

VASÚTI ERŐSÁRAMÚ KONFERENCIA
2015. NOVEMBER 17-19./ SIÓFOK – HOTEL AZÚR



**A villamos biztonság és földelés új szempontjai a
váltakozóáramú energia- és villamos vontatási
rendszerekben**

Dr. VARJÚ GYÖRGY

Professor Emeritus

BME Villamos Energetika Tanszék

Villamos Művek és Környezet Csoport

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



Témakörök:

1. Új szabványok áttekintése;
2. A villamoshálózatok földelésének szempontjai
3. Sínfeszültség;
4. Érintési feszültség értelmezése, megengedett értéke;
5. Védelmi lehetőségek és módszerek
6. Védelmi intézkedések kiefeszültségű táplálásra



Új szabványok áttekintése



Új szabványok 1kV-nál nagyobb feszültségű váltakozóáramú hálózatokra

Jelleg	Jelzet	Érvényes	Eredeti szabvány
Új alapvető	MSZ EN 50522:2011	1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű energetikai létesítmények földelése Magyar nyelvű változat megjelent: 2013. november 1.	MSZ 172/2 :1994 érvényes:2013.11.01.-ig MSZ 172/3:1973 Érvényes:2013.11.01.-ig
	MSZ EN 61936-1:2011	1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű erősáramú berendezések . 1.rész: Általános szabályok	MSZ 1610-1:1970 Érvényes:2013.11.01.-ig
	MSZ EN 61936-1: 2010/A1:2014	1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű erősáramú berendezések . 1. rész: Általános szabályok	MSZ 1610
	MSZ EN 50341-1:2013	1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű szabadvezetékek . 1. rész: Általános követelmények. Közös előírások	MSZ 151-1:1986 és szabványsorozat MSZ 151/1 érvényes: 2000.06.01.-ig
	MSZE 50341-2:2014	1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű szabadvezetékek . 2. rész: Nemzeti előírások	MSZ 151 szabványsorozat
Meglévő	MSZ 151-8:2002	Erősáramú szabadvezetékek. A legfeljebb 1 kV névleges feszültségű szabadvezetékek létesítési előírásai	



Érintett kiefeszültségu harmonizált dokumentumok

- **MSZ HD 60364-1:2009**, Kiefeszültségu villamos berendezések. 1. rész: Alapelvek, az általános jellemzők elemzése, meghatározások (IEC 60364-1:2005, módosítva)
- **MSZ HD 60364-4-41:2007**, Kiefeszültségu villamos berendezések. 4-41. rész: Biztonság. **Áramütés elleni védelem** (IEC 60364-4-41:2005, módosítva)
- **MSZ HD 60364-4-442:2012**, Kiefeszültségu villamos berendezések. 4-442. rész: Biztonság. A **kiefeszültségu berendezések védelme a nagyfeszültségu rendszer földzárlata** és a kiefeszültségu rendszer hibája miatt keletkező átmeneti túlfeszültségek ellen (IEC 60364-4-44:2007, 442. fejezet, módosítva)
- **MSZ HD 60364-5-54:2012**, Kiefeszültségu villamos berendezések. 5-54. rész: A villamos szerkezetek kiválasztása és szerelése. **Földelő-berendezések és védővezetők** (IEC 60364-5-54:2011)



Az MSZ HD 60364-5-54 szerinti változások kisfeszültségű rendszerek földelésében

Változott az ún. EPH hálózat neve és kialakítási rendszere:

- **Nincs EPH** hálózat, EPH gerincvezető, EPH vezető, EPH csomópont stb.
- EPH vezetékek helyett: **Védőösszekötő-vezető**
- A **fő földelő kapocs**hoz csatlakoznak a védőösszekötő vezetők is.



Vasúti szabvány

Villamos biztonság, földelés^a és visszavezető áramkör

EN 50122-1:2011, Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock
(Az 1997-es helyett, 83 oldal)

MSZ EN 50122-1:2011/A1:2011; Vasúti alkalmazások.
Telepített berendezések.

Villamos biztonság, földelés és visszavezető áramkör.
1. rész: Áramütés elleni védőintézkedések (2 oldal
kiegészítés)



A földelési szabvány (MSZ EN 50522) **kapcsolódása** a vasúti szabványhoz (MSZ EN 50122)

A földelési szabvány tárgyának megfogalmazása:

E szabvány céljának bemutatása szempontjából a villamos létesítményen a következők értendők:

- alállomások, bele értve a **vasúti alállomásokat**;
- villamos létesítmények

A **villamos létesítmények**, többek között magukban foglalják a következőket:

- forgó villamos gépek;
- kapcsolóállomások;
- **transzformátorok** és fojtótekercecsek;
- **konverterek**.



1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű létesítmények földelésének új szempontjai



Új szempontok az MSZ EN 50522:2011 földelési szabványban

Transzferpotenciál (kivitt feszültség):

- kiefeszültségű hálózatra
Nagy és kiefeszültségű hálózatok földelésének összekötésére vagy különválasztása
- információ- és kommunikációtechnológiai (ICT) rendszerekre

Lást ITU-T Ajánlásokat:

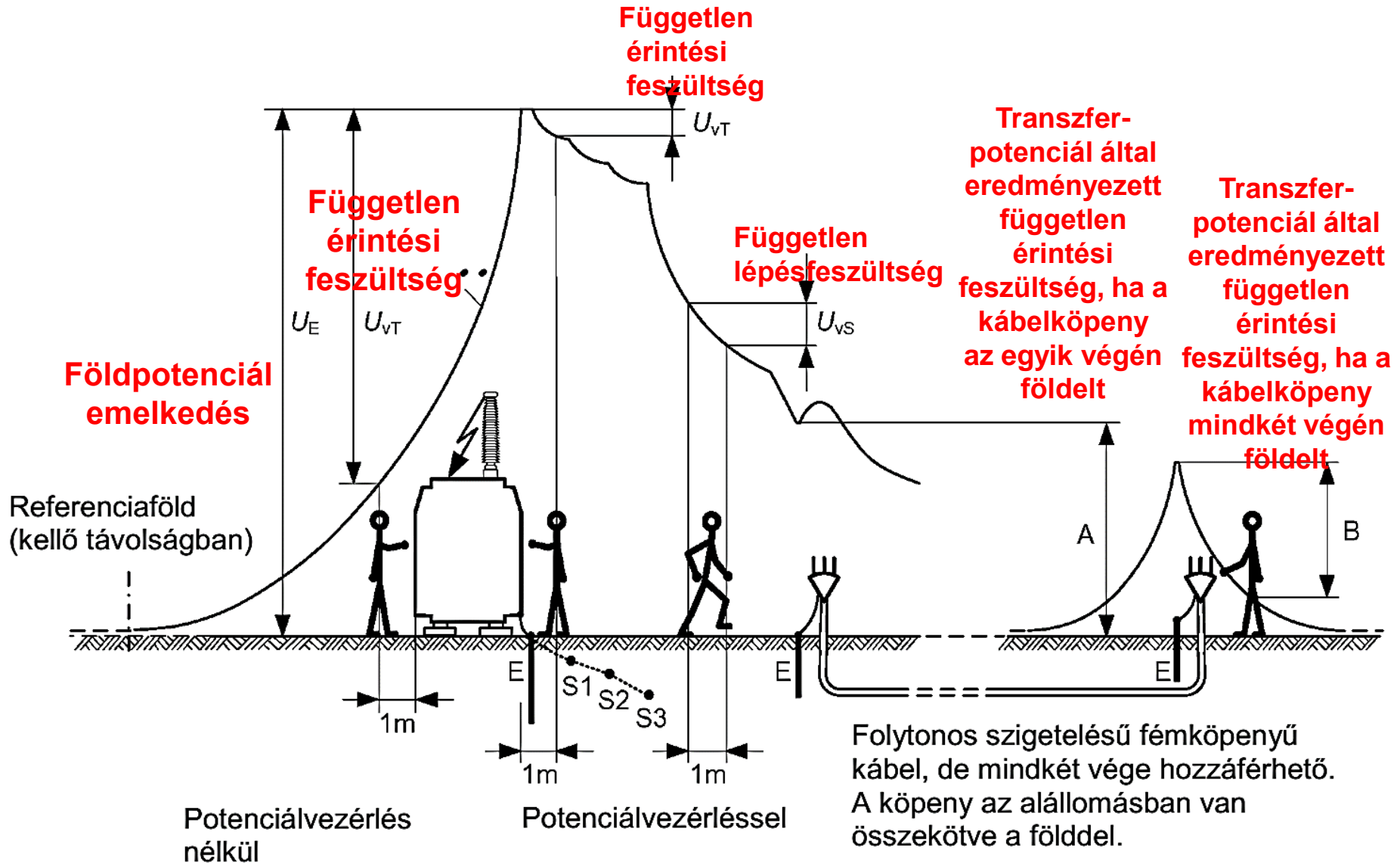
- K.68 és MSZE 19410
- K.104 Transzfer potenciál

Globális földelőrendszer (*global earthing system*):

A globális földelőrendszer **meghatározása** azon a tényen alapul, hogy egy területen nincs vagy alig van potenciálkülönbség. Az ilyen területek azonosítására **nincs egyszerű vagy kizárólagos szabály**.



Villamos biztonság szempontjából mértékadó feszültségek



Sínfeszültség animációk



Sínfeszültség szimulációs számítások eredményei 100 A vontató áramra

Ábra azonosító kódok:

- Pálya vágányszám: S1 = 1 vágány
S2 = 2 vágány
- Tartókötel: A = acél
B = bronz
- Tápvezeték: 150 = 150 mm²
240 = 240 mm²
- Földáram-visszavezető: N = nincs
V = van
- Kétvágányú pályánál: v1 = vonatos vágány
v2 = másik vágány

Táplálási rendszerek: 1×25 kV
2×25 kV



Az érintési feszültséggel kapcsolatos fogalmak a földelési és a vasúti szabványban

Fogalom	Jelölés	Szabvány jelzet	Meghatározás
test feszültség	U_b	50122	a testáram és a test impedancia szorzata
megengedett érintési feszültség	U_{Tp}	50522	emberi testen fellépő feszültség megengedett értéke
effektív érintési feszültség	U_{te}	50122	a vezető részek közötti feszültség, amikor egy személlyel vagy állattal éreinkezik
	U_T	50522	
független érintési feszültség	$U_{tp} (=U_S)$	50122	az egyidejűleg megérinthető vezető részek közötti feszültség akkor ha azok nincsenek megérintve
	U_{vT}	50522	
forrás feszültség	$U_S (=U_{tp})$	50122	forrás feszültség
	$U_{vTp} (=U_{vT})$	50522	az érintett áramkörben feszültségforrásként ható feszültség különbség olyan korlátozott értéke, amely garantálja a személyek biztonságát ismert járulékos ellenállások esetén (pl. lábeli, talpponti szigetelő anyag)



Megengedett érintési (test) feszültség az **IEC/TS 60479-1** alapján

A megengedett érintési (test) feszültség összefüggés:

$$U_{Tp} = I_B(t_f) \cdot \frac{1}{HF} \cdot Z_T(U_T) \cdot BF$$

Test(áram)tényező	BF	IEC/TS 60479-1 3. ábrája szerint, 0,75 kéz és mindkét láb között, 0,50 mindkét kéz és mindkét láb között
-------------------	----	--

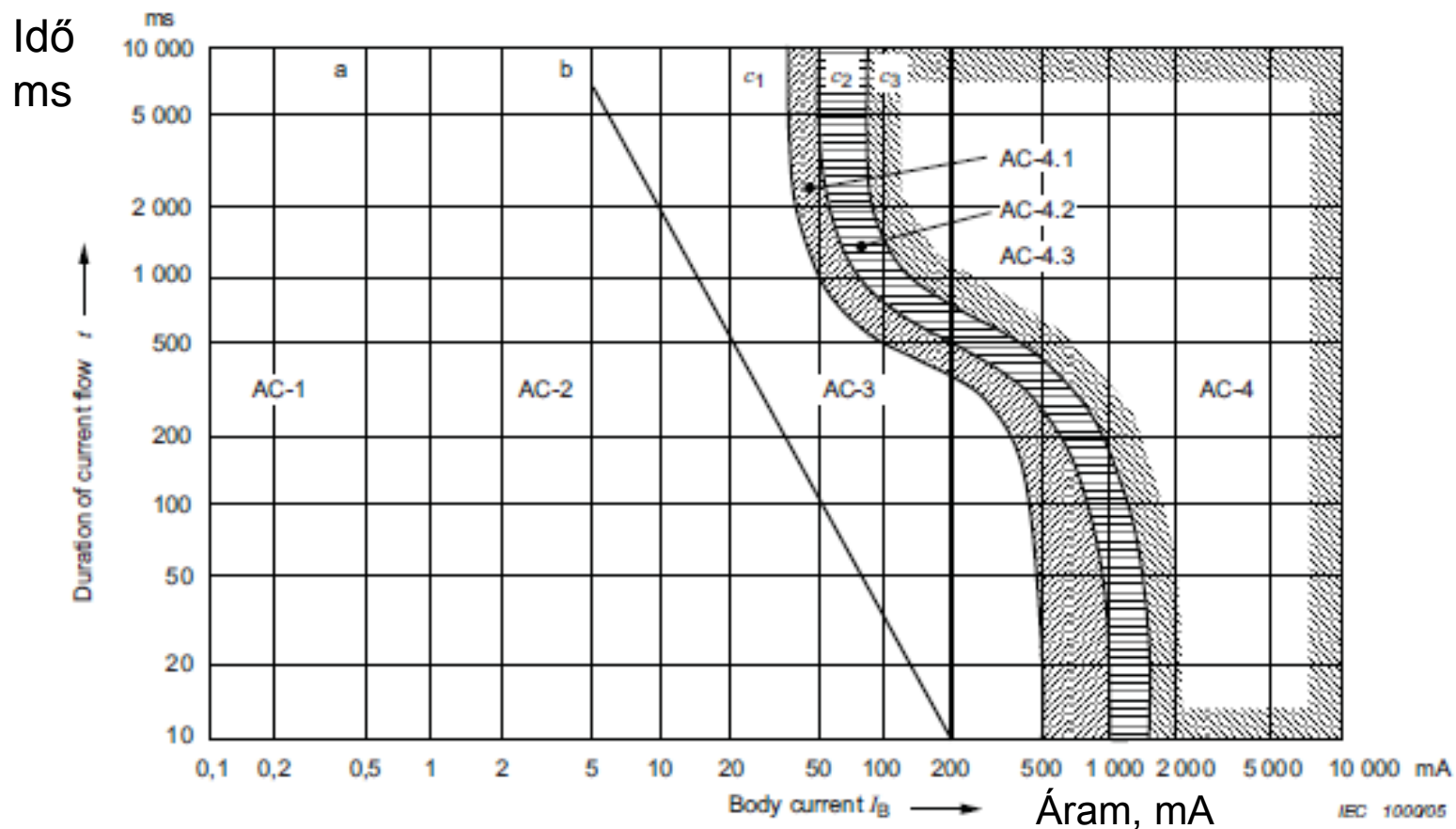
Szíváramtényező	HF	Az IEC/TS 60479-1 12. táblázata szerint, azaz 1,0 bal kéz és lábak között, 0,8 jobb kéz és lábak között; 0,4 kéz és a másik kéz között 0,04 láb-láb
-----------------	----	---

- az áramút az egy kéz és mindkét láb szerinti,
- a testimpedancia 50% valószínűség szerinti,
- a szívkamralebegés fellépése 5% valószínűség szerinti,
- nincsenek járulékos ellenállások.

		$I_B(t_f)$
Zárlati időtartam	s	Testáram mA
	0,05	900
	0,1	750
	0,2	600
	0,5	200
	1	80
	2	60
	5	51
	10	50



Hatások áram-idő függése 15-100 Hz tartományban



C₂ görbétől balra a szívkamra lebegés valószínűsége kisebb 5 %



Az idő – áram zónák leírása

Áram határok	Élettani hatások
Érzékelés 0,5 mA-ig: a görbe	Veszély érzet reakció
Reagálás 0,5 mA-tól b görbéig	Nem szándékolt izom-összehúzódnás
Elengedési határ kb. 10 mA a b görbe felett	Erős nem szándékolt izom-összehúzódnás
Szívkamra lebegés	<p>C₁ Keringés és légzés leállás felléphet</p> <p>C₂ A szívkamra lebegés valószínűsége kb. 5 %</p> <p>C₃ A szívkamra lebegés valószínűsége kb. 50 %</p>

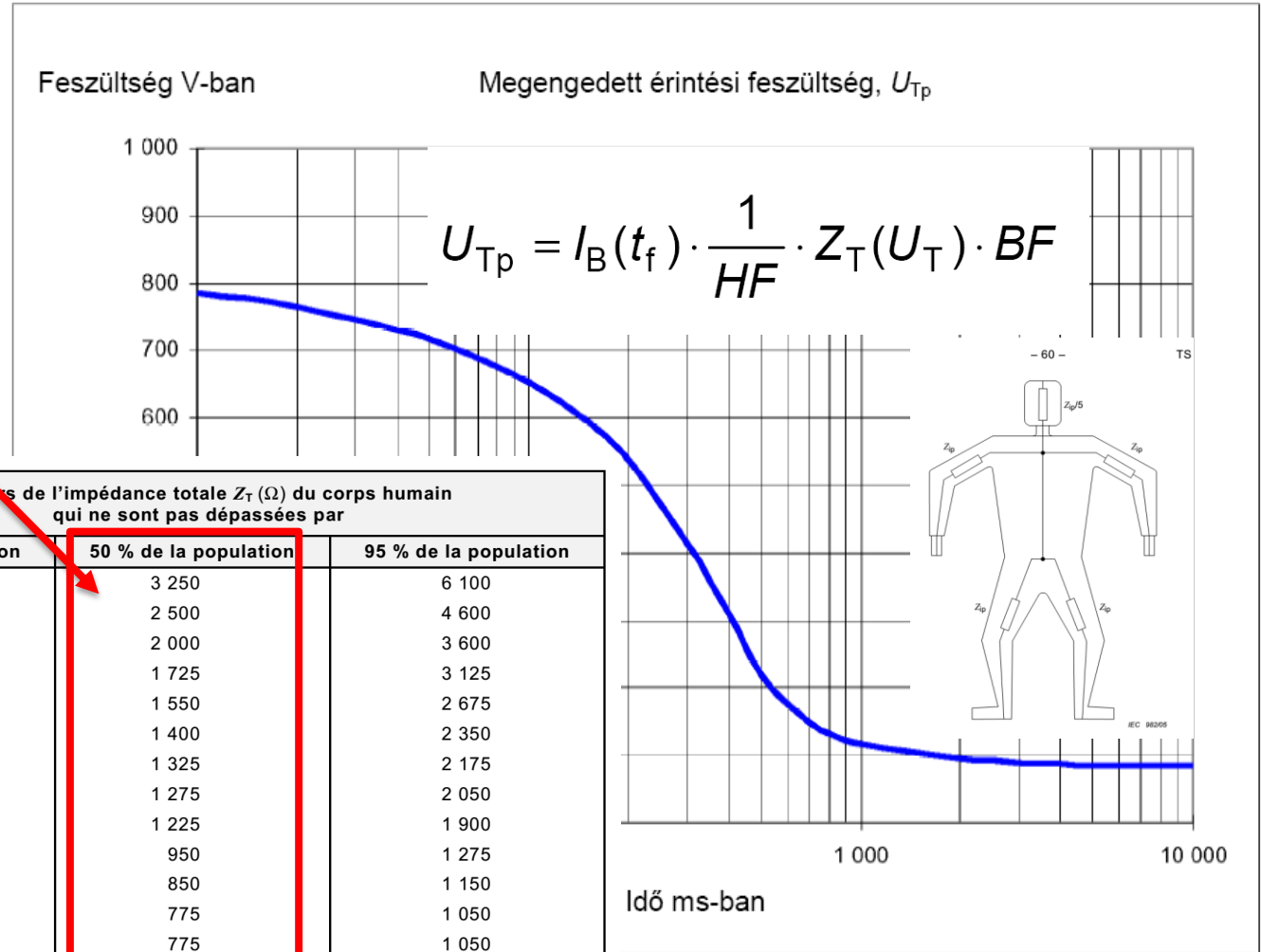


IEC/TS 60479-1 alapján tényezők

Testimpedancia: $Z_t(U_T)$

IEC/TS 60479-1 alapján
Tényezők: $Z_t(U_T)$
Testimpedancia

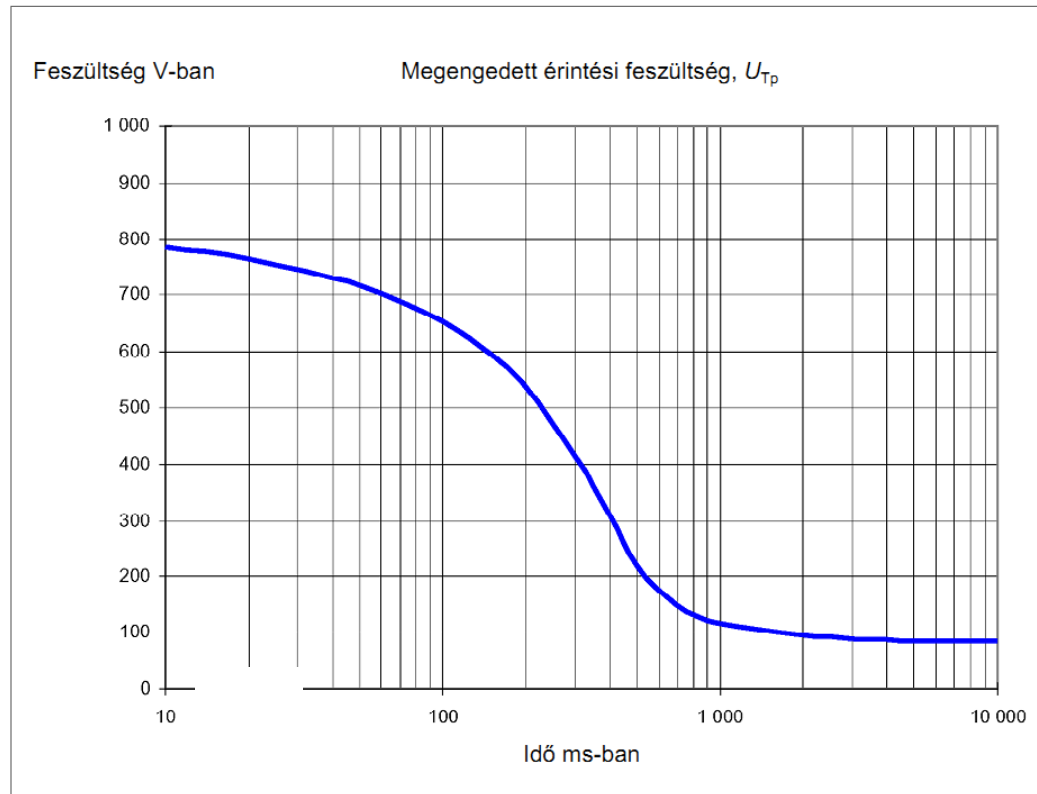
MSZ EN 50522
kéz – kéz
áramútra
ezt alkalmazza



Tension de contact V	Valeurs de l'impédance totale Z_T (Ω) du corps humain qui ne sont pas dépassées par		
	5 % de la population	50 % de la population	95 % de la population
25	1 750	3 250	6 100
50	1 375	2 500	4 600
75	1 125	2 000	3 600
100	990	1 725	3 125
125	900	1 550	2 675
150	850	1 400	2 350
175	825	1 325	2 175
200	800	1 275	2 050
225	775	1 225	1 900
400	700	950	1 275
500	625	850	1 150
700	575	775	1 050
1 000	575	775	1 050
Valeur asymptotique = impédance interne	575	775	1 050



Megengedett érintési feszültség, U_{Tp} magán az emberi testen



$$U_{Tp} = I_B(t_f) \cdot \frac{1}{HF} \cdot Z_T(U_T) \cdot BF$$

Ha az áram fennállásának **időtartama** lényegesen **hosszabb, mint 10 s**, akkor az **$U_{Tp} = 80 \text{ V}$** megengedett érintési feszültség alkalmazható.

4. ábra: Megengedett érintési feszültség

MEGJEGYZÉS: Ha az áram fennállásának időtartama lényegesen nagyobb, mint 10 s, akkor az U_{Tp} megengedett érintési feszültség értéke 80 V használható.



Kisfeszültségű és nagyfeszültségű földelő-rendszerek összekötésére vonatkozó minimális követelmények EPR (U_E) alapján való

A kisfeszültségű rendszer típusa ^{a, b}		EPR – követelmények		
		Érintési feszültség	Igénybevételi feszültség ^c	
			Zárlati időtartam $t_f \leq 5 \text{ s}$	Zárlati időtartam $t_f > 5 \text{ s}$
TT		Nem alkalmazható	$EPR \leq 1200 \text{ V}$	$EPR \leq 250 \text{ V}$
TN		$E_{PR} \leq F \times U_{Tp}$ ^{d, e}	$EPR \leq 1200 \text{ V}$	$EPR \leq 250 \text{ V}$
IT	A védőföldelő-vezető ki van építve	Mint a TN-rendszerben	$EPR \leq 1200 \text{ V}$	$EPR \leq 250 \text{ V}$
	A védőföldelő-vezető nincs kiépítve	Nem alkalmazható	$EPR \leq 1200 \text{ V}$	$EPR \leq 250 \text{ V}$

^a A kisfeszültségű rendszerek típusainak meghatározásait lásd a **HD 60364-1**-ben.
^b A távközlési rendszerek esetében az **ITU-irányelveket** ajánlatos alkalmazni.
^c A határérték megemelhető megfelelő kisfeszültségű szerkezetek alkalmazása esetén vagy az EPR helyettesíthető méréssel vagy számítással meghatározott potenciálkülönbségekkel.
^d Ha a kisfeszültségű rendszer PEN-vezetője vagy nullavezetője csak a nagyfeszültségű földelőrendszerrel van összekötve, akkor az F értékét 1-nek kell venni.
^e U_{Tp} a 4. ábra szeinti.



A nagy- (NAF) és kiefeszültségű (KIF) földelések összeköthetőségének feltétele (KIF hálózatra kivitt transzferpotenciál feltétel)

A megengedett érintési feszültség U_{Tp} számított értékei a hiba fennállásának t_f időtartama függvényében a (MSZ EN 50522 B.3 táblázata szerint)

Hiba fennállásának időtartama t_f [s]	Megengedett érintési feszültség U_{Tp} [V]	Megengedett EPR $EPR \leq 2U_{Tp}$ határ ¹⁾ [V]
0.05	716	1432
0.10	654	1308
0.20	537	1074
0.50	220	440
1.00	117	234
2.00	96	192
5.00	86	172
10.00 ²⁾	85	170

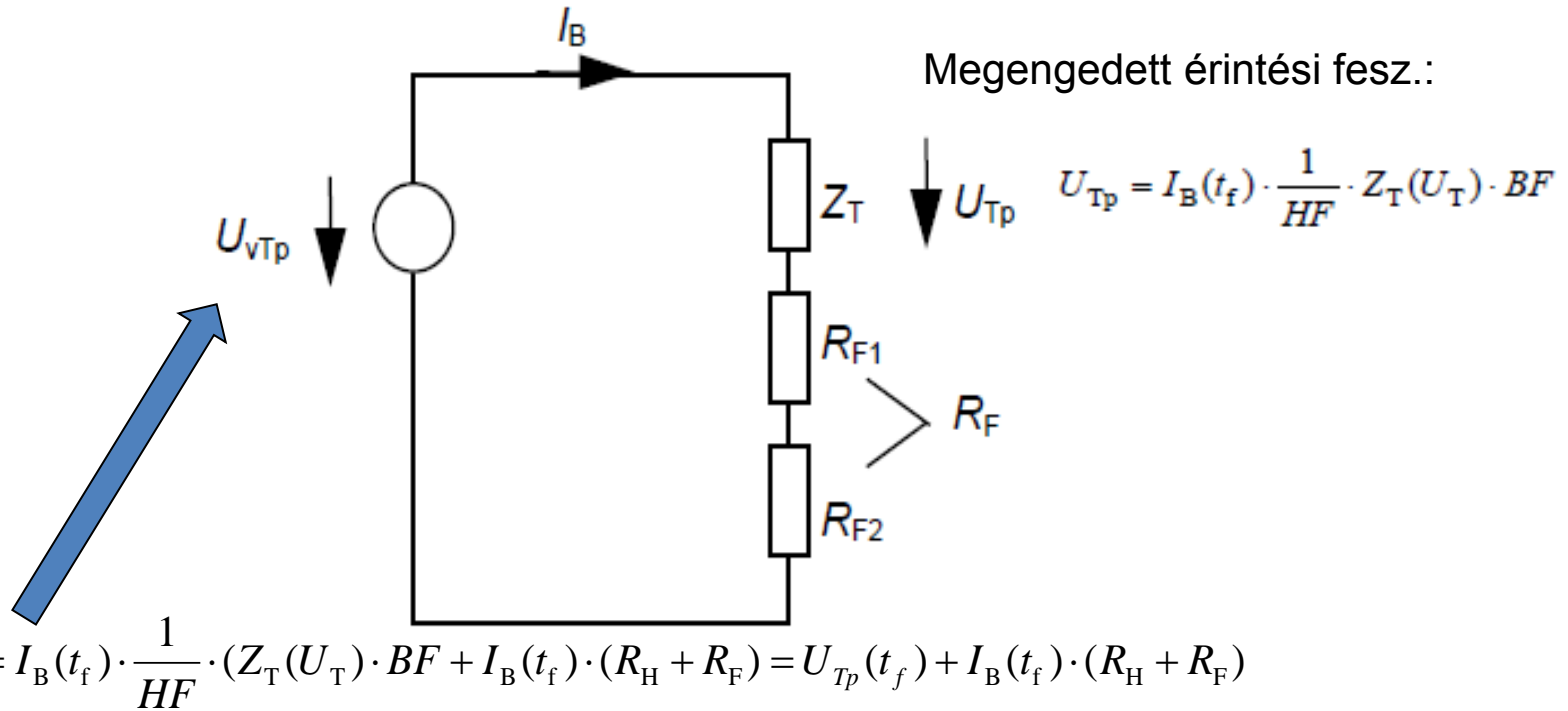
F értéke TN rendszerű KIF hálózat esetén általában: **F=2**, ami arra alapozott, hogy a személyen (a testimpedancián) létrejövő tényleges érintési feszültség nem nagyobb mint az U_{VT} független érintési feszültség



Független megengedett érintési feszültség,

$$U_{vTp}$$

(Prospective touch voltage: (MSZ EN 50522))



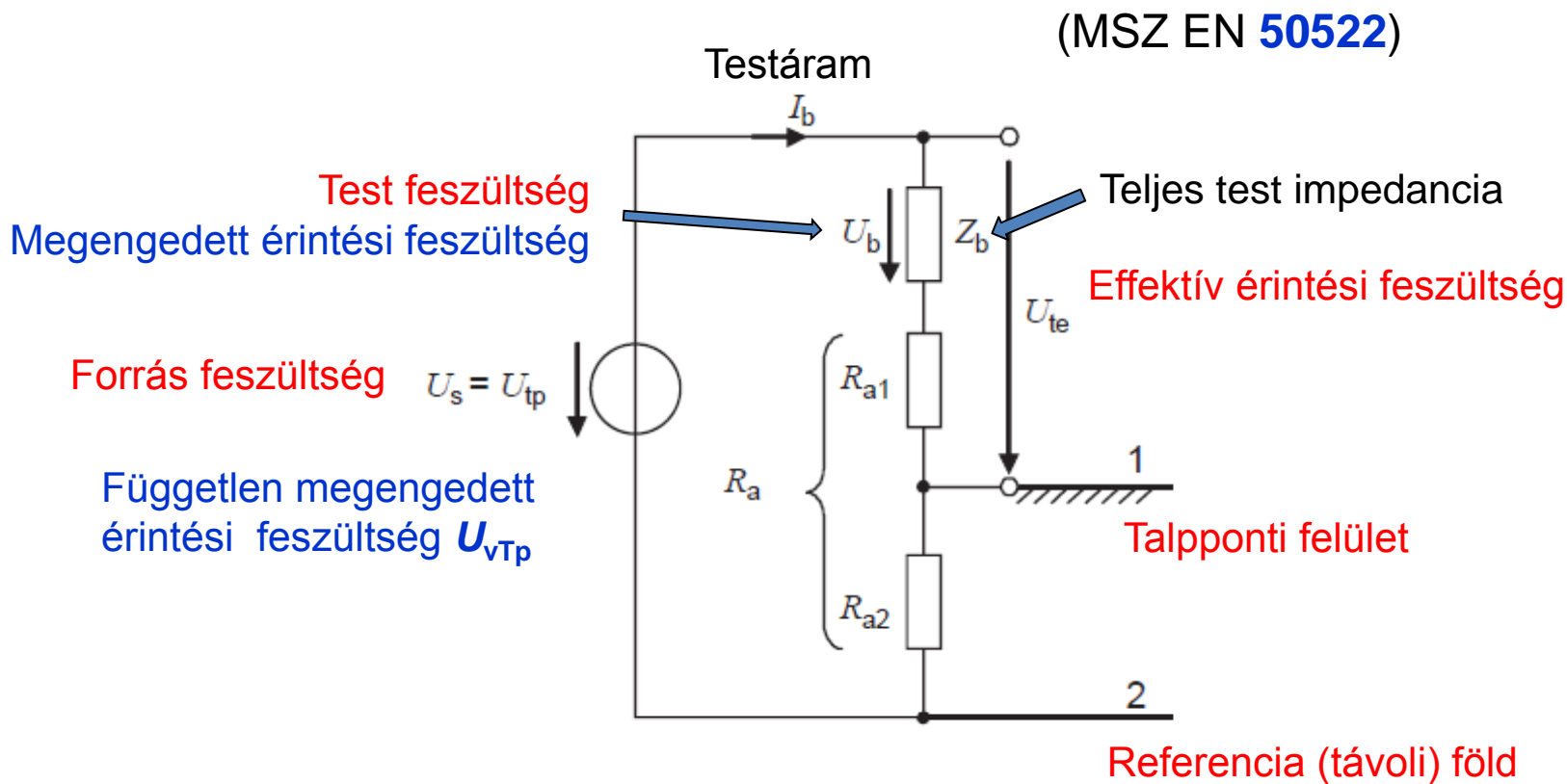
Megengedett független (prospective) érintési feszültség

R_H a járulékos kéz ellenállás
 R_F a járulékos talpponti ellenállás.

Helyettesítő vázlat a független érintési feszültség számítására
 a **földelési szabvány szerint**



Feszültség értelmezések a vasúti szabvány szerint (Prospective touch voltage: (MSZ EN 50122)



Helyettesítő vázlat a független érintési feszültség számítására
a **vasúti szabvány** szerint



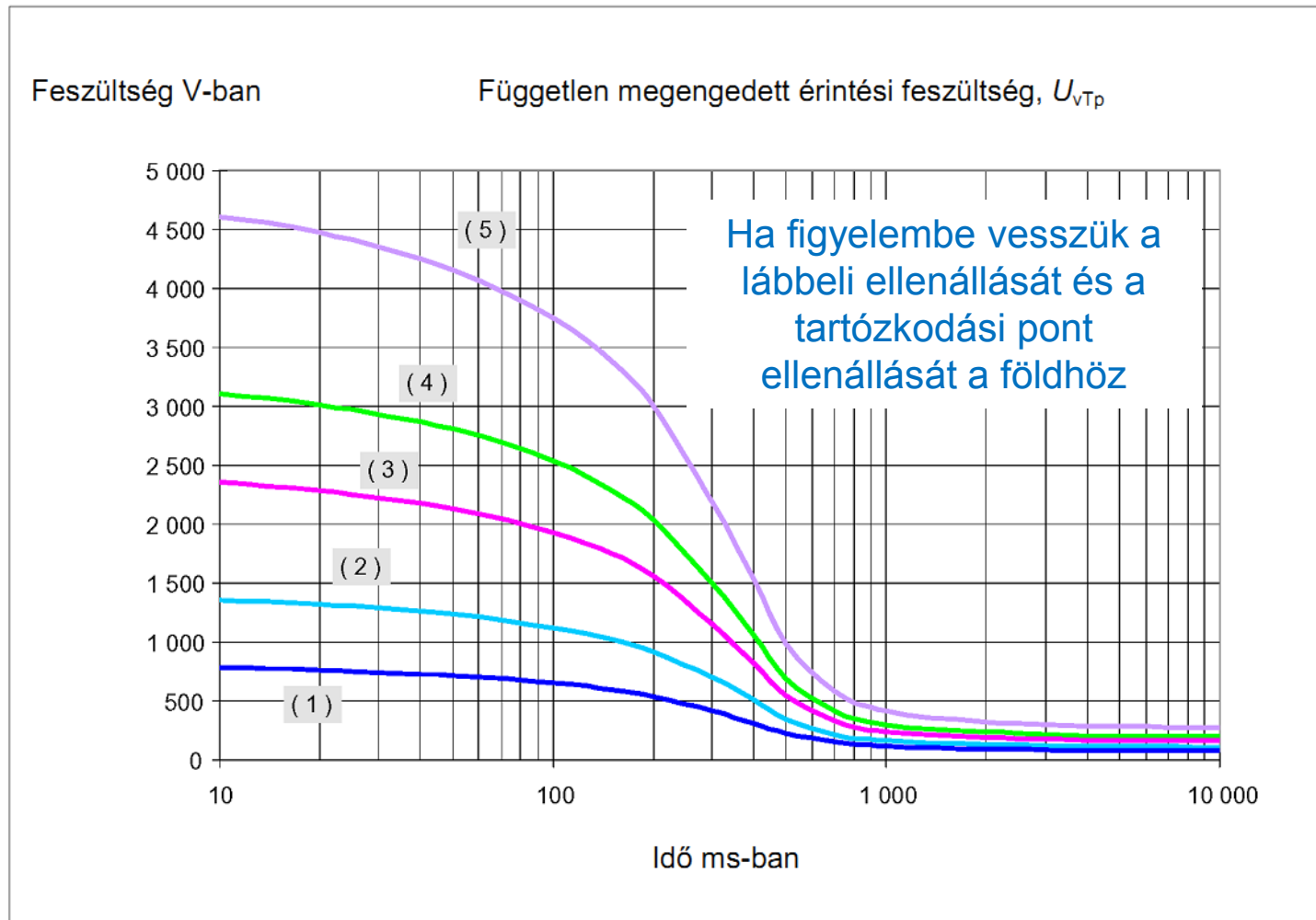
Érintési feszültségfogalmak összehasonlítása

(tényleges, test, független)
(effective, body, prospective)

Szabvány jelzete	Jelölés	Fogalom	Fogalom meghatározás (definíció)
MSZ EN 50522	U_T	Tényleges ²⁾ érintési feszültség	<i>A vezetőképes részek között fellépő feszültség azok egyidejű érintésekor (személy vagy állat által)¹⁾</i>
MSZ EN 50122	U_{te}		
MSZ EN 50122	U_b	Test feszültség	<i>A testen átfolyó áram és a test-impedancia szorzata</i>
MSZ EN 50522	U_{vT}	Független érintési feszültség	<i>Egyidejűleg elérhető vezetőképes részek közötti feszültség a vezetőképes részek megérintése nélkül</i>
MSZ EN 50122	U_{tp}		
<p>MEGJEGYZÉS: 1) Csak az MSZ EN 50122 szabványban lévő kiegészítés. 2) A tényleges érintési feszültség értékét az ilyen részekkel érintkező személy impedanciája jelentősen befolyásolhatja.</p>			



Az U_{vTp} független érintési feszültség [V] az időtartam [ms] függvényében MSZ EN 50522 szerint



Az MSZ EN 50522 szerint U_{vTp} független érintési feszültséghez tartozó járulékos ellenállások

Eset kód	R_F járulékos ellenállás,				Megjegyzés
	R_{F1} lábbeli	ρ talaj ell. Ωm	R_{F2} talpponti	R_F eredő	
(1)	–	< 500	–	0	U_{Tp} –vel megegyező
(2)		500	750–1100	750–1100	$2U_{Tp}$ –vel közel megegyező értékeket eredményez rövid időre ($t < 200$ ms)
(3)	1000	500	750	1750	R_F járulékos ellenállás értékével növekvő
(4)	1000	1000	1500	2500	
(5)	1000	2000	3000	4000	

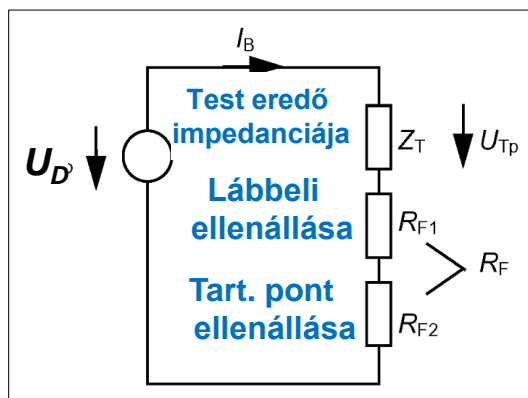
MEGJEGYZÉS:

- $R_{F1} = 1\,000\ \Omega$ a használt, nedves cipőkre érvényes átlagérték. A lábbelik járulékos ellenállására nagyobb értékek is alkalmazhatók, amennyiben azok indokoltak.
- $R_{F2} = 1,5 \times \rho$, ahol ρ a talaj fajlagos ellenállása $\Omega \cdot m$ -ben.



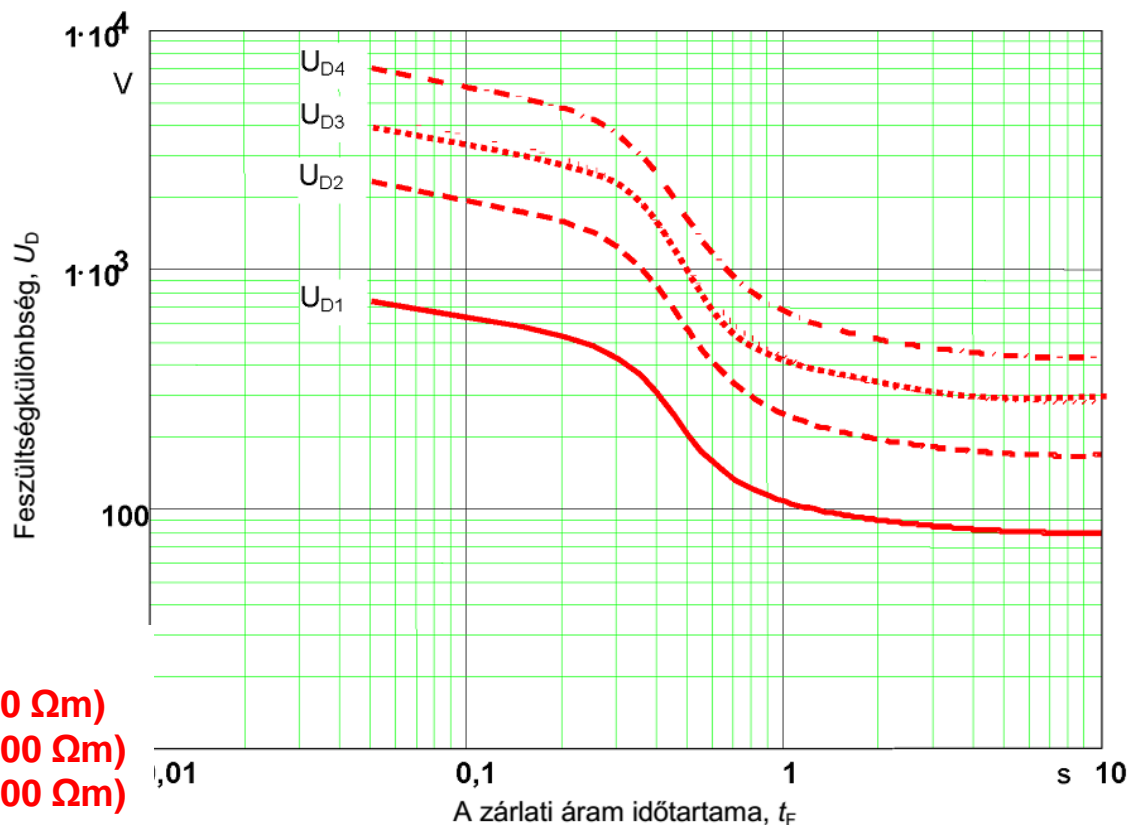
Az MSZ EN 50341 **szabadvezeték szabványban** értelmezett U_D feszültségkülönbség határgörbék

U_D : feszültségkülönbség, amely egy megérintett áramkörben olyan korlátozott értékű feszültségforrásként működik, amely garantálja a személyi biztonságot, ha járulékos ismert ellenállásokat (pl. lábbelit, a talpfelületen szigetelőanyagot) használnak

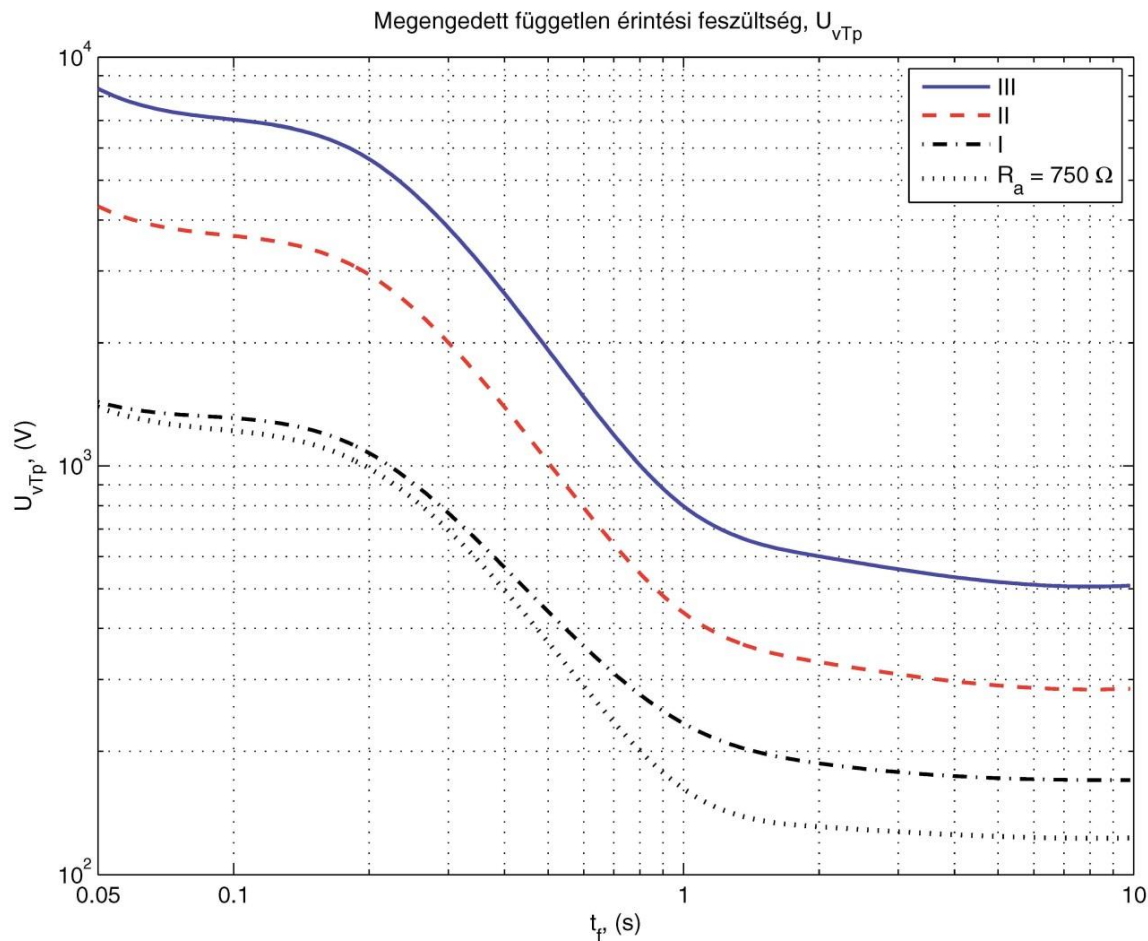


ρ_s = földfelszín közeli fajlagos talajellenállás [Ωm]

- U_{D1} $R_F = 0 \Omega$,
- U_{D2} $R_F = 1750 \Omega$ ($R_{F1} = 1000 \Omega$, $\rho_s = 500 \Omega m$)
- U_{D3} $R_F = 4000 \Omega$ ($R_{F1} = 1000 \Omega$, $\rho_s = 2000 \Omega m$)
- U_{D4} $R_F = 7000 \Omega$ ($R_{F1} = 1000 \Omega$, $\rho_s = 4000 \Omega m$)



Oszloppotenciál a hazai feltételek esetére javasolt háromszintű U_{VTP} határértékek



Oszlop potenciálra javasolt eset	
kódja	Járulékos ellenállás, Ω
I.	800-1100
II.	4000
III."	8500



Oszloppotenciál a hazai feltételek esetére javasolt háromszintű U_{vTP} határértékek

Időtartam t_f [s]	Testáram I_B [mA]	Megengedett érintési feszültség U_{Tp} [V]	Megengedett független érintési feszültség, U_{vTp} V, egyben az oszloppotenciál értéke is		
			Szigorúsági szint		
			I. $2 \times U_{Tp}$	II. $R_a = 4000 \Omega$	III: $R_a = 8500 \Omega$
0.05	900	716	1432	4316	8366
0.10	750	654	1308	3654	7029
0.20	600	537	1074	2937	5637
0.50	200	220	440	1020	1920
1.00	80	117	234	437	797
2.00	60	96	192	336	606
5.00	51	86	172	290	520
10.00²⁾	50	85	170	285	510



Oszloppotenciál hazai feltételek esetére javasolt három szint járulékos ellenállás jellemzői

A **I., II. és III. szintek** a következőknek felelnek meg:

- I. A földelési szabvány (2) szintjének felel meg, amely: **játszóterek, uszodák, kempingek, szabadidős létesítmények** és hasonló helyek, ahol emberek gyűlhetnek össze meztelen lábbal. Az emberi test ellenállásán kívül járulékos ellenállásként csak a tartózkodási pont minimális ellenállása (750Ω földhöz).
- II. A II. szint a földelési szabvány (5) és a szabadvezeték szabvány D3 szintjeinek felel meg, amelyek: olyan beépített helyek, ahol okkal feltételezhető, hogy az emberek **cipőt** viselnek **és** ahol **nagy fajlagos ellenállású felszíni réteg** (aszfalt, kavics, stb.) van, mint a közutak, parkolóhelyek stb.
- III. Olyan kis látogatottságú **külterületi helyek**, ahol okkal feltételezhető, hogy az emberek **cipőt** viselnek és az **oszlopföldelés fém részeinek** (csatlakozó sín) véletlenszerű közvetlen (fémes) **érintése nem lehetséges**, pl. megfelelő festékborítással rendelkeznek.

Ebben az esetben a feltételezett járulékos ellenállás 8500Ω . Amelyből 5000Ω a lábbeli, 750Ω a talpponti „földelési ellenállás”. 2750Ω a kézponti ellenállás beleértve az oszlop betontest járulékos ellenállását is.



Határértékek távközlési létesítményekre gyakorolt hatásokra (indukáló hatás, transzferpotenciál)



Feltételek személyek veszélyeztető feszültségének leszámoltatására távközlő rendszereknél (2)

Az ITU-T határérték leszámoltatása az IEC/TS 60479-1 szabvány alapján a következő feltételekkel:

- Szíváram határérték: szabvány c2 görbe szerint;
- Árampálya: kéz-láb és kéz-kéz;
- Teljes test impedancia (50 % valószínűség szerinti): 750 Ω ;
- **Forrás impedancia** (távközlő áramkörre): **180 Ω** ;
- Lábbeli ellenállás: **3000 Ω** ;
- További tápponti ellenállás: 0 Ω ;

MEGJEGYZÉS: A nagyobb járulékos impedancia a földelési szabvány (3) görbéjéhez közeli (kissé nagyobb) értéket eredményezett



Személyek veszélyeztető feszültségek távközlő rendszereknél (2)

A hibás állapot időtartama, t [s]	Indukált effektív feszültség [V]
$t \leq 0,10$	2000
$0,10 < t \leq 0,20$	1500
$0,20 < t \leq 0,35$	1000
$0,35 < t \leq 0,50$	650
$0,50 < t \leq 1,00$	430
$1,00 < t \leq 3,00$	150
$3,00 < t$	60



A hibás állapot időtartama, t [s]	Megengedett közös-modusú feszültség [V _{eff}]
$t \leq 0,20$	1030
$t \leq 0,35$	780
$t \leq 0,50$	650
$t \leq 1,0$	430
$t \leq 2,0$	300
$t \leq 3,0$	250
$t \leq 5,0$	200
$5,0 < t \leq 10,0$	150
$t > 10,0$	60

Távközlési létesítmények feszültség-igénybevételének megengedett értékei

Vonalakra megengedett:

- 1000 V_{eff}, ami a távközlési létesítmények minimális szigetelési szilárdsága, beleértve a papírszigetelésű **szimmetrikus kábeleket** is,
- 2000 V_{eff} **a koaxiális kábelekre**, függetlenül a hiba mértékadó időtartamától;
- 2000 V_{eff} a fém szerkezeti részeket tartalmazó **optikai kábelekre**,



Vasúti villamos biztonság, földelés és védőösszekötés MSZ EN 50122-1:2011



Érintési feszültség határértékek megállapítási feltételei

A határérték leszámaztatása itt is az IEC/TS 60479-1 szabvány alapján a következő feltételekkel:

- Szíváram határérték: a szigorúbb **C1** görbe szerint;
- Árampálya: kéz-láb és kéz-kéz;
- Teljes test impedancia 50 % valószínűség szerintinek **csak a 75 %**;
- Járvékos ellenállás ($U_{te,max}$) csak **1000** Ω (ITU-T 3800 Ω);



Figyelembevett test-impedancia

EN 50522
szerint

EN 50122
szerint

	a.c. system $r = 0,75$		
U_b V	$Z_b(100)$ Ω	$Z_b(75)$ Ω	$I_b(75)$ mA
25	3 250	2 438	10
50	2 500	1 875	27
75	2 000	1 500	50
100	1 725	1 294	77
125	1 550	1 163	108
150	1 400	1 050	143
175	1 325	994	176
200	1 275	956	209
225	1 225	919	245
400	950	713	561
500	850	638	784
700	775	581	1 204
1 000	775	581	1 720



Különböző járulékos ellenállásra megengedett érintési feszültségek [V_{eff}]

Időtartam s	Test feszültség $U_{b,max}$	Effektív ¹⁾ érintési fesz. $U_{te,max}$	Szabvány D2 táb. $R_a = 1500 \Omega$ $U_{tp,max}$	HD 637 S1:1999 C1 ábra, a=2 $2 \times U_{te,max}$	HD 637 S1:1999 C2 ábra, a=3,3 $3,3 \times U_{te,max}$
0,02	370	865	940	1880	3100
0,05	360	835	905	1810	2990
0,1	345	785	850	1700	2800
0,2	295	645	695	1390	2290
0,3	230	480	520	1040	1720
0,4	150	295	320	640	1060
0,5	120	220	235	470	776
0,6	100	180	190	380	630
<0,7		155	165	330	545
0,7	90	90			
0,8	85	85			
0,9	80	80			
1	75	75			
300	65	65			
>300	60	60			

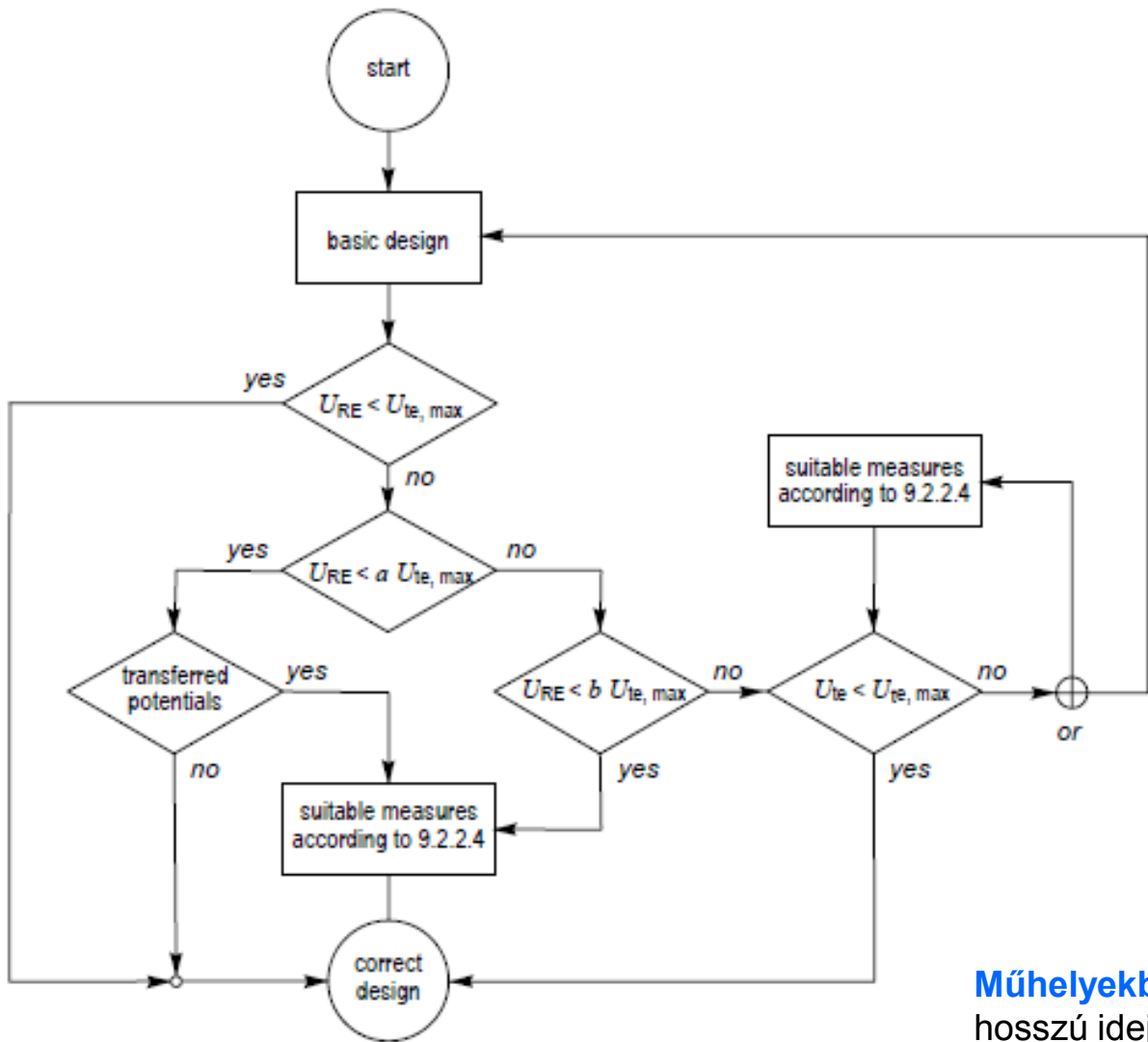
MEGJEGYZÉS: 1) $U_{te,max}$ megengedett effektív érintési feszültség használt nedves cipő 1000Ω járulékos ellenállásának a figyelembevételével, a rövididejű hatás esetére.



Különböző szabványok határértékeinek összehasonlítása

Fault duration t [s]	Permissible touch voltage			Stress voltage	
	Földelési EN 50522 $2U_{Tp}$	ITU-T K.68	Vasúti EN 50122 $U_{te,max}$	ITU-T K.68 [V _{eff}]	Földelési EN 50522 [V _{eff}]
t ≤ 0,02			865		1200
t ≤ 0,05	1432		835		
t ≤ 0,10	1308	2000	785		
t ≤ 0,20	1074	1500	645	1030	
t ≤ 0,30	440	1000	480		
t ≤ 0,35			295	780	
t ≤ 0,50		650	220	650	
t ≤ 1,0	234	430	75	430	
t ≤ 2,0	192	150		300	
t ≤ 3,0	172			250	
t ≤ 5,0		200			
t ≤ 10,0	170	60	(t=300) 65	150	250
t > 10,0	160		(t>300) 60	60	





➤ U_{RE} rail potential

$a = 2$ factor,

$b = 3,3$ factor

according to Figure 9.2 in HD 637 S1:1999,

➤ U_{te} effektív érintési feszültség

➤ $U_{te,max}$ megengedett effektív érintési feszültség

Műhelyekben és hasonló helyeken a hosszú idejű érintési feszültség nem haladhatja meg a **25 V**-ot.



Módszerek az érintési feszültség kockázatának csökkentésére:

Példák védelmi lehetőségekre:

- A zárlati és/vagy üzemi **áram csökkenése**;
- Az **áramvisszavezetés javításával** jó induktív csatolású áramvisszavezetővel
- A **rövidzárlati** áram megszakításáig szükséges **idő** csökkentése
- A **sín és föld közötti ellenállás** (ballaszt) **csökkentése**, pl. javított vagy további földelőkkal;
- **Potenciálkiegyenlítő** összekötése (globális földelés);
- **Potenciálvezérlés** megfelelő felületi elektródákkal
- A talpponti felület **szigetelése**;
- Az elérhető részek **elkerítése** vagy szigetelése;
- Munkavédelem, karbantartók **képzése**
- **Feszültségkorlátozó eszközök** használata;



Védelmi intézkedések nem vasúti hálózatról történő kiefeszültségű táplálásra

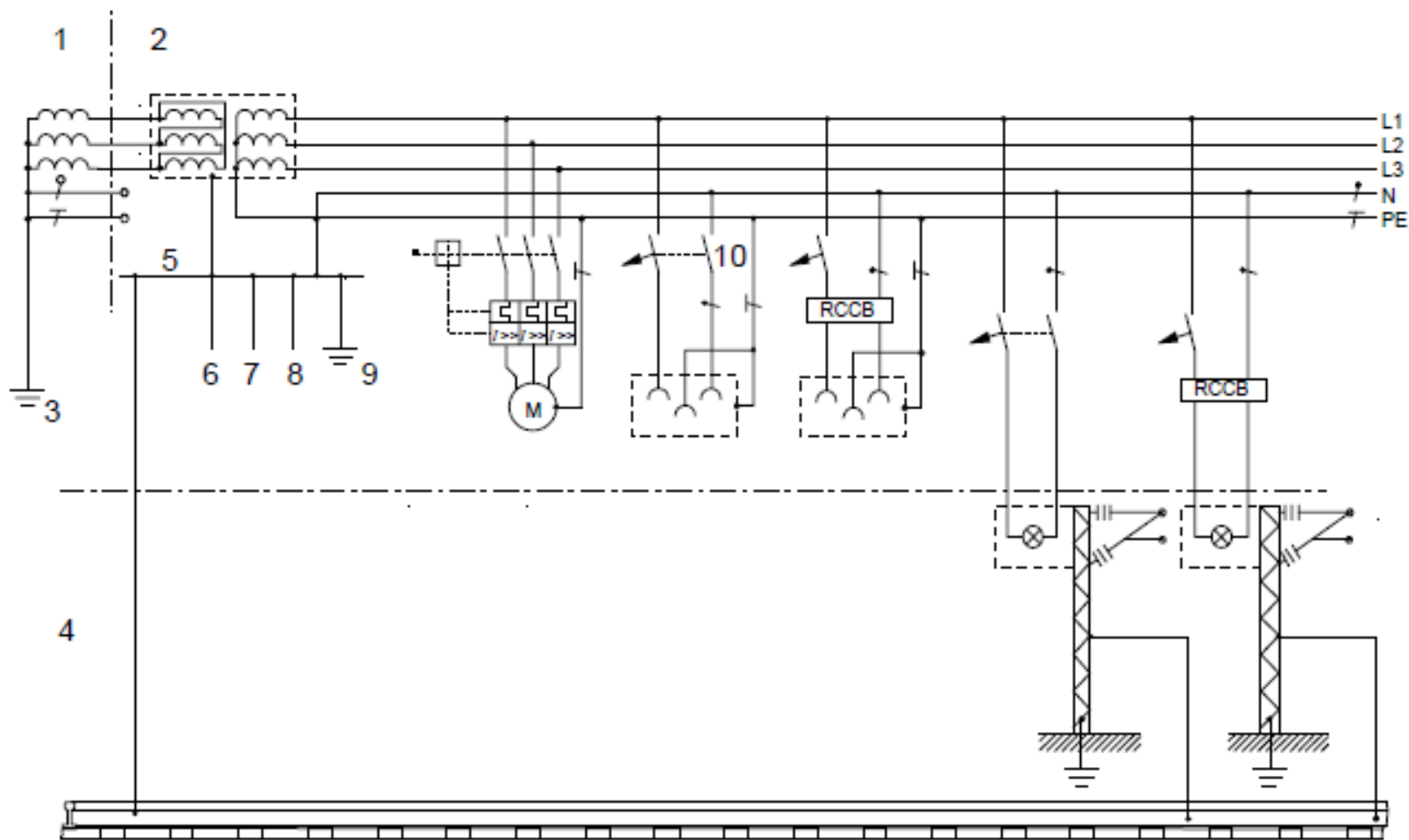
A segédenergia ellátás lehetőségei:

- Közcélú kiefeszültségű hálózatról;
- Nagyfeszültségű hálózatról;
- Vasúti energiahálózatról.

Tápláló oldal		Vasúti oldal	
Táplálási mód	Jellemzők	Alkalmazható rendszer	Előfeltétel
Közcélú kiefeszültségű	Föld és/vagy nulla a nem vasúti földelő létesítményekből	TT rendszer	Hibaáram kapcsoló (RDC)
		TN rendszer	Külön tekercsű transzformátor
Nagyfeszültségű	Föld és/vagy nulla a nem vasúti földelő létesítményekből	TN rendszer	A nagyfeszültségű segédtranszformátor a vasúti strukturális földön helyezkedik el
		TT rendszer	A nagyfeszültségű segédtranszformátor nem a vasúti strukturális földön helyezkedik el és hibaáram kapcsoló (RDC)
Vasúti energia táplálás	A nulla vagy a visszavezető rendszerhez vagy a vasúti strukturális földeléshez csatlakozik	TN rendszer	A segédtranszformátor vagy a vasúti strukturális földön helyezkedik el vagy d.c./a.c. konverter



TN rendszer váltakozóáramú vasúti táplálásra



A kisfeszültségű táplálással kapcsolatos megfontolások:

- A nem vasúti hálózatról történő betáplálás **földelését különválasztott** szigetelt kapcson kell végződtetni. Különválasztás esetén a vasúti TN hálózatot **külön tekercsről kell táplálni**. A transzformátor KIF csillagpontját és a transzformátor fém szerkezetét közösiíteni kell a fő földelő kapoccsal (MEB);
- A HD 60364-4-41 szerinti túláram (kis)megszakítónak minden ágat, a **nullavezetőt is meg kell szakítania**;
- Hibaáram relé (RCB) alkalmazása javasolt;
- A **vontatási hálózatról táplált** segédtranszformátor (25/0,230 kV) nagy és kisfeszültségű **nulla ágát össze kell kötni** a vasúti szerkezeti földeléssel;





Köszönöm a figyelmet!

?

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

