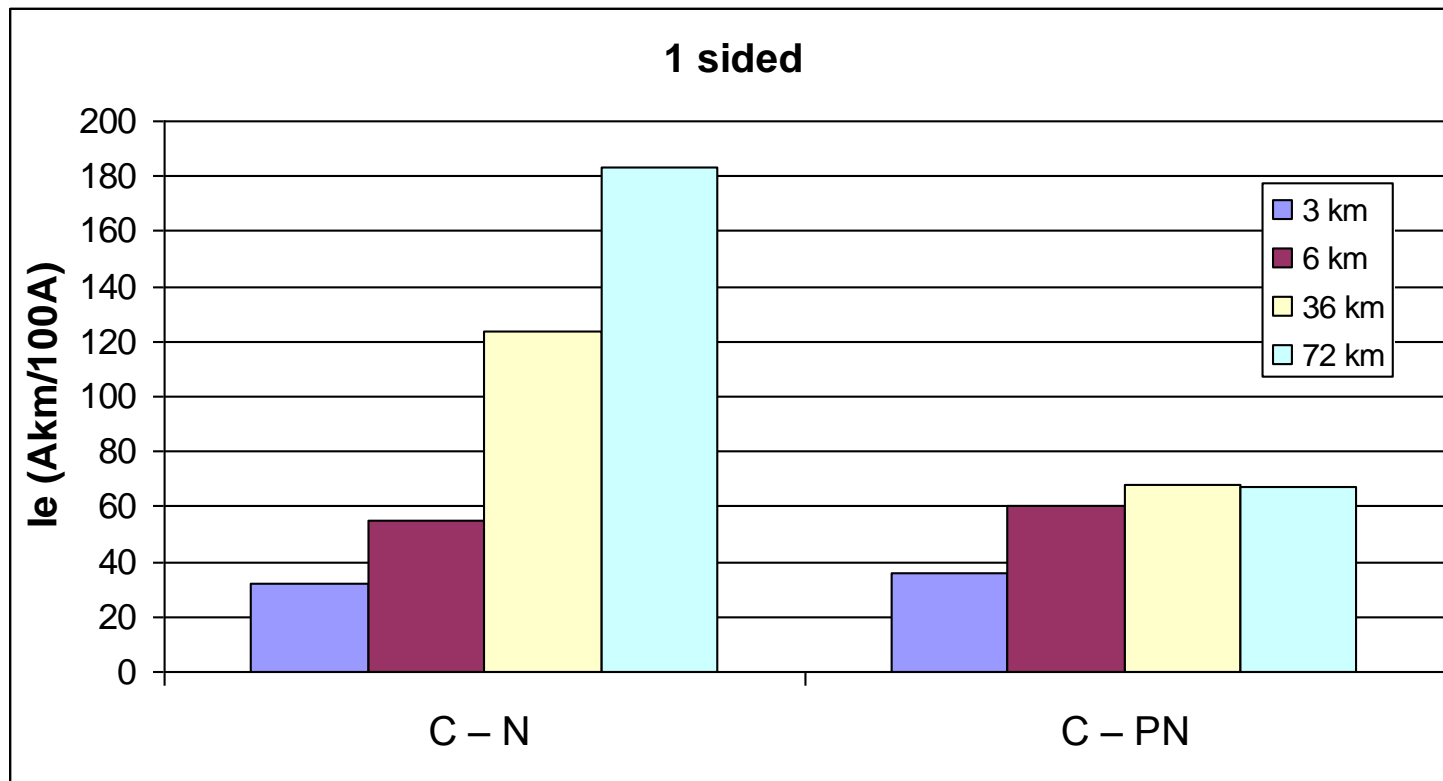
A három táplálási módozat különféle ablakhossz esetén



Egyoldali táplálás

Indukáló áram (8)

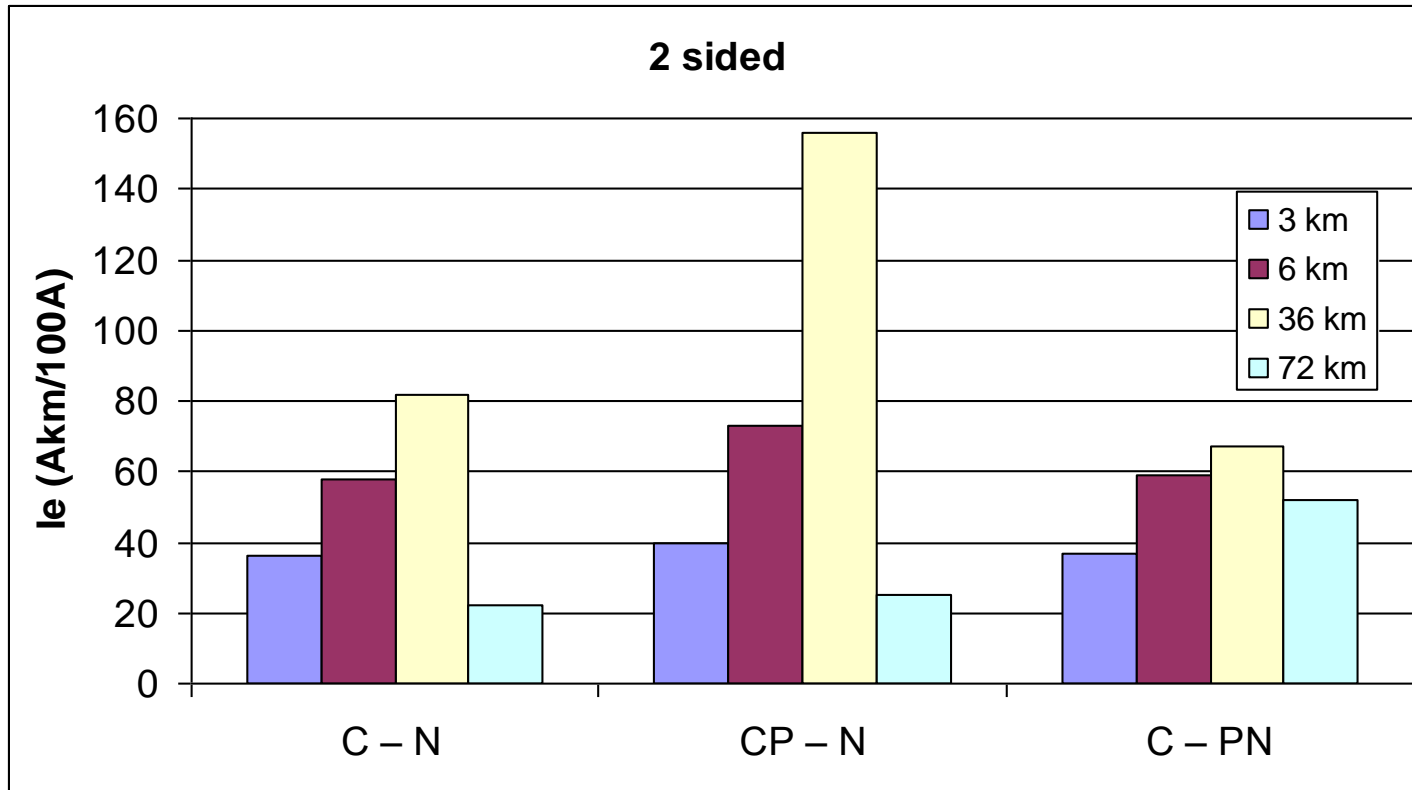
C-N és C-PN rendszerek különböző ablakhossz esetén



Egyoldali táplálás

Indukáló áram (9)

A három rendszer különféle ablakhossz esetén



Kétoldali táplálás

Indukáló áram (10)

Animáció: ekvivalens indukáló áramok, I_e
„AT_systems_le_anim_8km% „

Érdemes különös figyelmet fordítani a hosszú egyenletes rész értékeire.

Indukáló áram (11)

Következtetések:

Hosszú indukáló szakaszra:

1. A CP-N rendszer nagy ekvivalens I_e indukáló áramot eredményez különösen egy oldali táplálás esetén.

2. The C-PN rendszer kisebb ekvivalens I_e indukáló áramot eredményez különösen egy oldali táplálás esetén. Ezen állítások a C-N rendszerhez való viszonyításon alapulnak.

Záró megállapítások:

A pozitív és negatív tápvezetékekkel és szakaszolt hosszlánccal szerinti C-PN táplálási rendszer:

- A jó szimmetriája eredményeképpen, **kiemelkedő előnyökkel rendelkezik az indukáló hatás szempontjából**, különösen egyoldalú táplálás esetén
- A kikapcsolt hosszlánc esetén meglévő áttáplálási képessége folytán **előnyös a hibaelhárítás és a karbantartás szempontjából**.

Áramvisszavezető védőtényezőt javító hatása



Visszavezető rendszer védőtényezője 50 Hz-re ha a vonalon van vagy nincs áramvisszavezető

Szakasz típusa	Áramvisszavezető ÁVV alkalmazva	AT szakasz hossza [km]		
		15	10	5
Vonatos szakasz, maximum	van	0,22	0,18	0,12
	nincs	0,26	0,22	0,14
Nem vonatos szakasz, állandósult	van	0,08	0,07	0,07
	nincs	0,09	0,07	0,07



Visszavezető rendszer **védőtényezője 800 Hz-re**
 ha a vonalon van vagy nincs áramvisszavezető

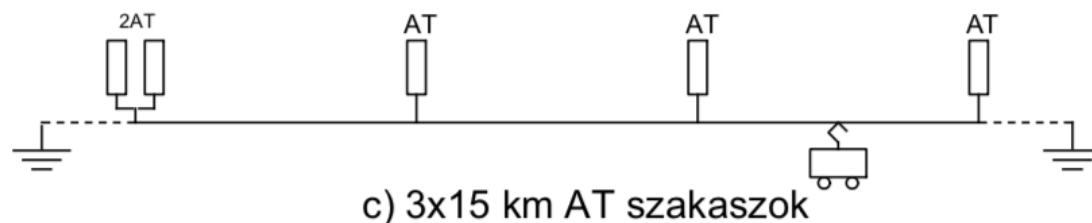
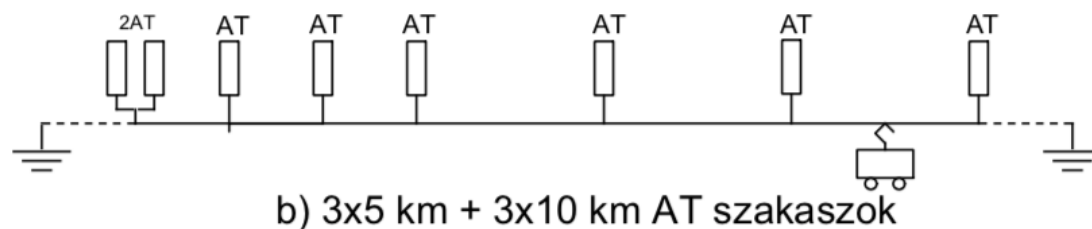
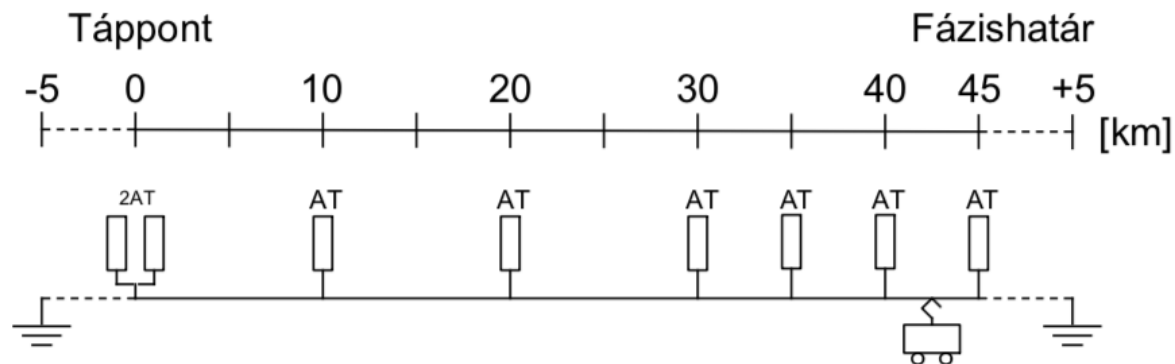
Szakasz típusa	Áramvisszavezető ÁVV alkalmazva	AT szakasz hossza [km]		
		15	10	5
Vonatos szakasz, maximum	van	0,27	0,27	0,27
	nincs	0,32	0,31	0,3
Nem vonatos szakasz, állandósult	van	0,12	0,11	0,11
	nincs	0,14	0,13	0,13



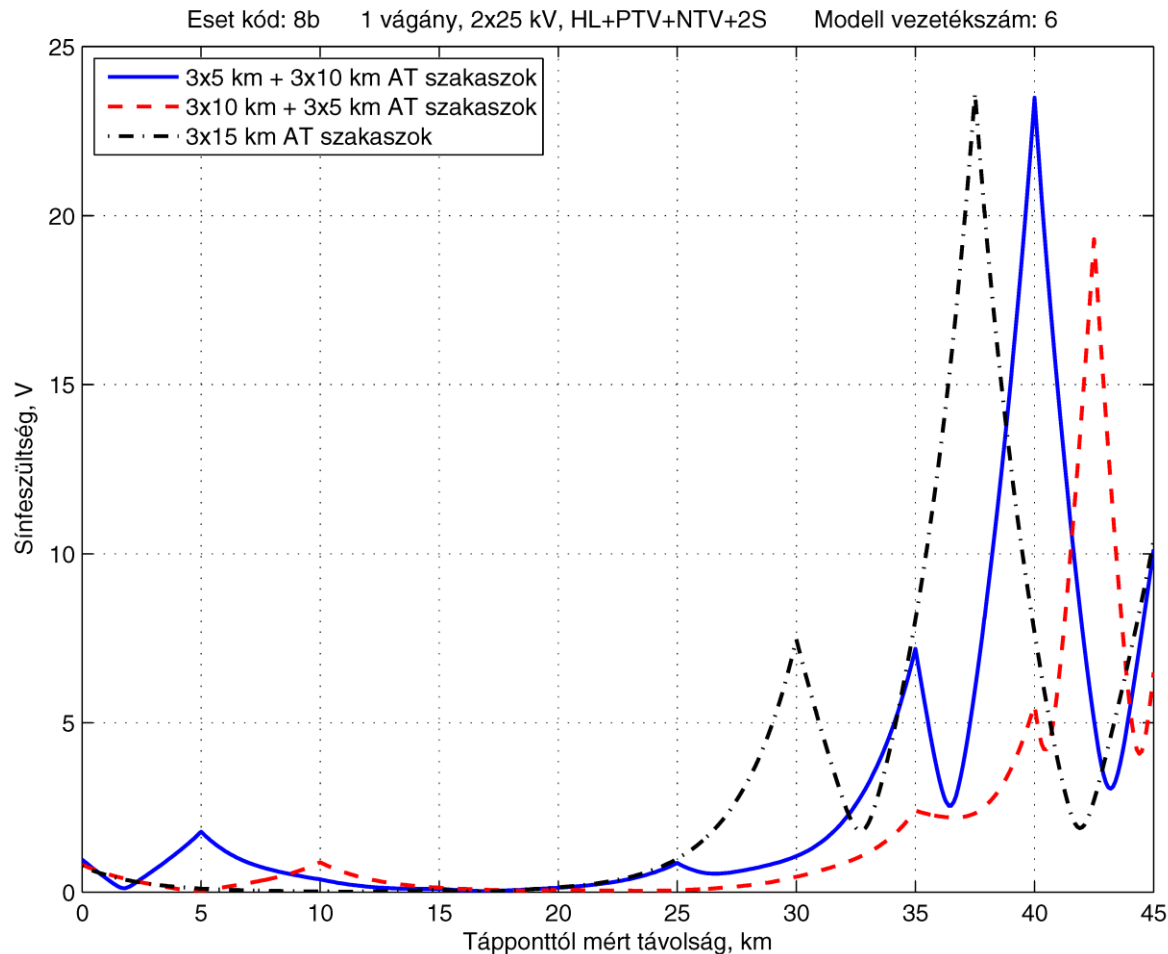
Sínfeszültségek autótranszformátoros táplálás esetén



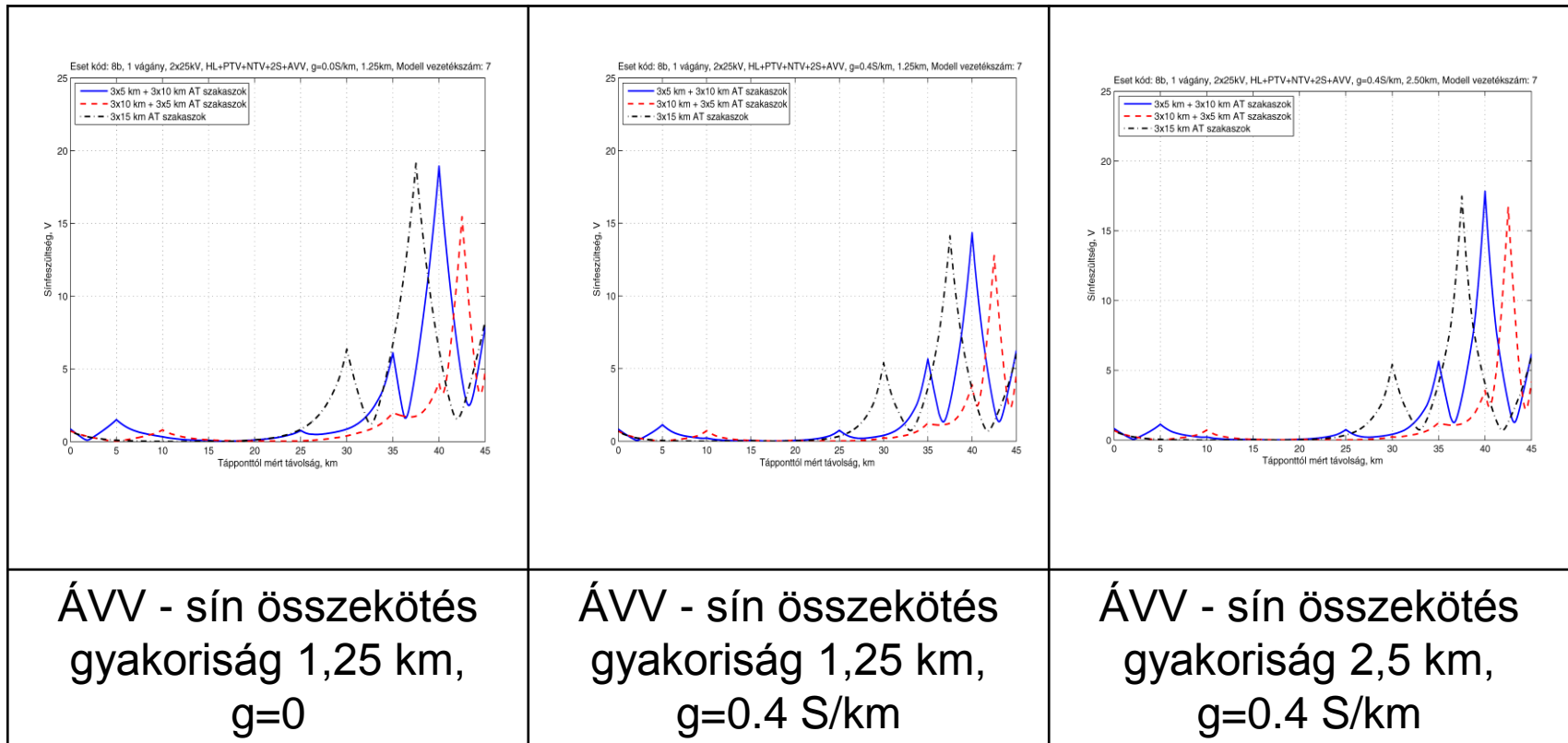
A vizsgált teszt vonal autótranszformátor kiosztási változatai



A sínfeszültségek tápszakasz menti hosszprofilja, ÁVV alkalmazása nélkül vizsgált három AT kiosztásra, vonatáram 100 A



A sínfeszültségek hosszprofilja a vonathely függvényében, három ÁVV változatra és három ATr kiosztásra, vonatáram 100 A



Maximális sínfeszültségek vonathelynél autótranszformátoros táplálásnál [V/100 A[]

A vonathelynél fellépő maximális feszültségek, [V / 100 A]													b) / 0) esetek viszonyított értéke		
0) ÁVV nincs	a) ÁVV van levezetés nélkül, 1,25km, g=0			b) ÁVV levezetés van, 1,25 km,g=0,4			c) ÁVV levezetés van: 2,5 km, g = 0,4								
Vonatos autótranszformátor szakasz hossza, km ¹⁾															
15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	
Maximális sínfeszültségek a vonathelynél [V/100 A]															
23,5	23,5	19,0	19,1	18,9	15,5	14,1	14,3	12,8	17,5	17,8	16,7	0,62	0,61	0,67	
A 300 mp-re megengedett érintési testfeszültséghez (60 V) tartozó vontatási áramok, [A]															
277	277	342	340	344	419	461	455	500	371	365	389	1,66	1,64	1,46	

Megjegyzés: 1) A km-ben megadott érték a sínek és az ÁVV közötti összekötések közti távolság.



Irodalomjegyzék:

[*Horváth V.; Varjú Gy.: Hungarians adopt 2×25 kV feeding*, Railway gazette International, October 1989, pp. 721-722

Horváth V.; Varju Gy.: Das 2×25 kV Bahnstromversorgungssystem bei den Ungarische Bahnen, Elektrische Bahnen 89 (1991), Vol. 12. pp. 641-546.

Varju, Gy.: Study on application of auto-transformer system for BANVERKET, the Swedish National Rail Administration, at the Kiruna-Råtsi-Svappavaara supply feed section in comparison with boostertransformer system; Innotech Ltd, Technical Report, Budapest /Hungary, May 1995.

Varju, Gy.: Final Report on the Measurements Comparing the Booster Transformer and Auto Transformer Systems on the Råtsi Svappavaara Railway Line ; Innotech Ltd, Technical Report, Budapest /Hungary, August 1999

Bülund, A.; Deutschmann, P.; Varju Gy.: Changing from booster transformer system to autotransformer system in the Kiruna-Råtsi-Svappavaara line in Sweden, Proceedings of the 2nd International Conference on Electric Railway System. Berlin, March 23 to 2, 1999, pp. 151-155.

Gy. Varjú, F. J. Sollerkvist: Comparison of the BTRR, BTRC and the AT Traction Feeding Systems in Norway, STRI Report R02-100, Ludvika 2003.

Martinsen, F.; Nordgård, M.; Schütte, T.: A new type of autotransformer system for the railway in Norway, Elektrische Bahnen 108 (2010) Heft 8-9, pp 541-546.



A témakörhöz kapcsolódó, a MÁV-nak készített BME VET jelentések

- A felsővezetéki rendszerek impedanciája, árameloszlása, földárama és védőtényezője; *BME VET kutatási jelentés, 1996.*
- Tervezési segédlet a részletes impedancia és árameloszlás számítási dokumentáció adatainak felhasználásával; *BME VET kutatási jelentés, 1997.*
- Indukáló hatás vizsgálata és tervezési segédlet a vágányok környezetében haladó kábelekre és az MSZ EN 50122 szerint egyéb vizsgálandó szerkezetekre; ; *BME VET kutatási jelentés, 1998.*
- Vontatási energiarendszer áramütés elleni védelmének fogalomrendszere, műszaki segédlet az áram-visszavezetés kialakítására, 1. ütem; *BME VET kutatási jelentés, 2020.*
- Vontatási energiarendszer áramütés elleni védelmének fogalomrendszere, műszaki segédlet az áram-visszavezetés kialakítására, 2. ütem; *BME VET kutatási jelentés, 2021.*





Köszönöm a figyelmet!

?

E-mail: varju.gyorgy@vet.bme.hu

