

Elektrotechnika

Az áramütés elleni védelem alapjai

Dr. Kiss István

Kiss.istvan@vet.bme.hu

Áramütés veszélye

- Amivel most foglalkozunk:
 - Kisfeszültségű, közcélú hálózat
 - A mindennapi életben ezzel találkozunk a legtöbben, illetve a leggyakrabban
 - Sajnos minden évben van olyan halálos kimenetelű áramütés, amivel a sajtó is foglalkozik
- Amivel most nem (nem most) foglalkozunk
 - (...bár ezeknek is van áramütéssel kapcsolatos vonatkozása)
 - Szakszemélyzet munkavégzése
 - Feszültség alatti munkavégzés
 - Közép- és nagyfeszültségű hálózat esetén kialakuló áramütésveszély, áramütéses balesetek

Amivel foglalkozunk...

- Mekkora áramnak milyen hatása van az emberi szervezetre?
- Mikor haladhat át rajtunk veszélyes nagyságú áram?
- Hogyan akadályozzuk meg az életveszélyes áramütést?

Kamrai fibrilláció

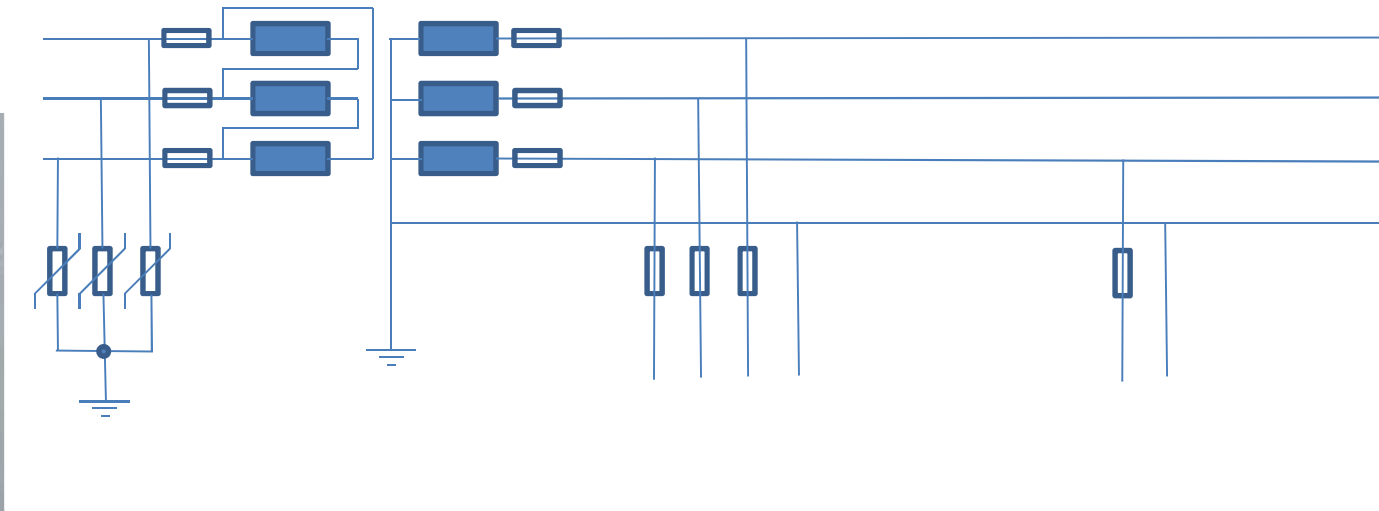
- 27 kg, 0,3 %, 87 mA, legrosszabb rizikófaktorral
 $87 \text{ mA} / 1,73 = 50 \text{ mA}$, $R_e = 1 \text{ k}\Omega \rightarrow \mathbf{50 \text{ V}}$
- $\mathbf{U_L = 50 \text{ V}} \quad \mathbf{f \leq 100 \text{ Hz}}$
- $\mathbf{U_L = 120 \text{ V}} \quad \mathbf{f = 0 \text{ Hz}}$
- Cél: a limitfeszültségnél nagyobb érintési feszültség tartósan (t_p -nél nagyobb ideig) ne állhasson fenn
 - Az érintési feszültség U_L alatt legyen
 - v. az $U > U_L$ csak $t < t_p$ ideig

Alapelv

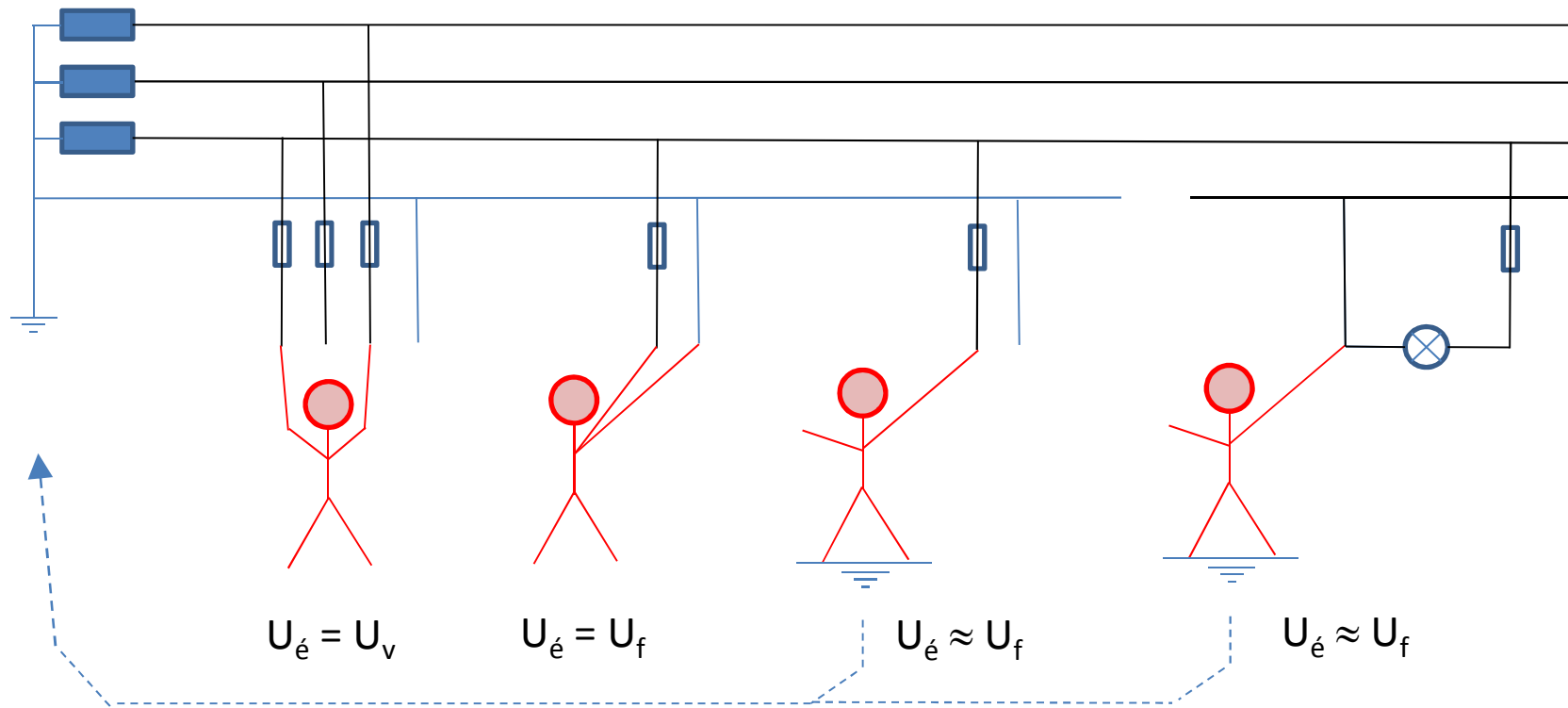
- Normál üzemben (alapvédelem)
 - Biztosítani kell, hogy az aktív részek ne legyenek érinthetők
 - Szándékosan
 - Véletlenül
- Hiba esetén
 - Biztosítani kell, hogy a limitfeszültségnél nagyobb potenciálkülönbség ne alakulhasson ki az emberi testen a megengedettnél hosszabb ideig

Mekkora lehet az érintési feszültség?

Kezdjük a transzformátornál...



Kicsit megrázom magam...



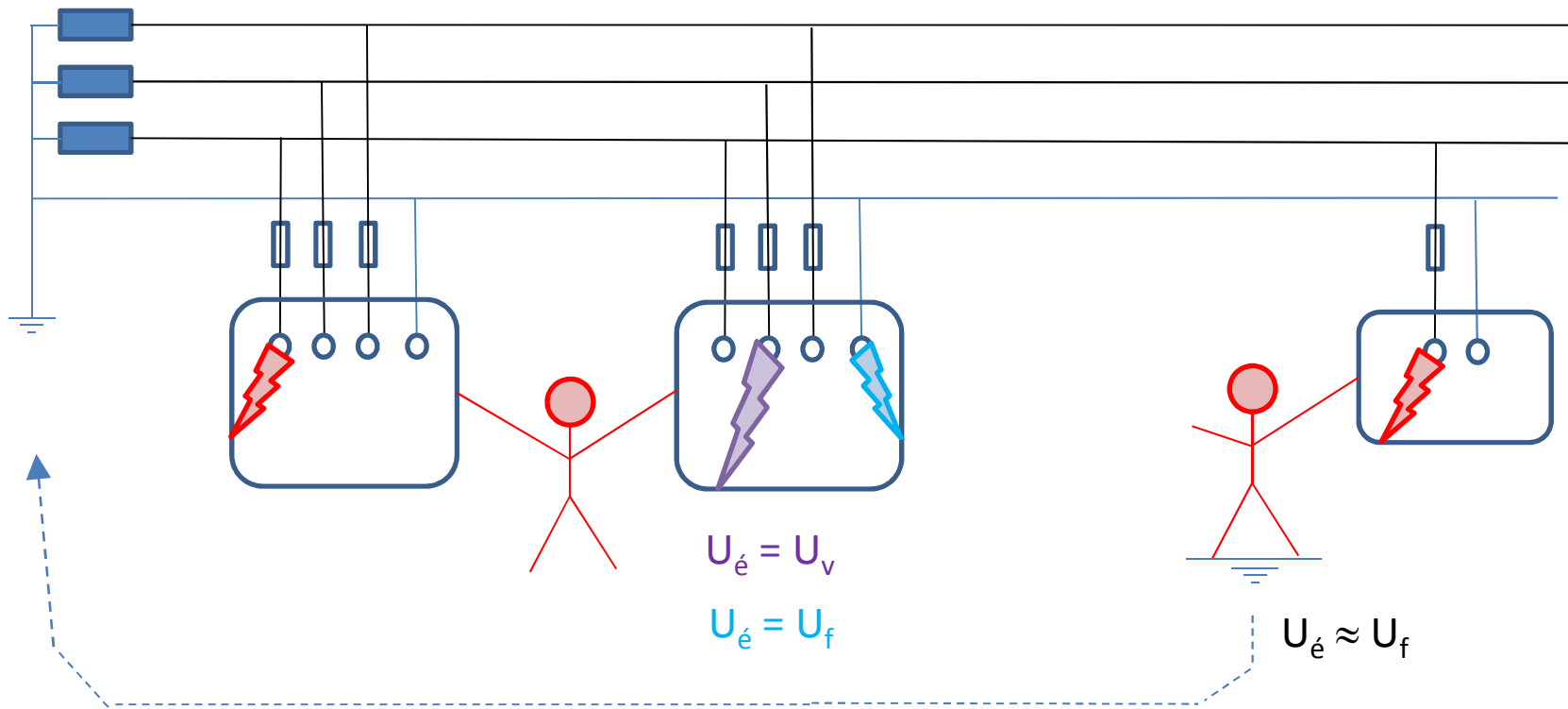
Áramütés veszély! Aktív részek **közvetlen** megérintésekor.

Aktív rész: **normál üzemben** áramot vezet. – Nullvezető is!

$U_{\acute{e}}$: érintési feszültség

Fázis-fázis érintéskor a vonali, fázis-föld érintéskor a fázisfeszültséggel (közel) egyenlő

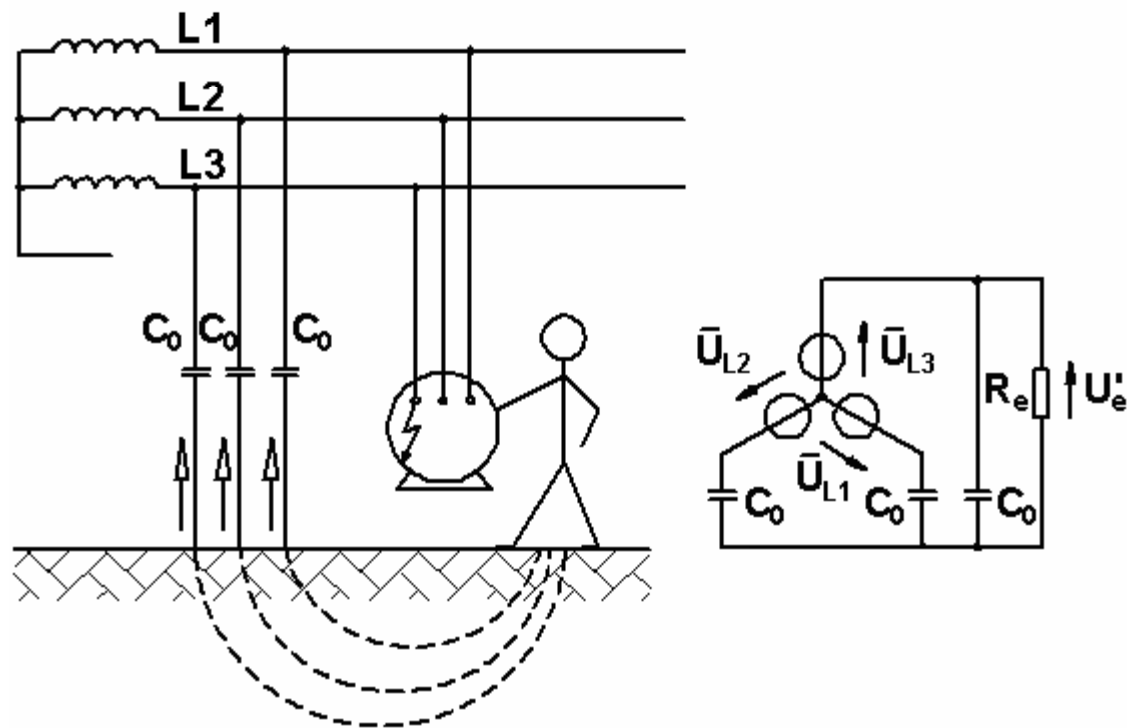
Kicsit megrázom magam...



Áramütés veszély! Készülékek, berendezések **testének** megérintésekor, **hiba esetén**.
Test: megérinthető fémburkolat
 $U_{\acute{e}}$: érintési feszültség
Fázis-fázis érintéskor a vonali, fázis-föld érintéskor a fázisfeszültséggel (közel) egyenlő

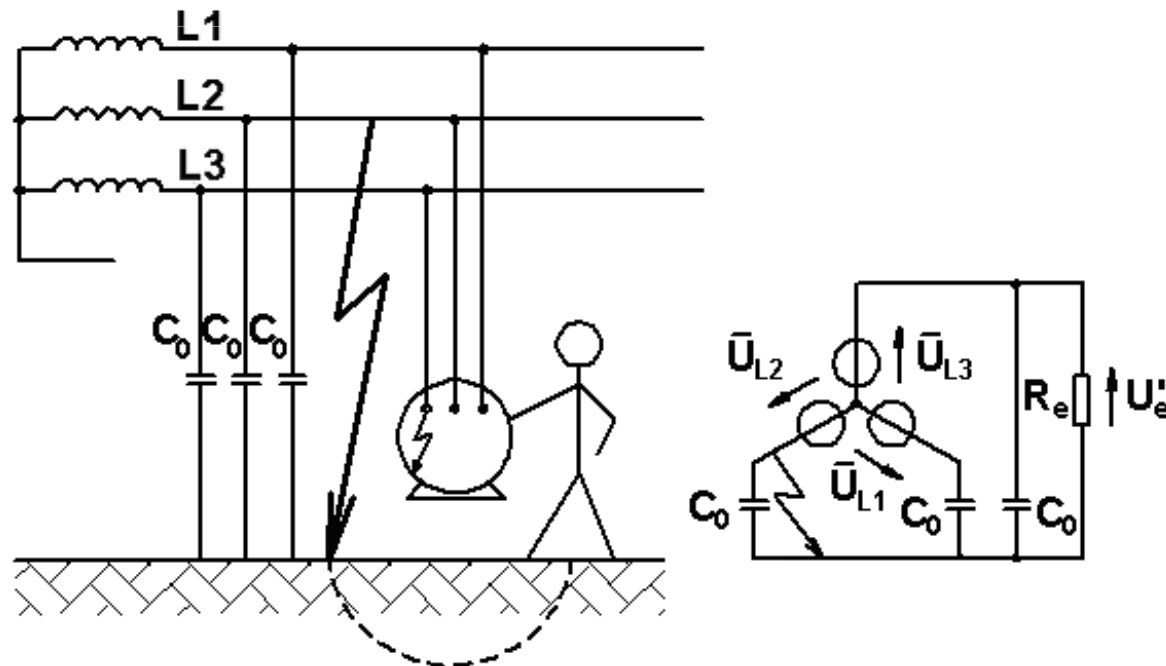
A teljesség kedvéért...

- Fázis-föld érintése
 - Földeletlen csillagpontú rendszer
 - Kapacitív áram



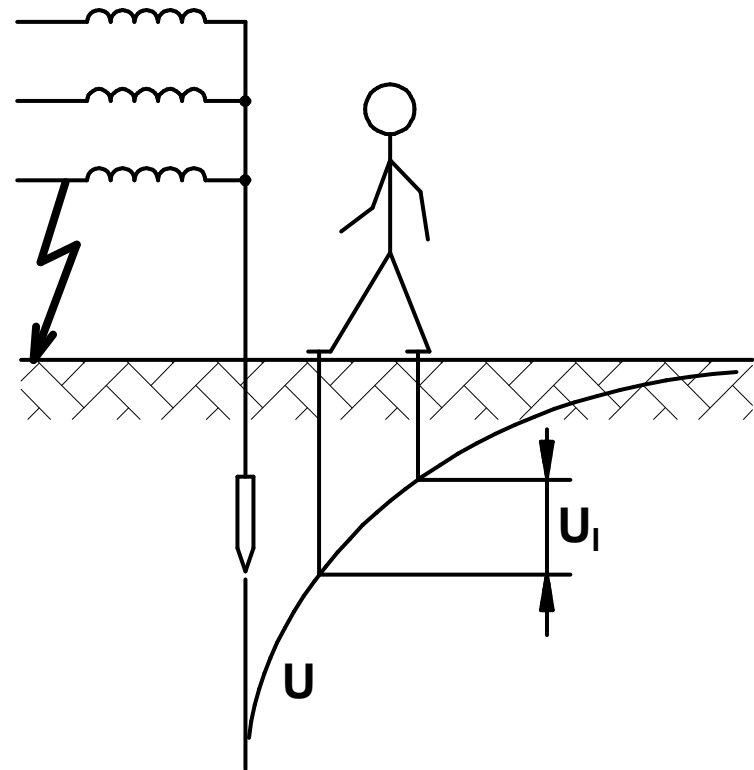
A teljesség kedvéért...

- Fázis-fázis érintése
 - Földeletlen csillagpontú rendszer (földzárlatos fázisvezető esetén)
 - Itt már komoly baj lehet, $U'_e = U_v$



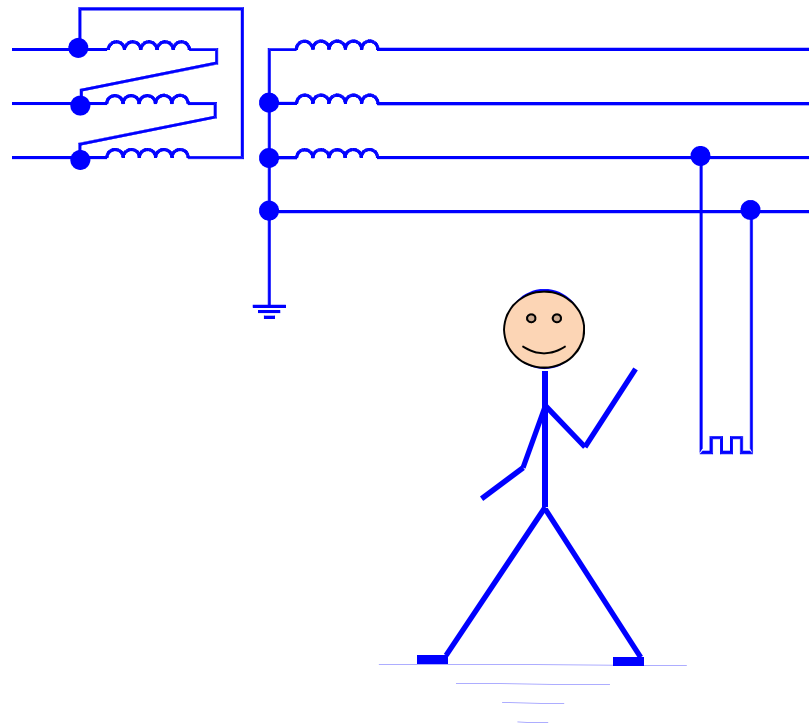
Akkor is lehet baj, ha nem érek aktív részhez, vagy testhez

- Lépésfeszültség áthidalása
 - Ember:
kb. 0,8 m-es lépésköz
 - Nagy testű állatok:
sokkal nagyobb lépésköz, nagyobb érzékenység → nagyobb veszély

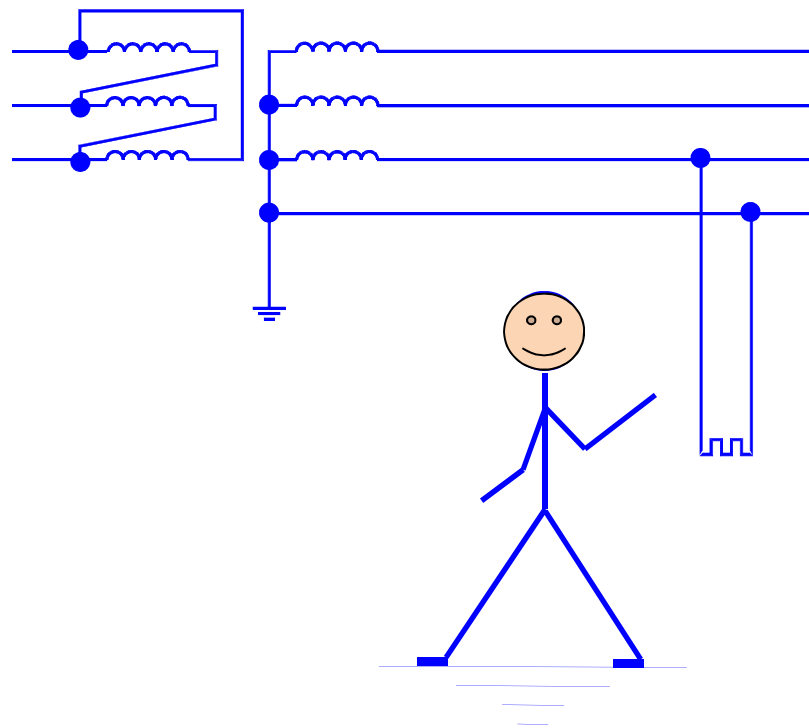


- Védekezési módok a lépéshesz. ellen:
 - a földelőt környező talaj (pl. aszfaltréteggel való) szigetelése,
 - a földelő bekerítése,
 - potenciálbefolyásolás alkalmazása

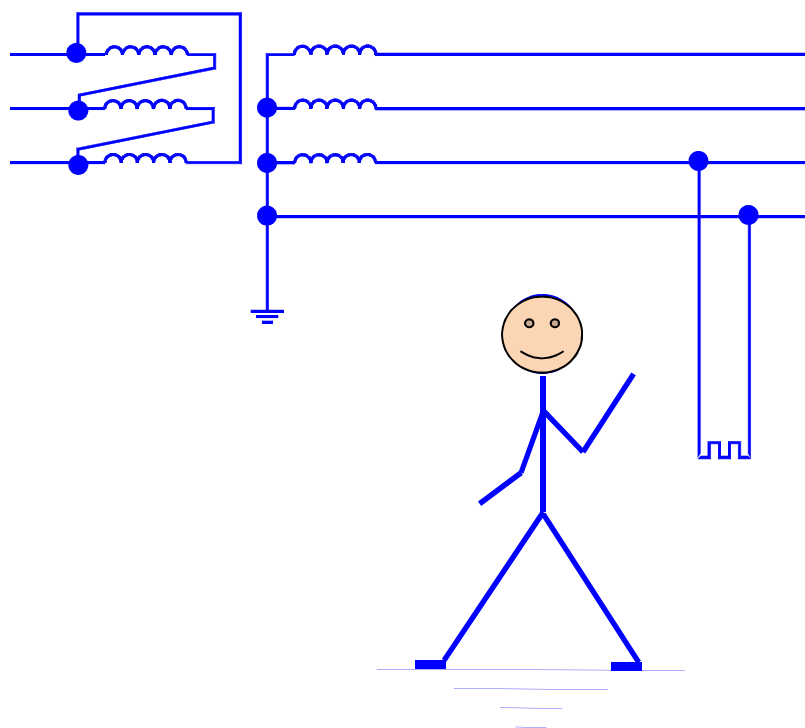
Véletlen érintés elleni védelem



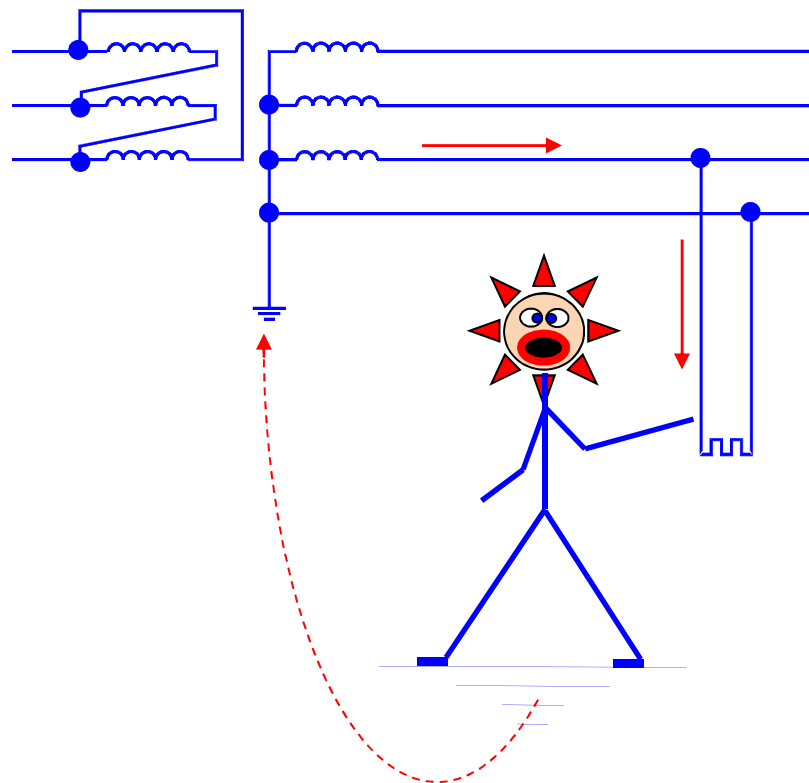
Véletlen érintés elleni védelem



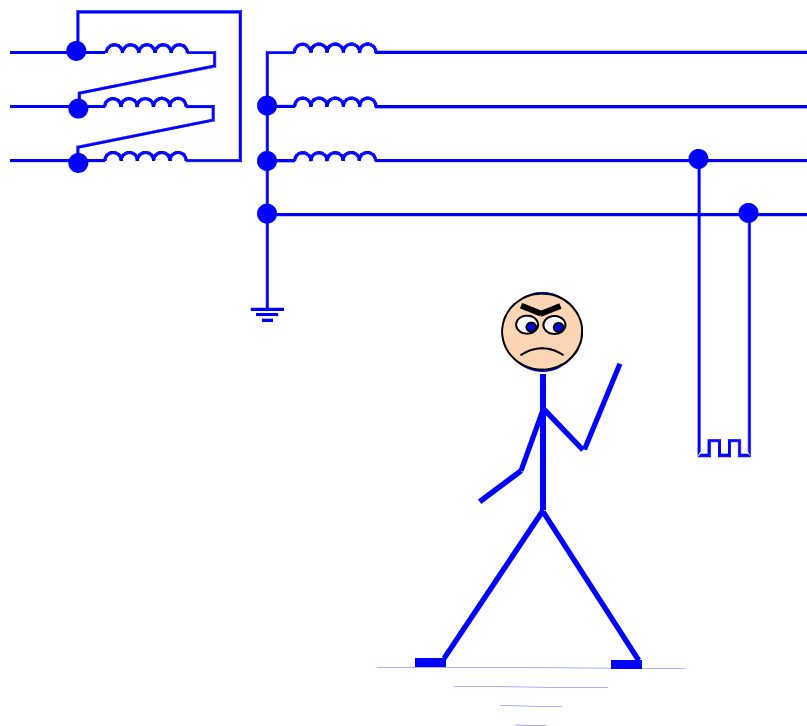
Véletlen érintés elleni védelem



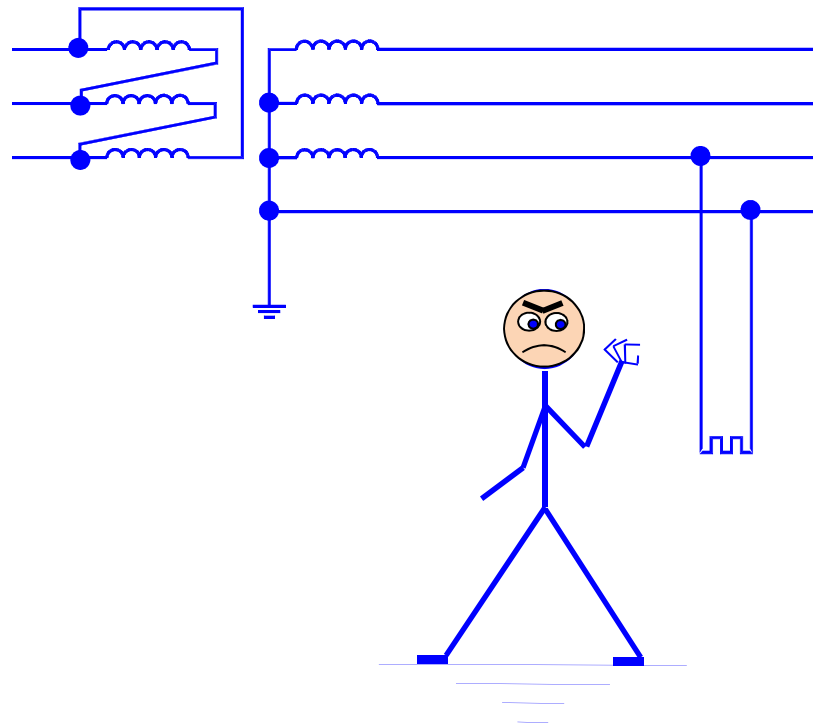
Véletlen érintés elleni védelem



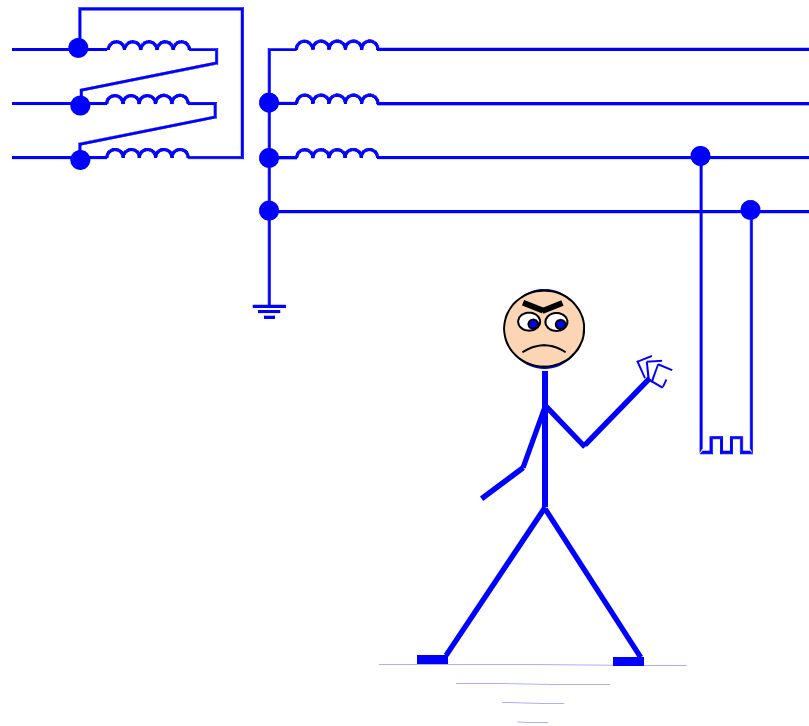
Szándékos érintés elleni védelem



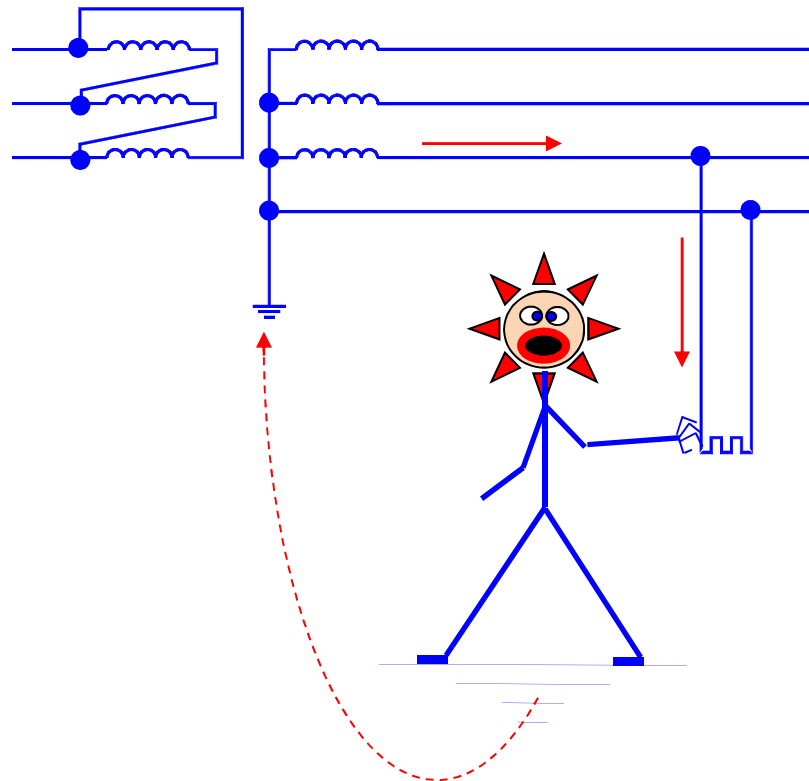
Szándékos érintés elleni védelem



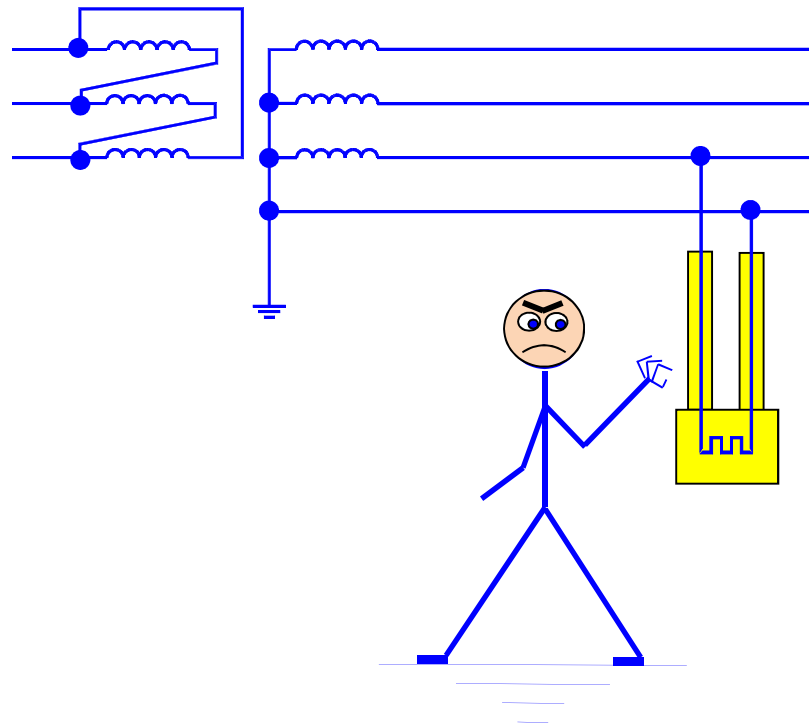
Szándékos érintés elleni védelem



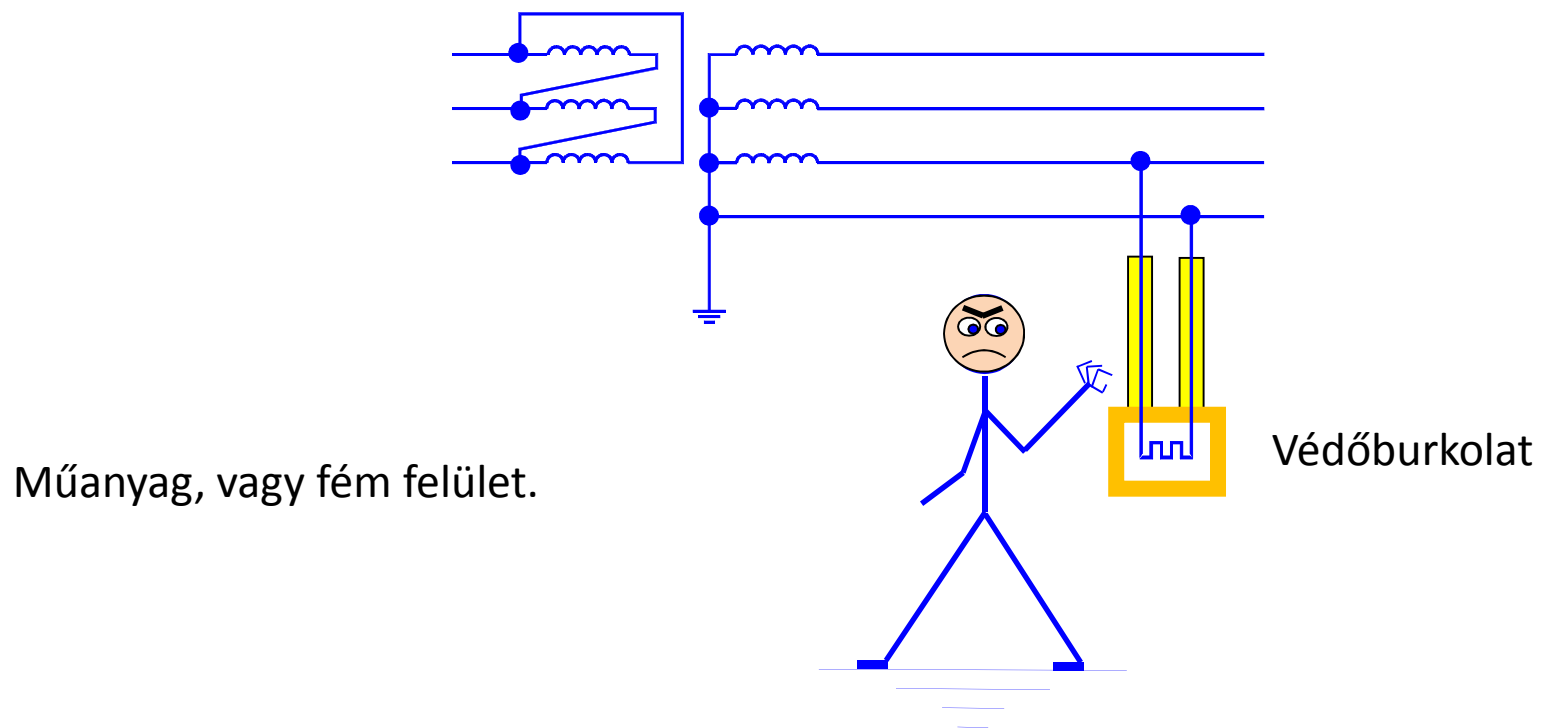
Szándékos érintés elleni védelem



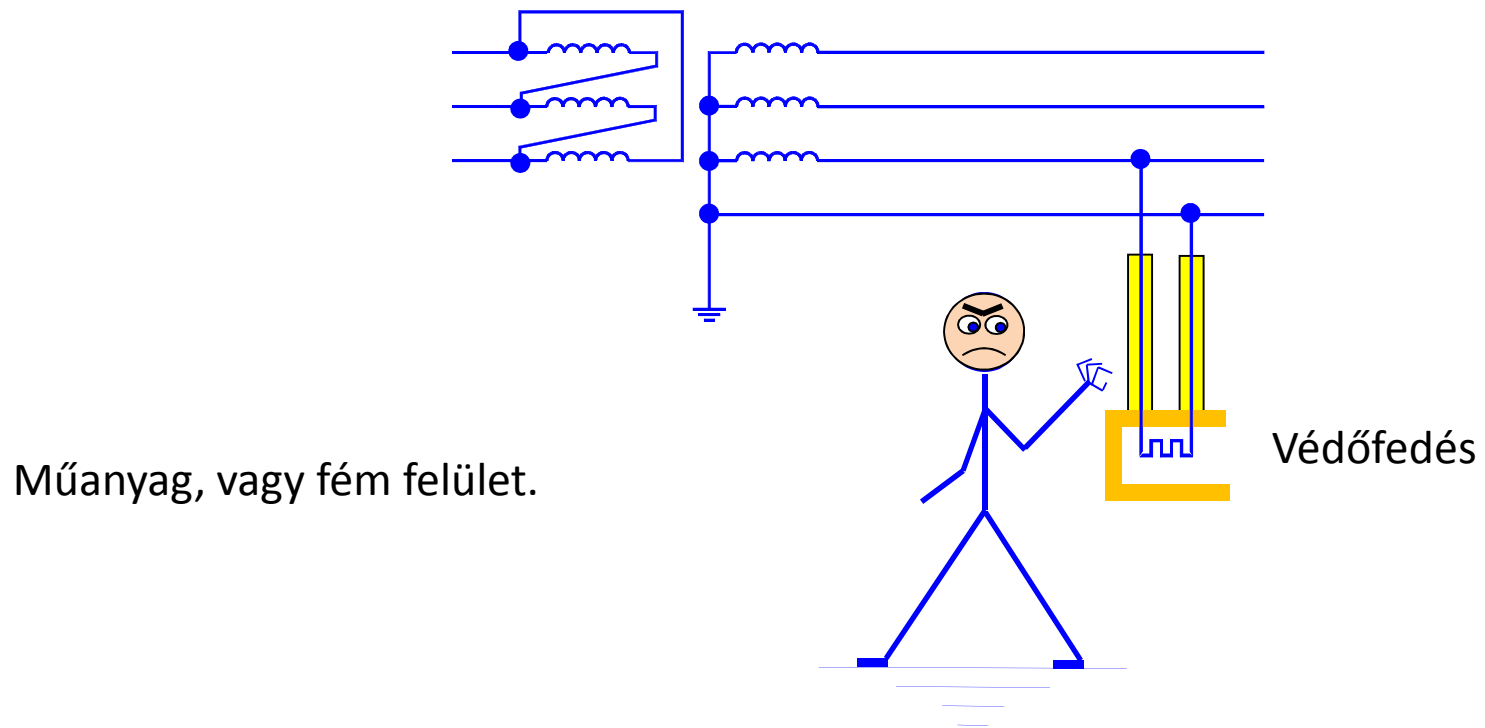
a.) Védelem az aktív részek elszigetelésével



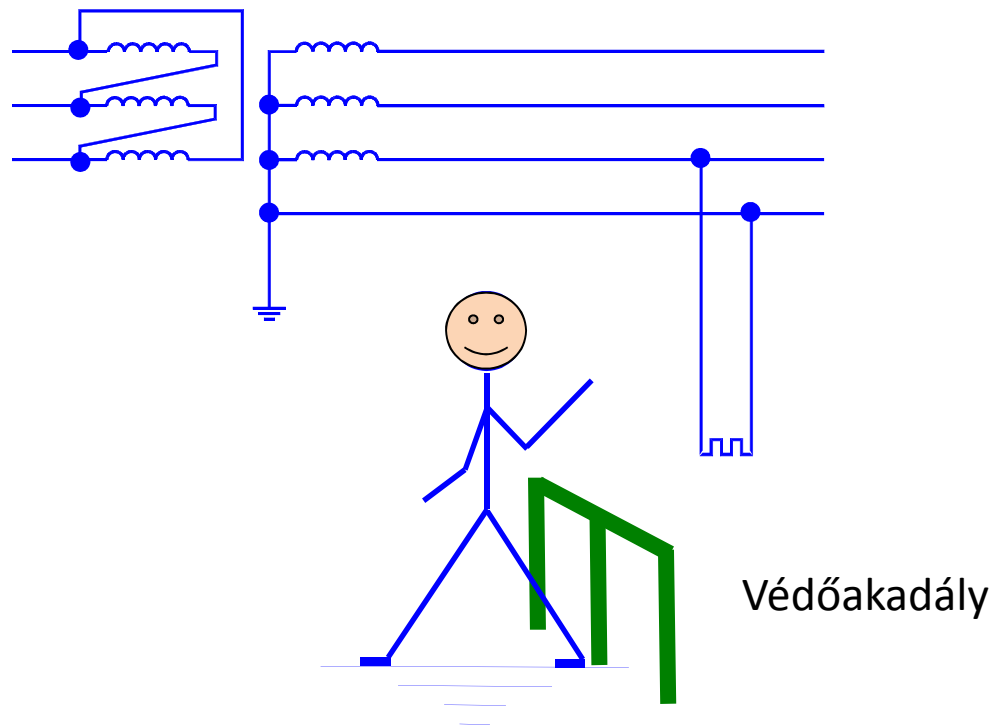
b.) Védelem védőfedéssel vagy burkolattal



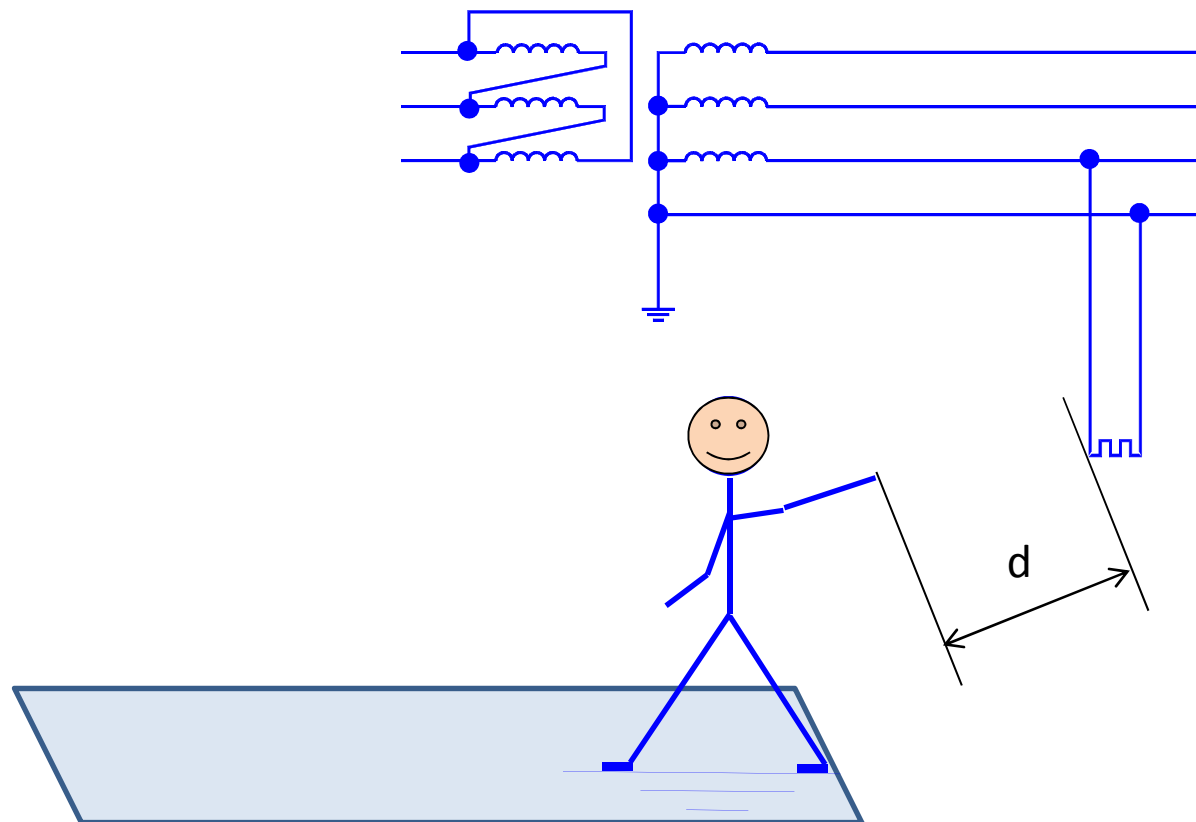
b.) Védelem védőfedéssel vagy burkolattal



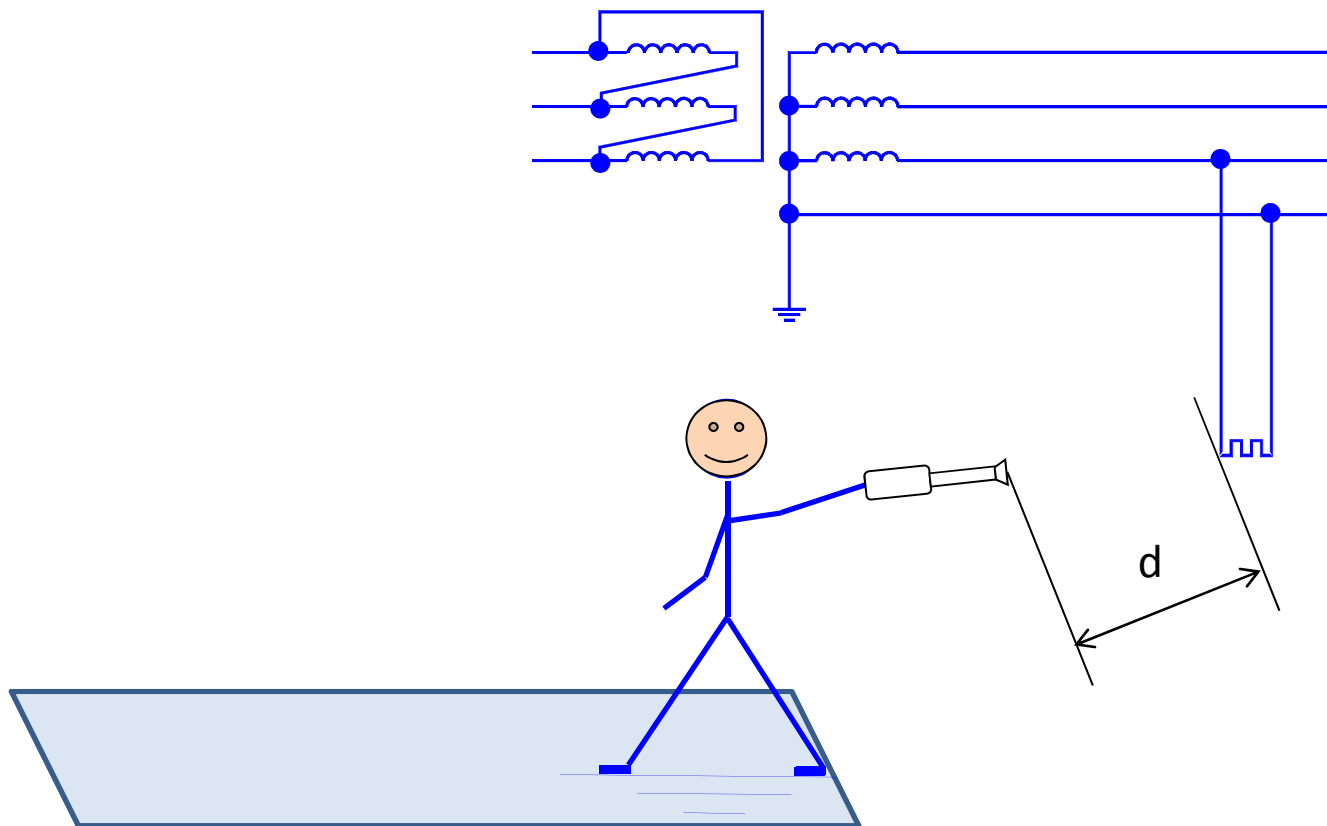
c.) Védelem védőakadályal



d.) Védelem az elérhető tartományon kívüli elhelyezéssel

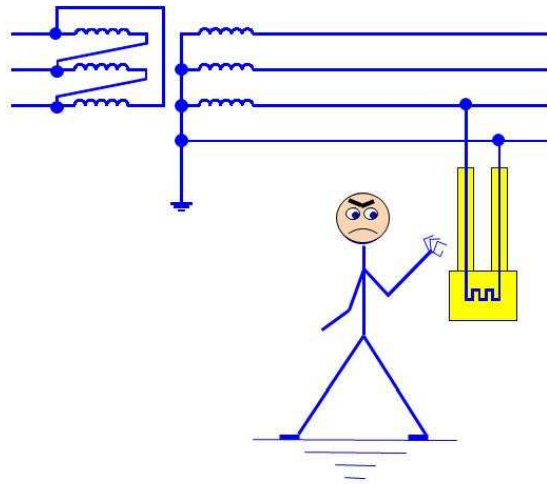


d.) Védelem az elérhető tartományon kívüli elhelyezéssel

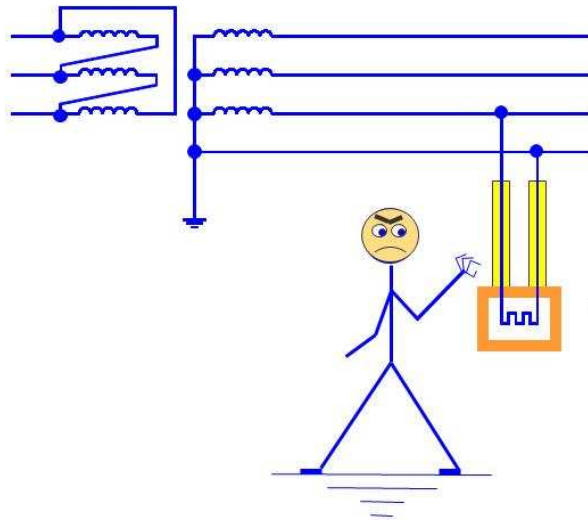


Alapvédelem biztosítása

Szándékos és véletlen érintés ellen

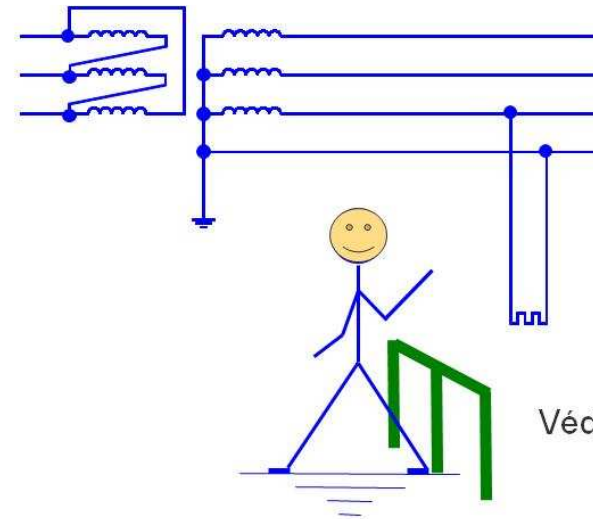


Aktív rész
elszigetelése

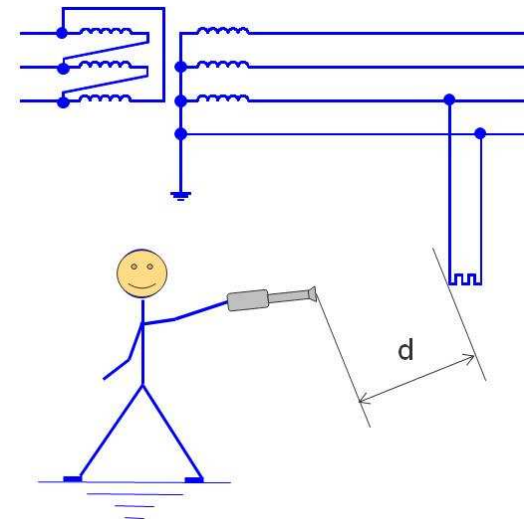


Védőburkolat
/védőfedés

Csak véletlen érintés ellen
(csak kioktatott személyeknek)



Védőakadály



Elérhető
tartományon
kívülre
helyezés

Normál üzem esetén KIEGÉSZÍTŐ védelemként alkalmazható: ÁVK

Start SFI áram-védőkapcsoló

Csatlakozás max.
35 mm²-es vezeték-
kel, alul villás fésűs
sínnel is!

Osztály: AC osztály

A osztály

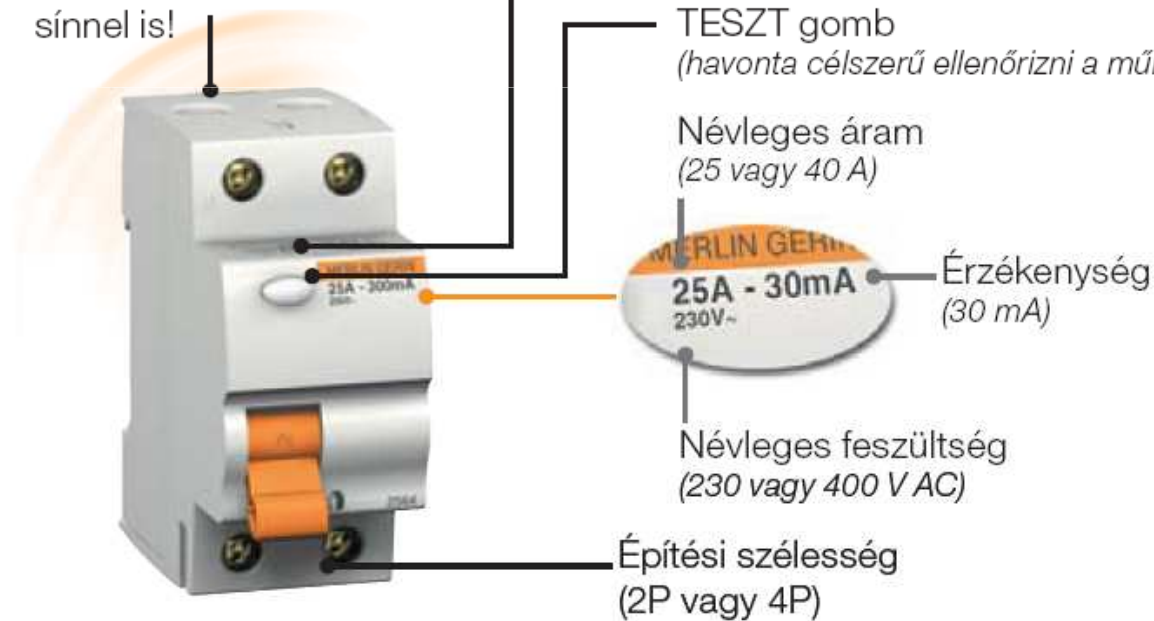
TESZT gomb
(havonta célszerű ellenőrizni a működést)

Névleges áram
(25 vagy 40 A)

Érzékenység
(30 mA)

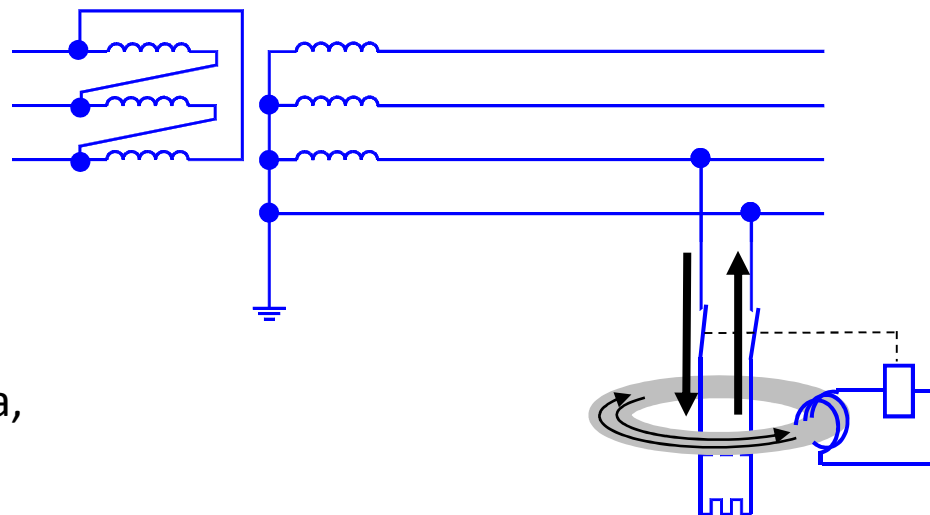
Névleges feszültség
(230 vagy 400 V AC)

Építési szélesség
(2P vagy 4P)



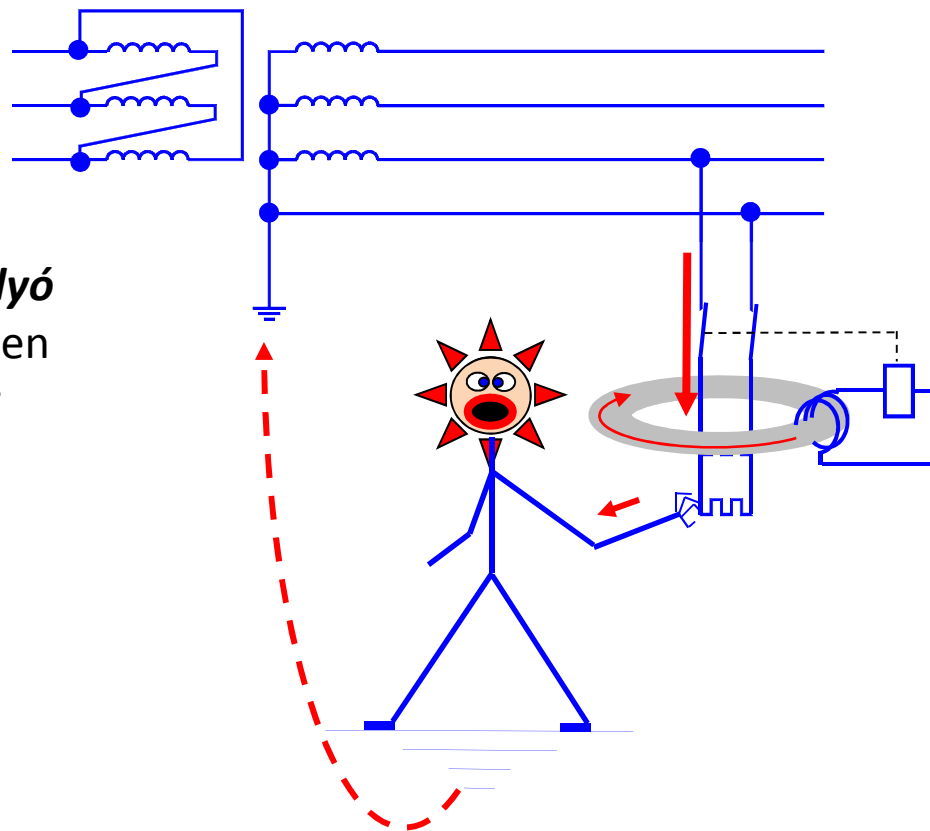
1f ÁVK

Normál üzem:
az eredő fluxus közel nulla,
nincs kikapcsolás.

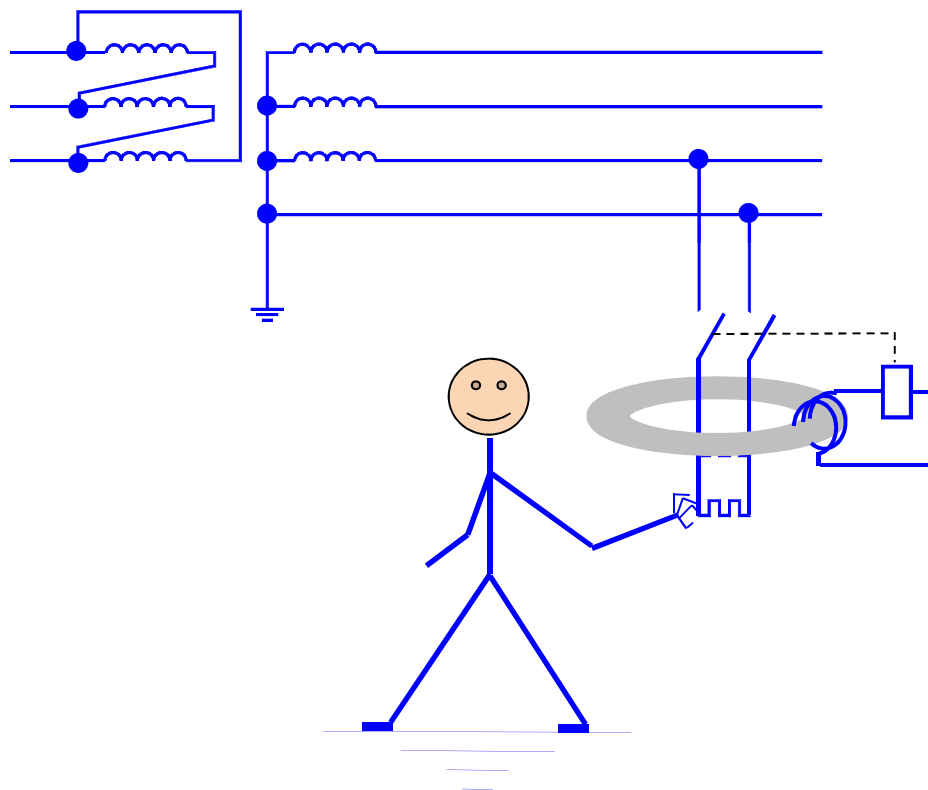


1f ÁVK

Itt az *emberen keresztül folyó* áram hoz létre kiegyenlítetlen gerjesztést, ami az áramkör önműködő lekapcsolását idézi elő.

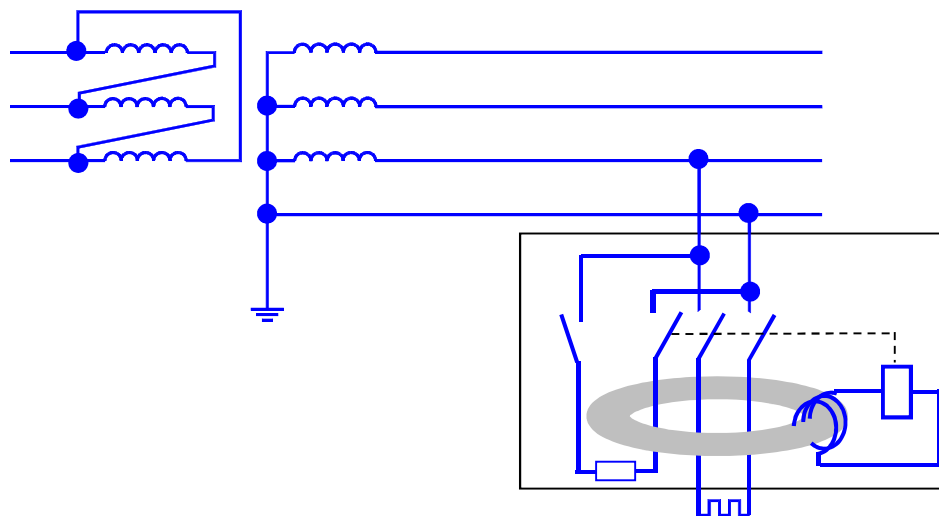


1f ÁVK

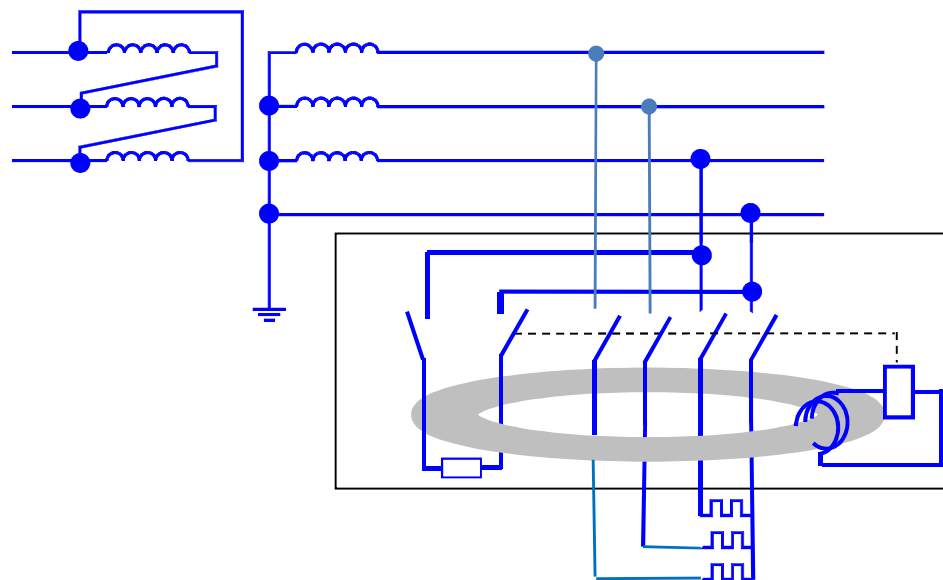


1f ÁVK

Időszakos ellenőrzés
beépített ellenállás
segítségével.

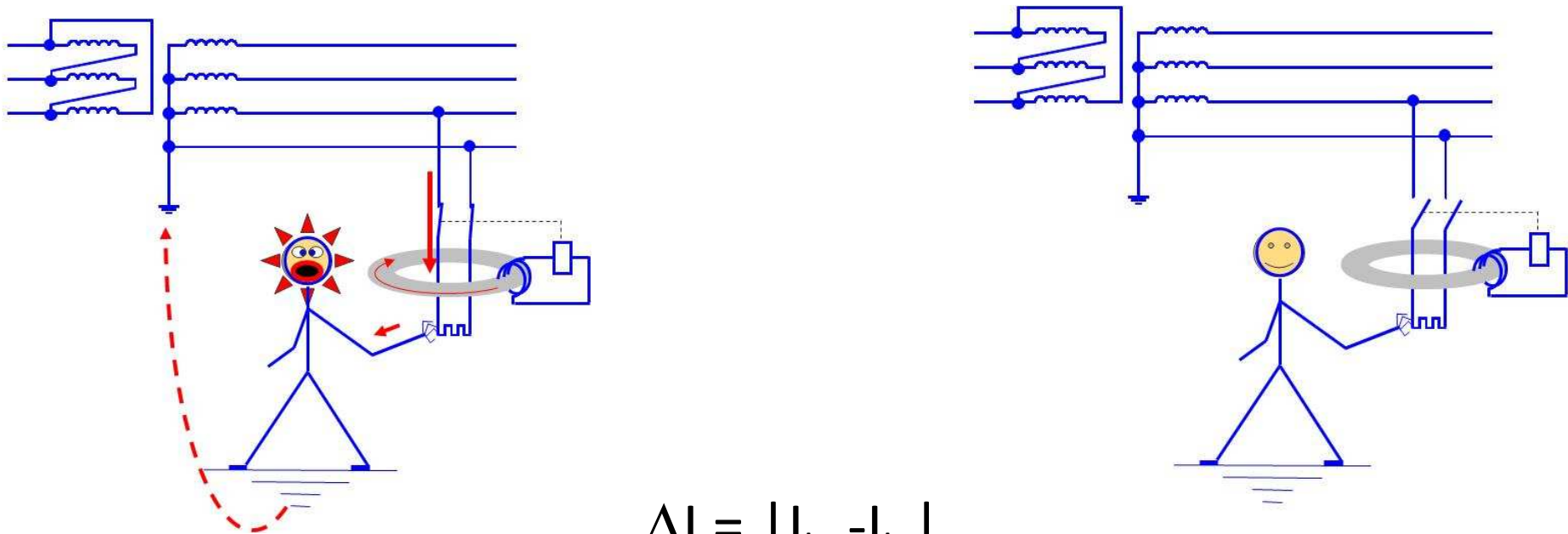


3f ÁVK



Alapvédelem biztosítása

- Áramvédő-kapcsoló („népiesen” FI relé, angoloknál RCD ill. RCB) az **alpvédelemben** (normál üzem esetén) csak **kiegészítő** védelemként alkalmazható



$$\Delta I = |I_{be} - I_{ki}|$$

Biztos kikapcsolás:

$$\Delta I \geq \Delta I_n \text{ általában } 30 \text{ mA}$$

MSZ HD 60364-4-41

Védelem normál esetben
(Alapvédelem, közvetlen érintés ellen)

- aktív részek elszigetelése
- védőburkolat, védőfedés

Csak szakk. v. kiokt.:

- védőakadály
- elérhető tartományon kívüli elhelyezés

Csak kiegészítő véd.

- ÁVK

Védelem hiba esetére

(Közvetett érintés elleni védelem)

- Táplálás önműködő lekapcsolása

- Kialakítás: TN, TT, IT, FELV

- Általános előírások:

- Egyenpotenciálú összekötés

- védőföldelés

- Kettős v. megerősített szigetelés

- Villamos elválasztás

- SELV- PELV-

Csak szakk. v. kiokt.

- Környezet elszigetelése

- Földeletlen helyi EPH

- Vill. elv. 1-nél több készülék táplálására

Kiegészítő védelem

- Kiegészítő EPH

MSZ HD 60364-4-41

Védelem normál esetben
(Alapvédelem, közvetlen érintés ellen)

- aktív részek elszigetelése
- védőburkolat, védőfedés

Csak szakk. v. kiokt.:

- védőakadály
- elérhető tartományon kívüli elhelyezés

Csak kiegészítő véd.

- ÁVK

Védelem hiba esetére

(Közvetett érintés elleni védelem)

-Táplálás önműködő lekapcsolása („aktív véd.”)

-Kialakítás: TN, TT, IT, FELV

-Általános előírások:

-Egyenpotenciálú összekötés

-védőföldelés

-Kettős v. megerősített szigetelés

-Villamos elválasztás

-SELV- PELV-

Csak szakk. v. kiokt.

-Környezet elszigetelése

-Földeletlen helyi EPH

-Vill. elv. 1-nél több készülék táplálására

Kiegészítő védelem

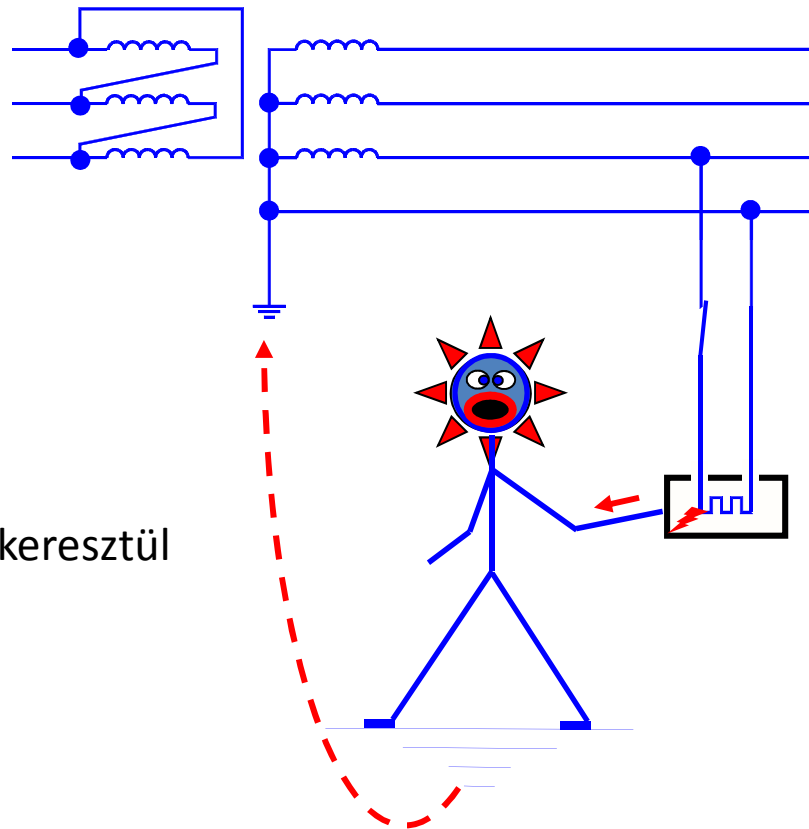
-Kiegészítő EPH

Áramütés elleni védelem hiba esetén

- Az aktív érintésvédelmi módok alkalmazásakor fellépő tényleges érintési feszültség (U_e) értéke nagyobb a limitfeszültségnél, tehát egy meghatározott rövid időn belül egy kikapcsoló védelmi eszközzel önműködően le kell kapcsolni a hibás készüléket a hálózatról.
- A védelmi eszköz működtetéséhez **hibaáramot** hozunk létre.

Testzárlat

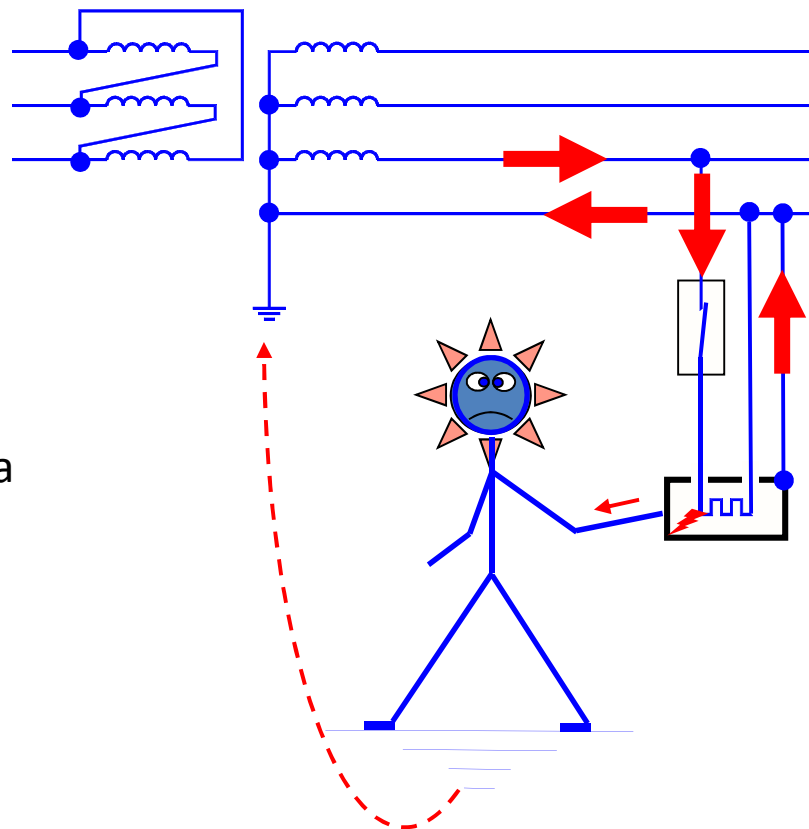
Áram az emberen keresztül



„Aktív” érintésvédelem

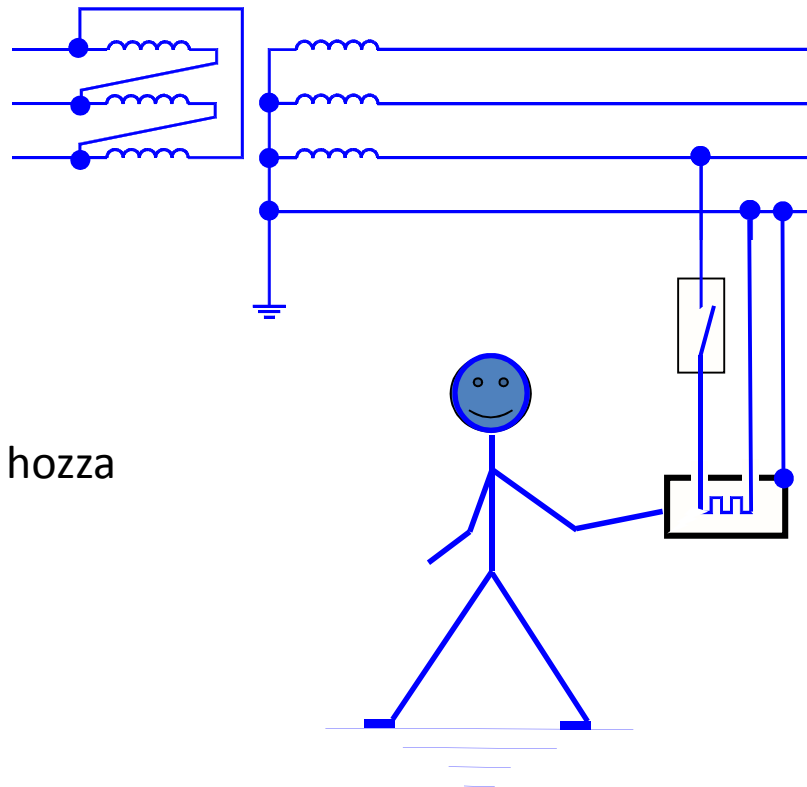


Hibaáram keletkezik, ha zárlatos a berendezés.



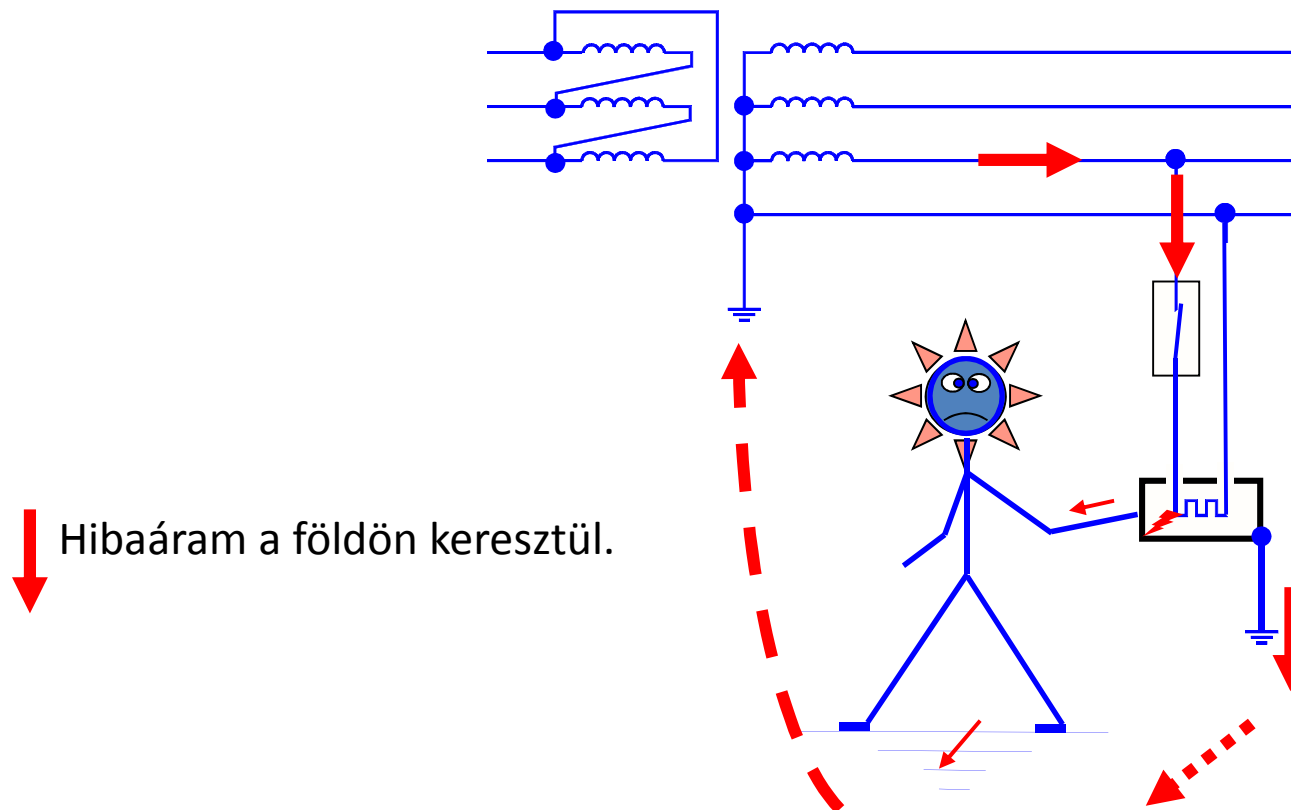
„Aktív” érintésvédelem

TN rendszer, „nullázás”



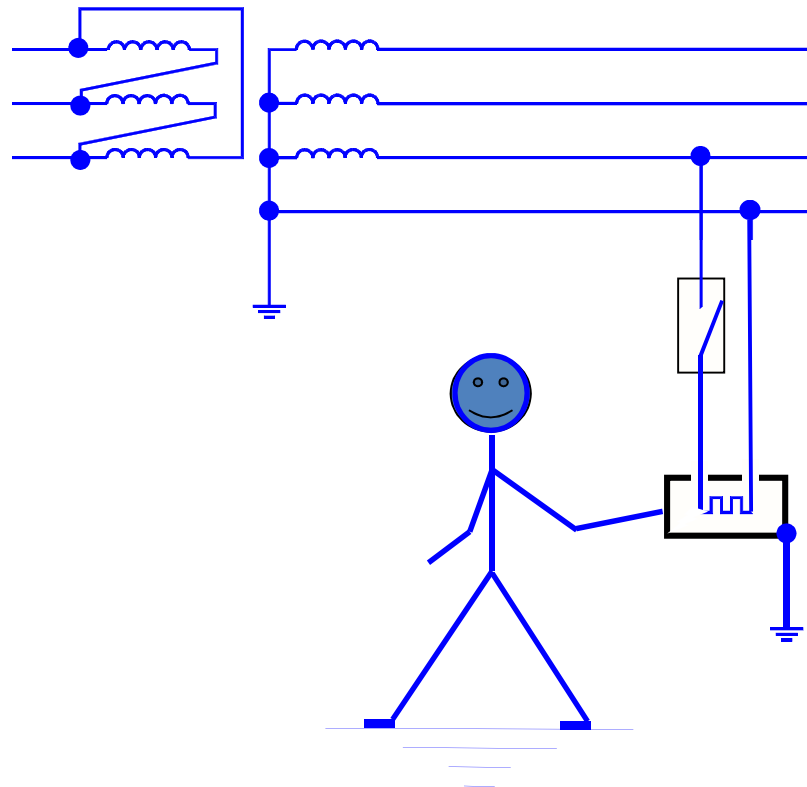
A hibaáram működésbe hozza a védelmi eszközt.

„Aktív” érintésvédelem

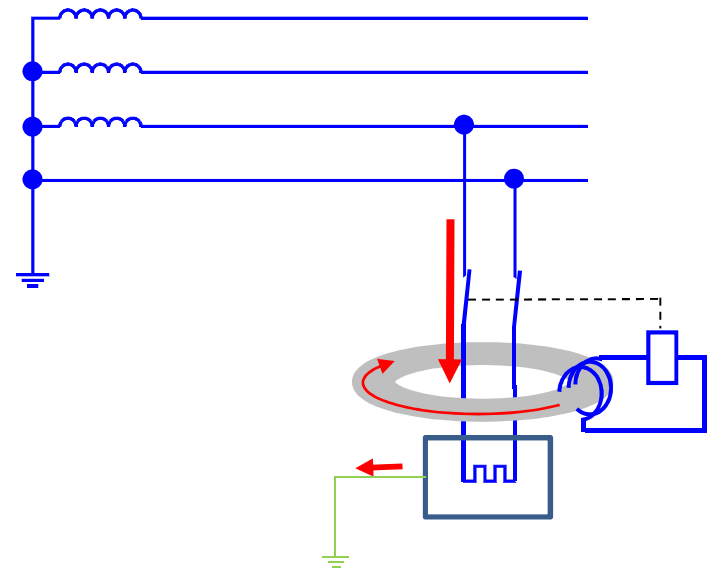
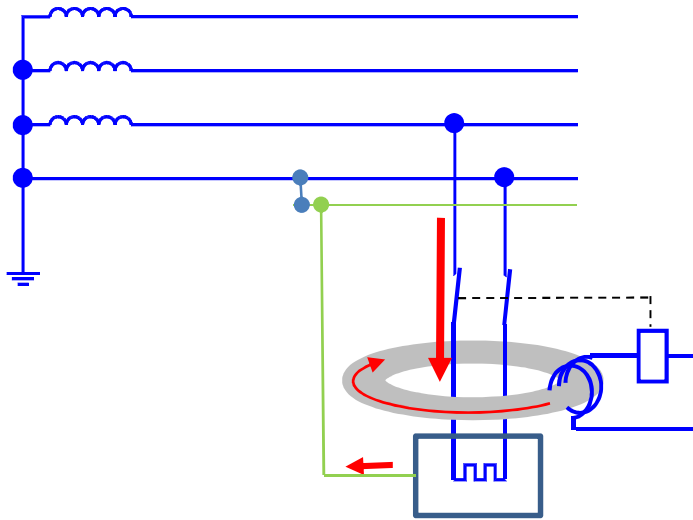


„Aktív” érintésvédelem

TT rendszer



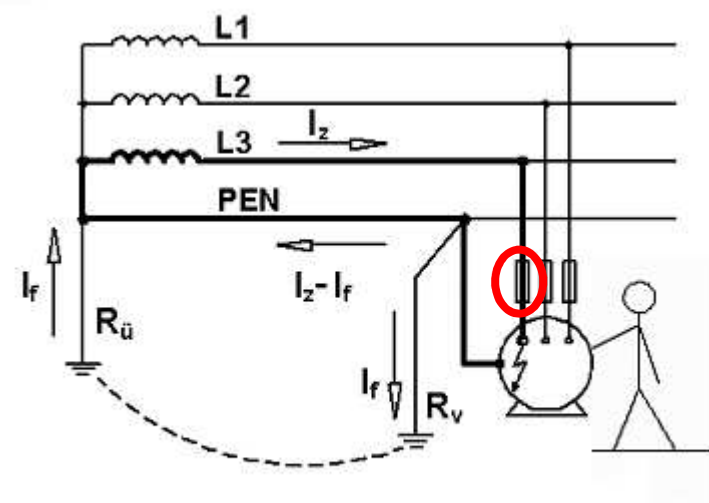
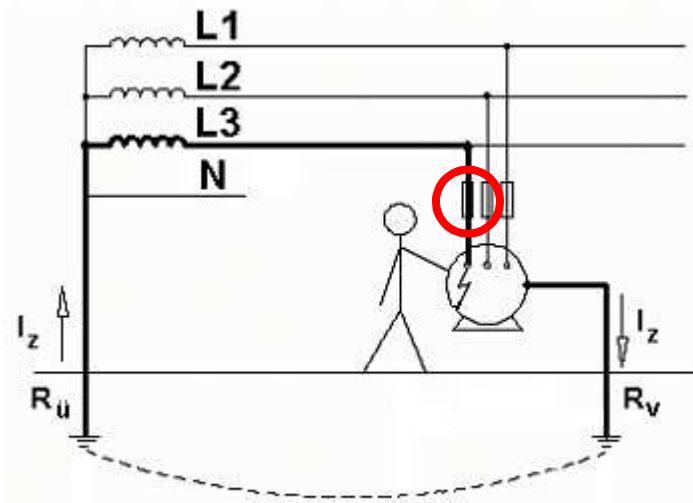
Hiba esetén alkalmazott védelemnél az ÁVK már nem csak kiegészítésként alk.



Itt a ***védővezetőn keresztül folyó hibaáram*** hoz létre kiegyenlítetlen gerjesztést, ami az áramkör önműködő lekapcsolását idézi elő.

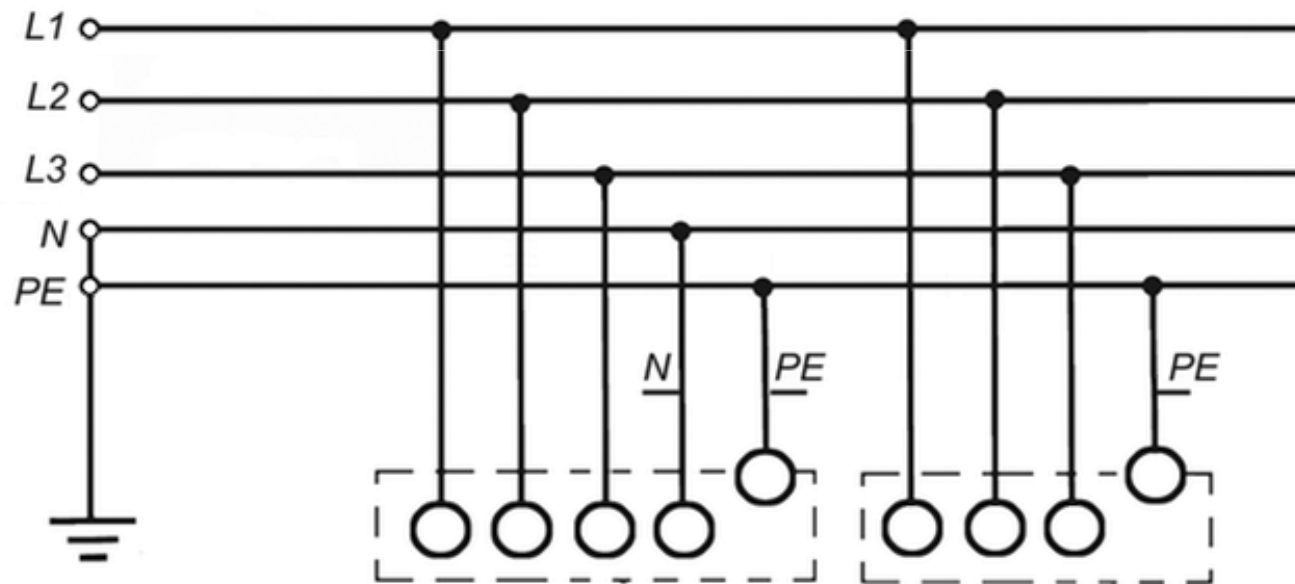
Áramütés elleni védelem hiba esetén

- Mekkora a kialakuló hibaáram?
 - Függ a hálózat típusától
- Mennyi idő alatt kapcsol ki a védelmi eszköz?



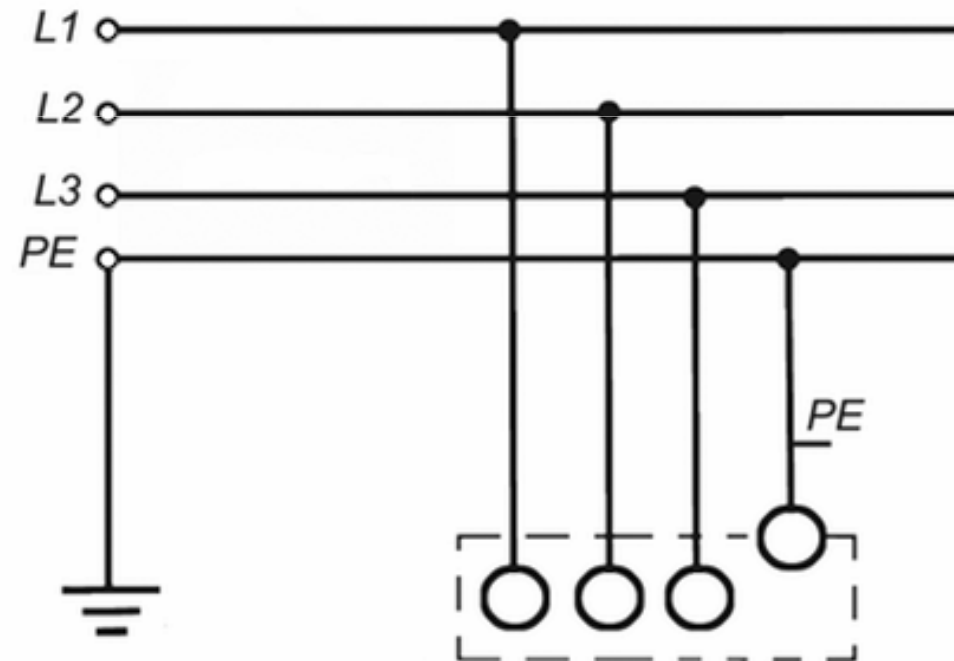
TN-rendszerek típusai

- TN-S-rendszer



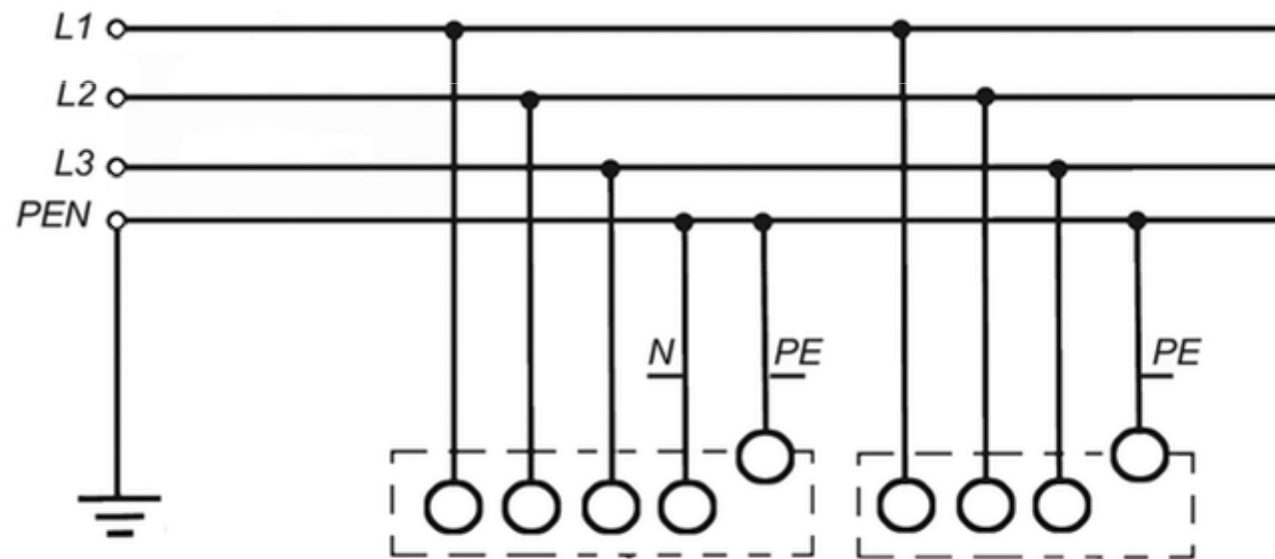
TN-rendszerek típusai

- TN-S-rendszer



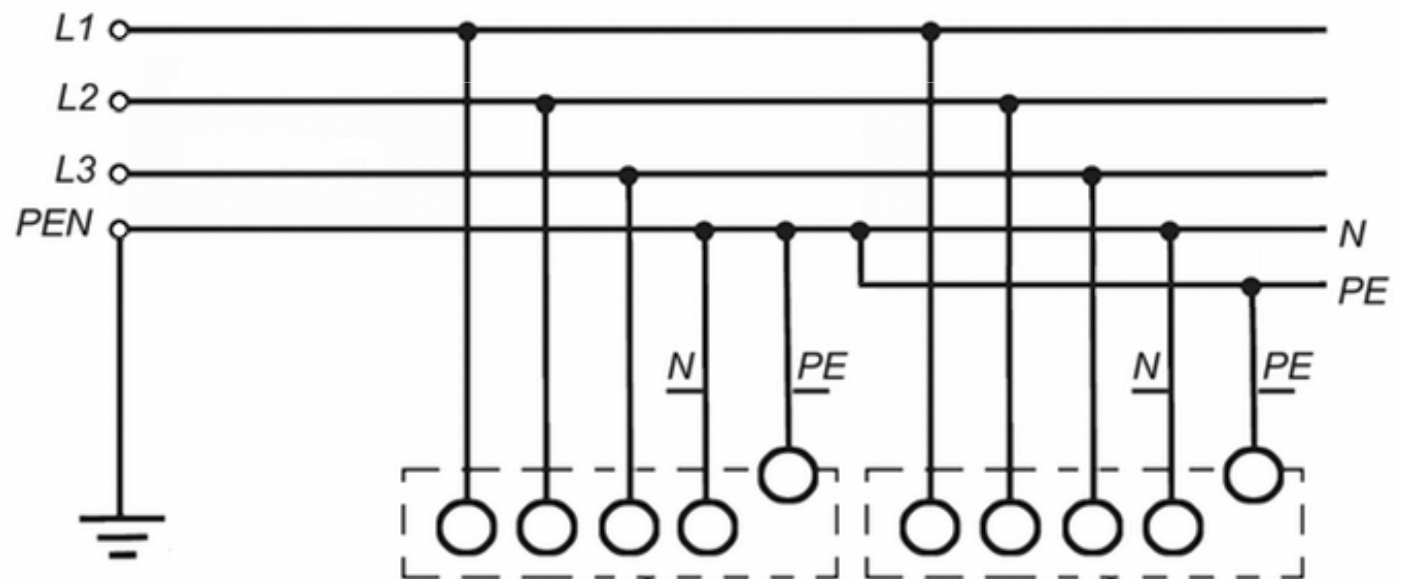
TN-rendszerek típusai

- TN-C-rendszer



TN-rendszerek típusai

- TN-C-S-rendszer

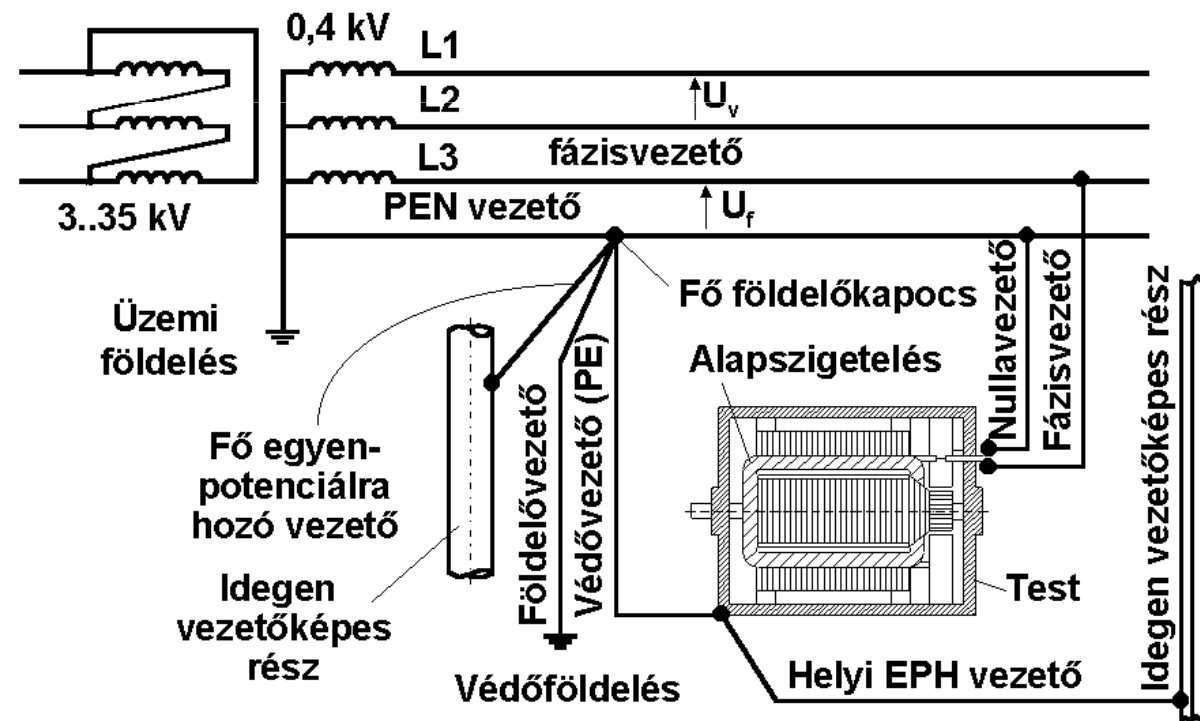


TN-rendszerek típusai

- TN-C-S-rendszer
- a gyakorlatban, ahol külön kapocs (sín) van a védővezető és külön a nullavezető részére, a bemenő PEN-vezetőt mindig a védővezető (PE) kapcsára kell kötni, és innen kell a nullavezető (N) kapcsát átkötni

Villamos hálózat és fogyasztó

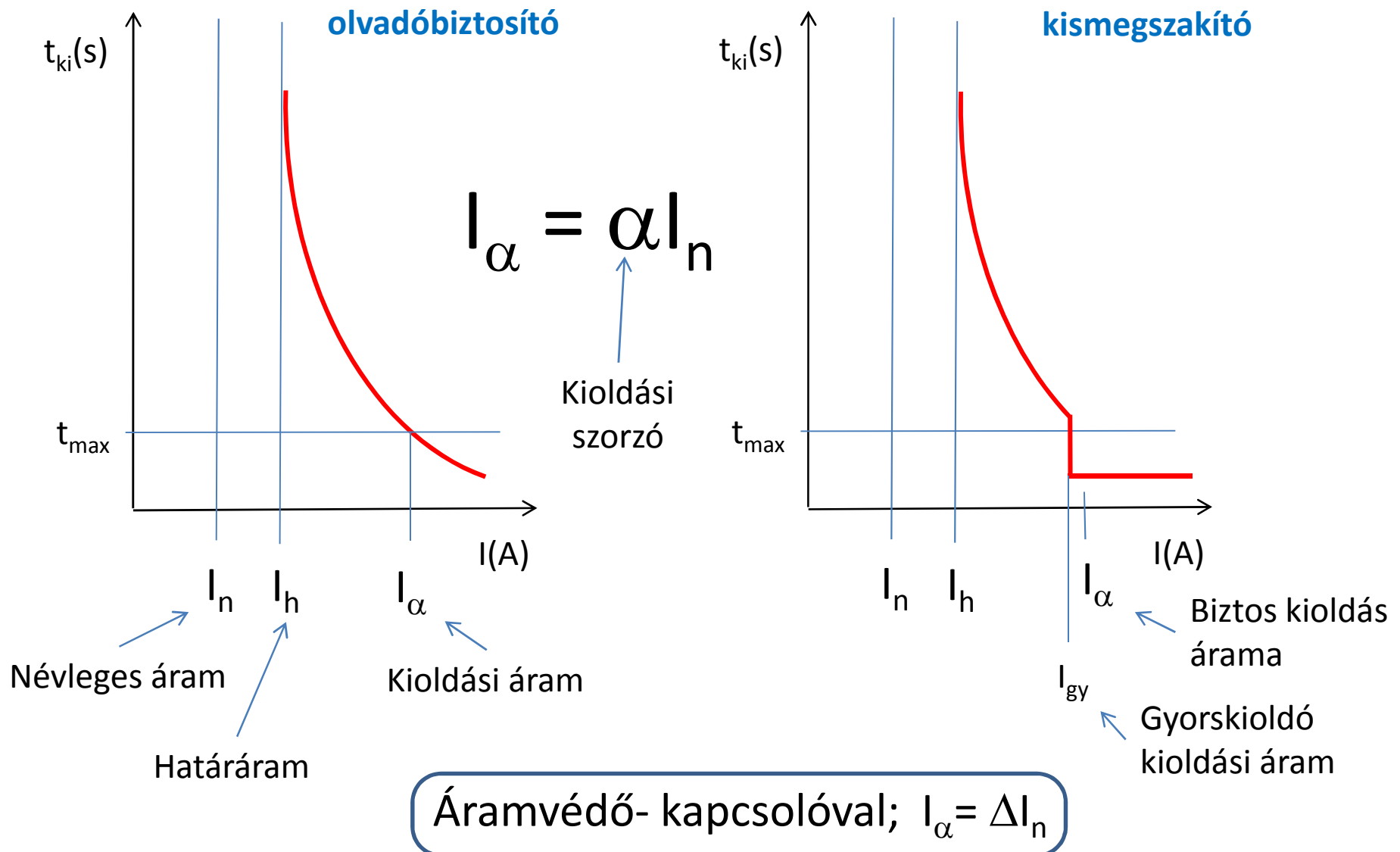
- Hálózati csatlakozásnál TN rendszer esetén is van védőföldelés.



Túláramvédelmi eszközök lekapcsolási ideje

- Az MSZ HD 60364-4-41 szerint
 - A **legfeljebb 32 A**-es végáramkörökhöz 230 V effektív értékű fázisfeszültséggel rendelkező hálózatokon **TN** rendszer esetén **0,4s**; **TT** rendszer esetén **0,2s** leghosszabb lekapcsolási időket kell alkalmazni. (t_{\max})
 - **32A feletti** végáramkörökre ill. elosztó áramkörökre **TN** rendszerben **5s**, **TT**-ben **1s** a megengedett leghosszabb lekapcsolási idő.

Táplálás önműködő lekapcsolása túláramvédelmi eszközzel



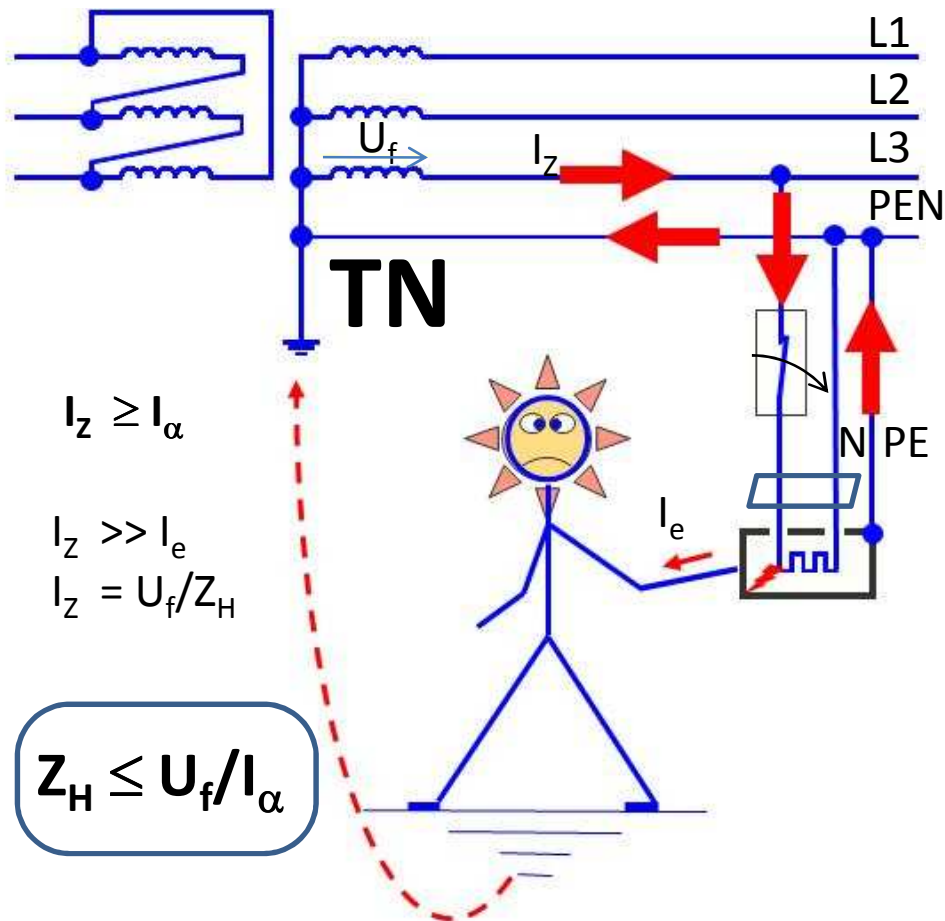
α értéke túláramvédelmi eszközökre, TN

Túláram- védelmi eszköz	Típus		$t_{\max}=5\text{ s}$	$t_{\max}=0,4\text{ s}$
	Olvadó biztosító	gG, gM	$I_n \leq 25\text{ A}$	4
(gyors és késleltete tt)		$I_n \geq 32\text{ A}$	5	7
gR (ultragyors)		2,5	6	
Kis- megszakító	B		5	5
	C		5	10
	D		5	20

Tehát pl. 10A-es névleges áramú C típusú kismegszakítónál 100A áram kell, hogy a gyorskioldó biztosan kikapcsoljon.

Méretezés alapösszefüggései

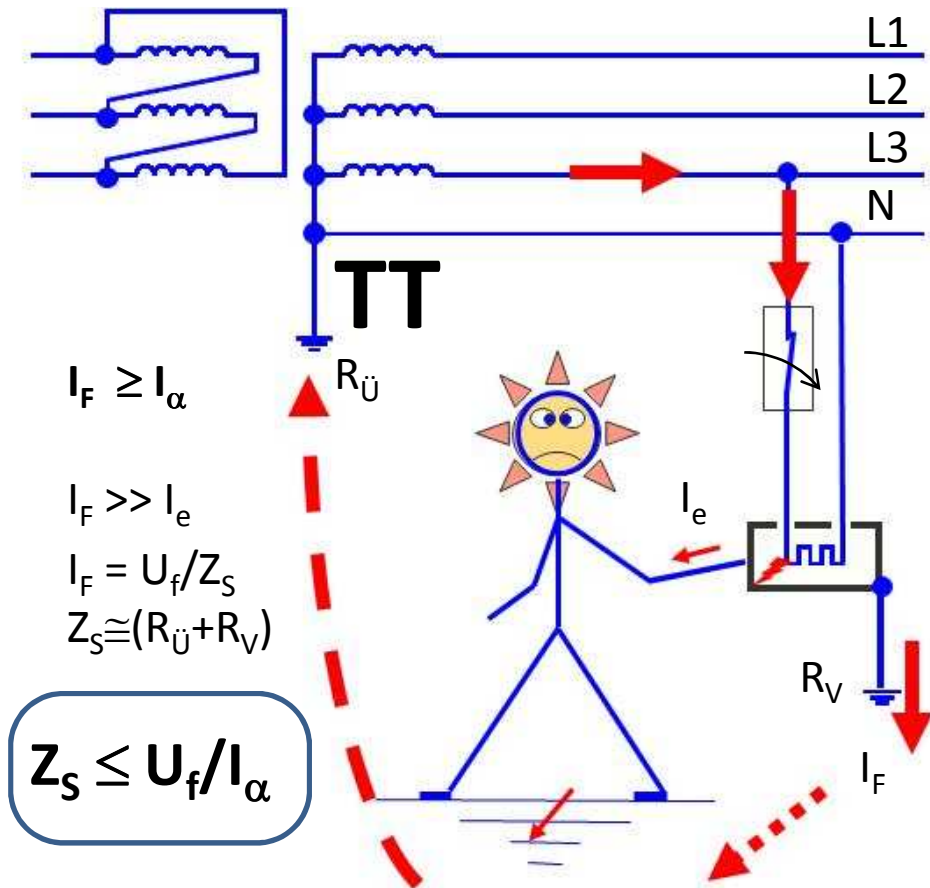
- Földelt csillagpontú hálózatok



ÁVK esetén $I_\alpha = \Delta I_n$

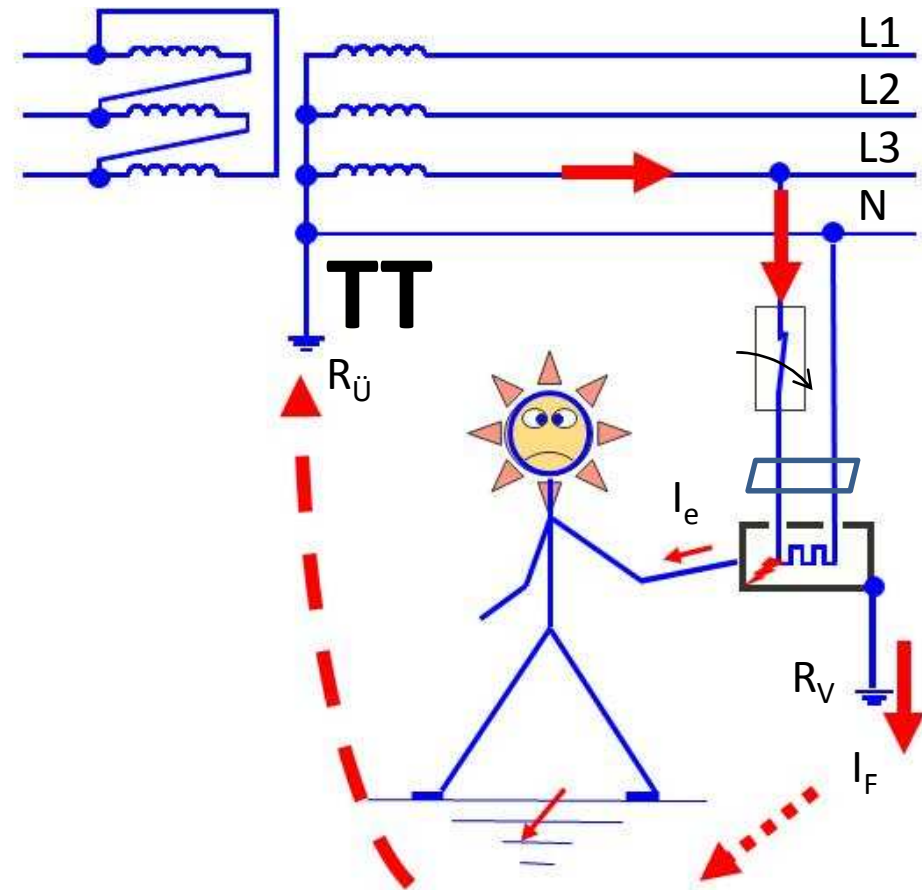
Méretezés alapösszefüggései

- Földelt csillagpontú hálózatok



Méretezés alapösszefüggései

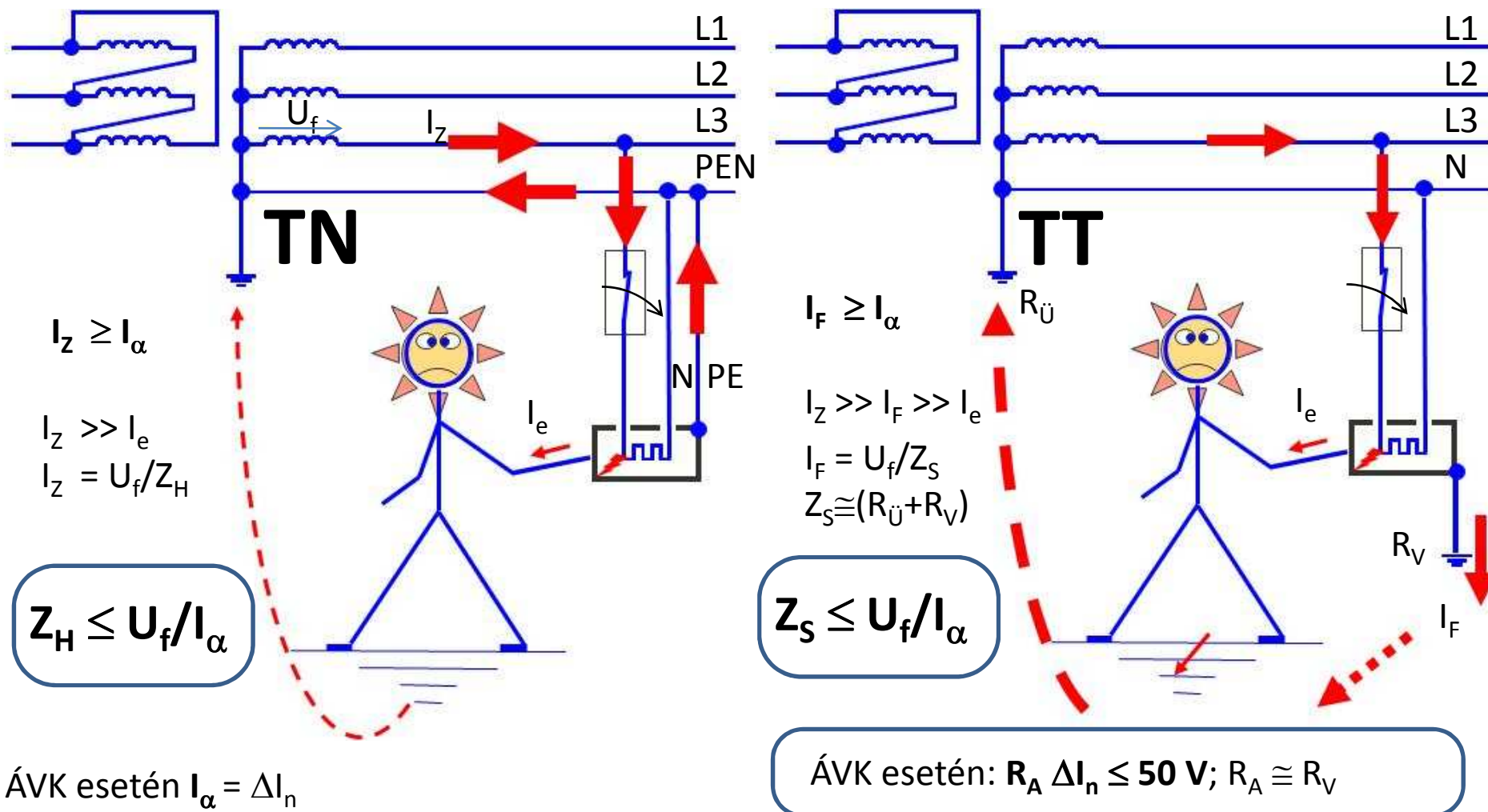
- Földelt csillagpontú hálózatok



ÁVK esetén: $R_A \Delta I_n \leq 50 \text{ V}$; $R_A \cong R_V$

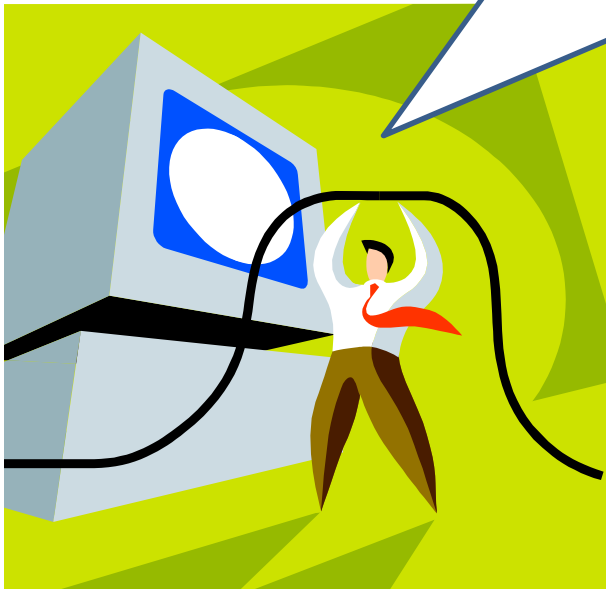
Méretezés alapösszefüggései

- Földelt csillagpontú hálózatok

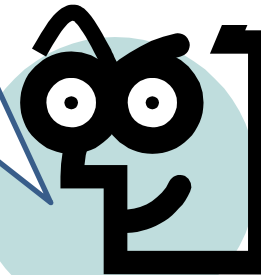


Többek között ezért NE...

Te Józsi, ez a számítógép folyton levágja a kismegszakítót, amikor bekapcsolom.

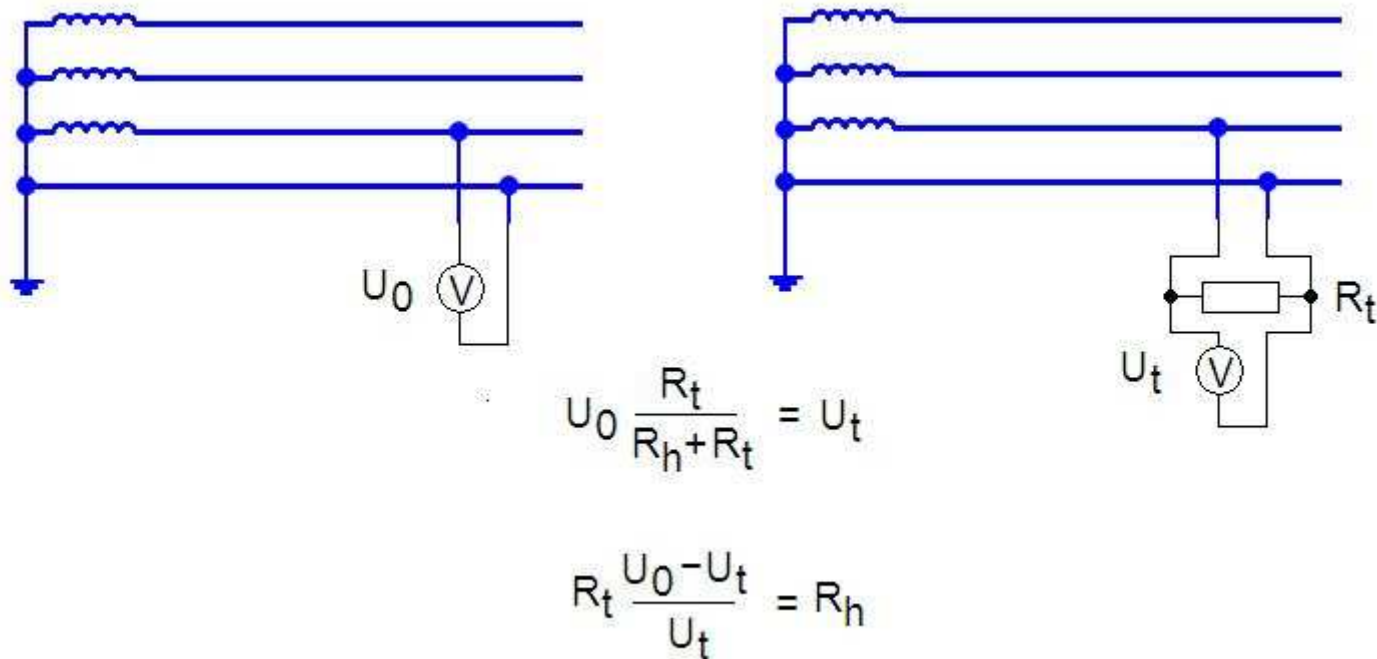


No para!
Cseréld ki
a kismegszakítót egy
nagyobbra !



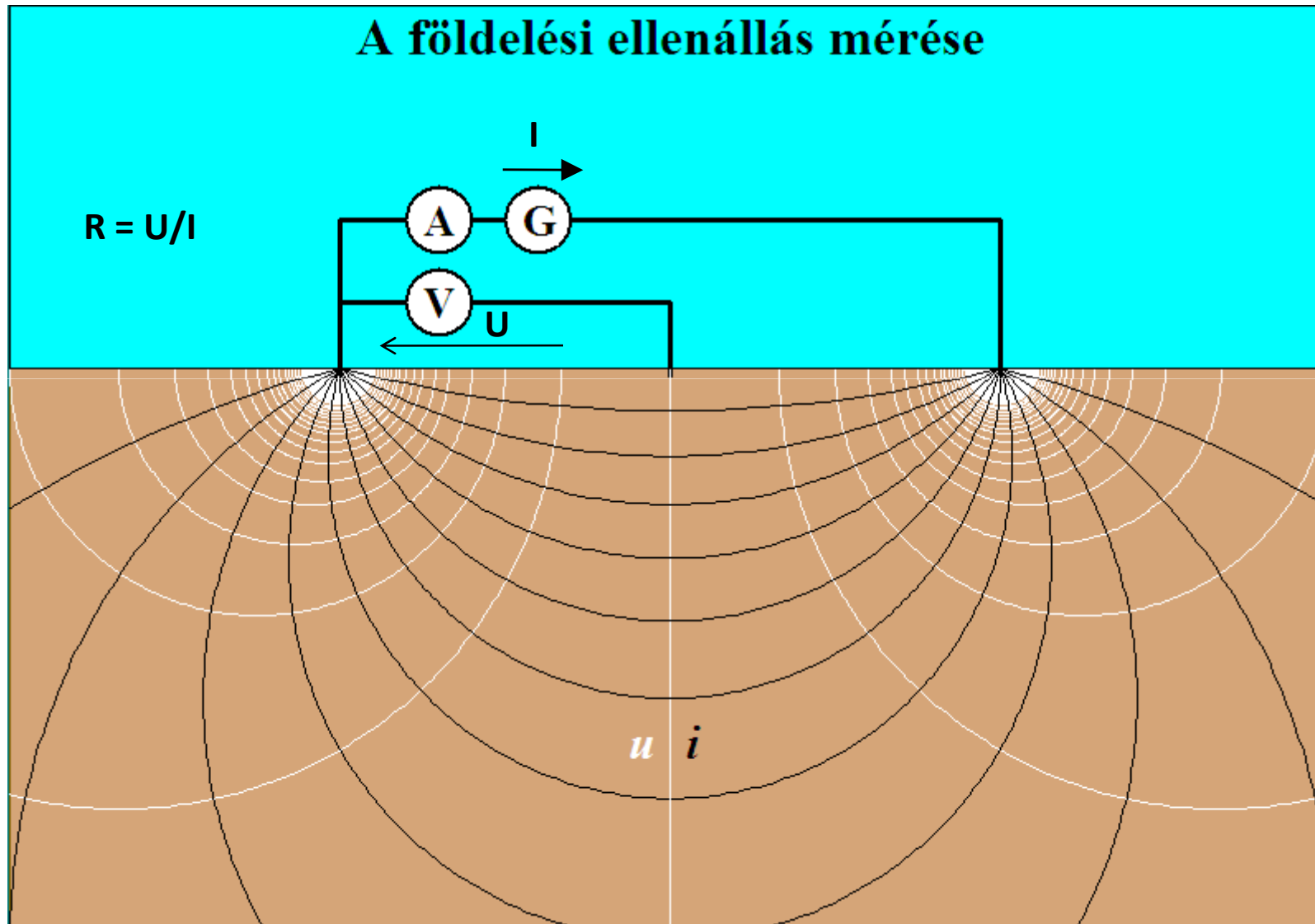
- ... és már tönkre is tettük a
- szelektív védelmet (zárlat esetén nem csak a zárlatos szakaszt kapcsoljuk le)
 - túlterhelésvédelmet (most már olvadhat a kábelszigetelés)
 - **áramütés elleni védelmet** (önműködő lekapcsolás nem garantált)

Ellenőrzés méréssel



(Z_H -ra ugyanúgy működik, csak akkor komplex mennyiségekkel számolunk.
A mai mérőműszerek automatikusan a hurokimpedancia értékét jelzik ki.)

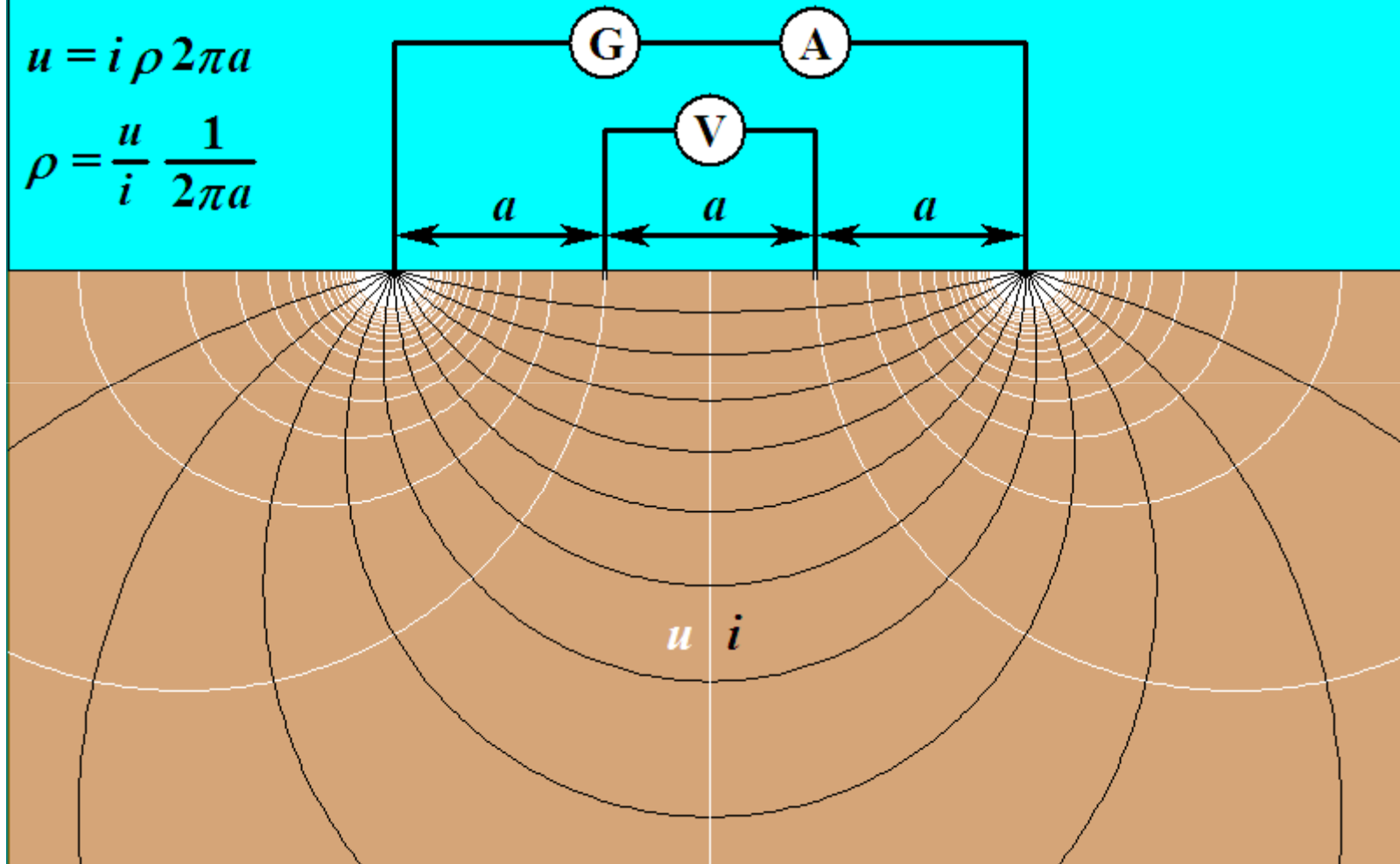
Ellenőrzés méréssel



A fajlagos ellenállás mérése

$$u = i \rho 2\pi a$$

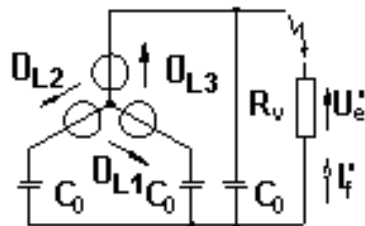
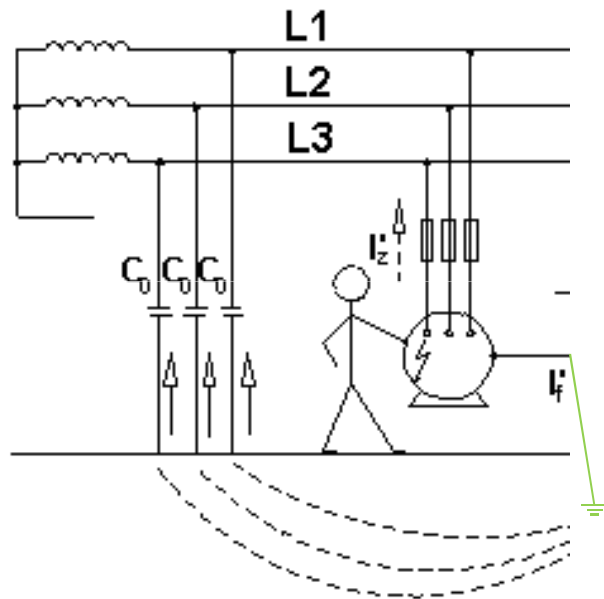
$$\rho = \frac{u}{i} \frac{1}{2\pi a}$$



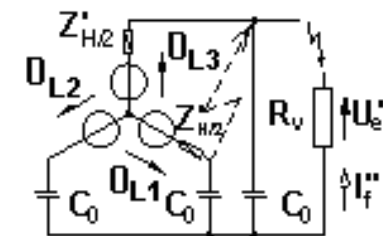
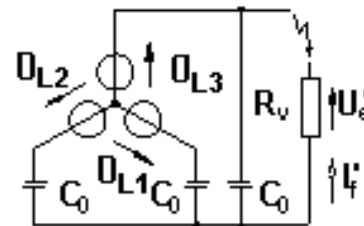
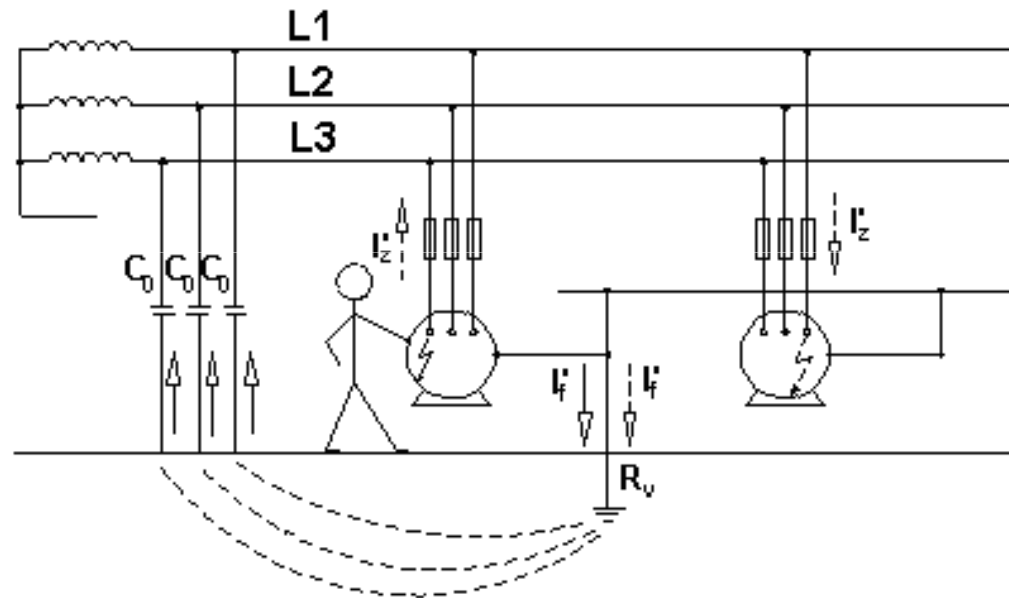
IT rendszerek

(kitekintés, méretezési összefüggések másik tárgyban)

- Egysarkú földzárlat
 - Jelezni kell



- Kétsarkú földzárlat
 - Automatikusan le kell kapcsolni



MSZ HD 60364-4-41

Védelem normál esetben
(Alapvédelem, közvetlen érintés ellen)

- aktív részek elszigetelése
- védőburkolat, védőfedés

Csak szakk. v. kiokt.:

- védőakadály
- elérhető tartományon kívüli elhelyezés

Csak kiegészítő véd.

- ÁVK

Védelem hiba esetére

(Közvetett érintés elleni védelem)

- Táplálás önműködő lekapcsolása

- Kialakítás: TN, TT, IT, FELV

- Általános előírások:

- Egyenpotenciálú összekötés

- védőföldelés

- **Kettős v. megerősített szigetelés**

- **Villamos elválasztás**

- **SELV- PELV-**

Csak szakk. v. kiokt.

- **Környezet elszigetelése**

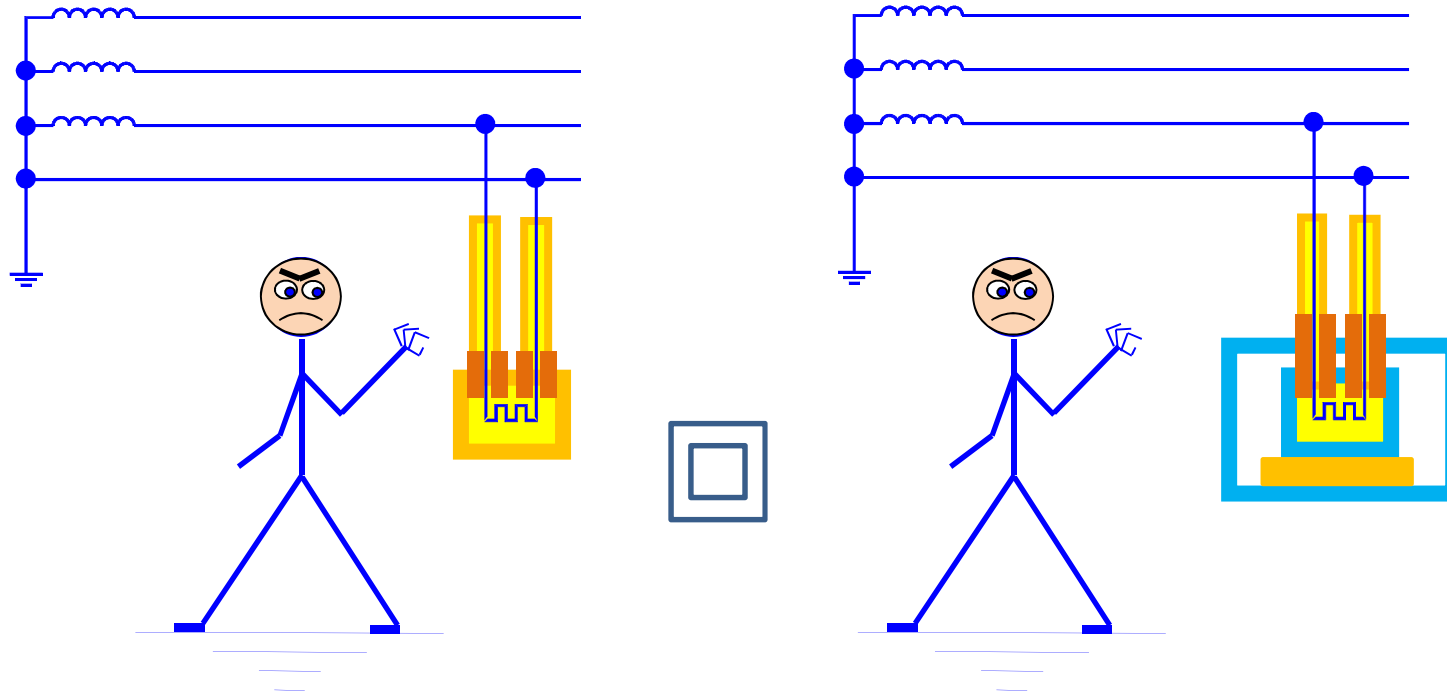
- **Földeletlen helyi EPH**

- **Vill. elv. 1-nél több készülék táplálására**

Kiegészítő védelem

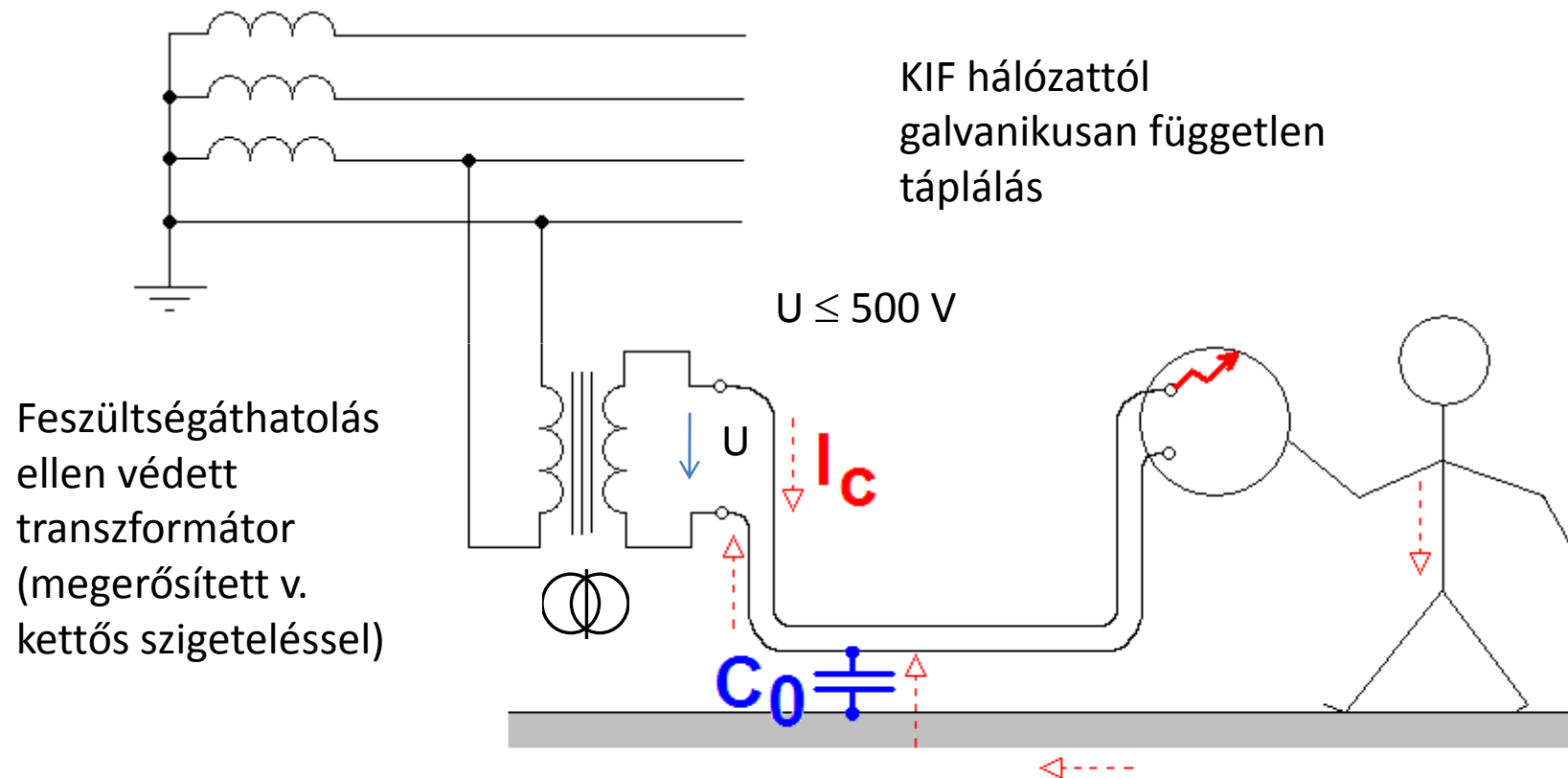
- **Kiegészítő EPH**

Kettős, vagy megerősített szigetelés



Az aktív rész és a test (érintési felület) között **két** szigetelés van az egyik az **alap**, a másik a **kiegészítő**. Erősen igénybevett helyeken **megerősített** szigetelést alkalmaznak.

Védelem villamos elválasztással

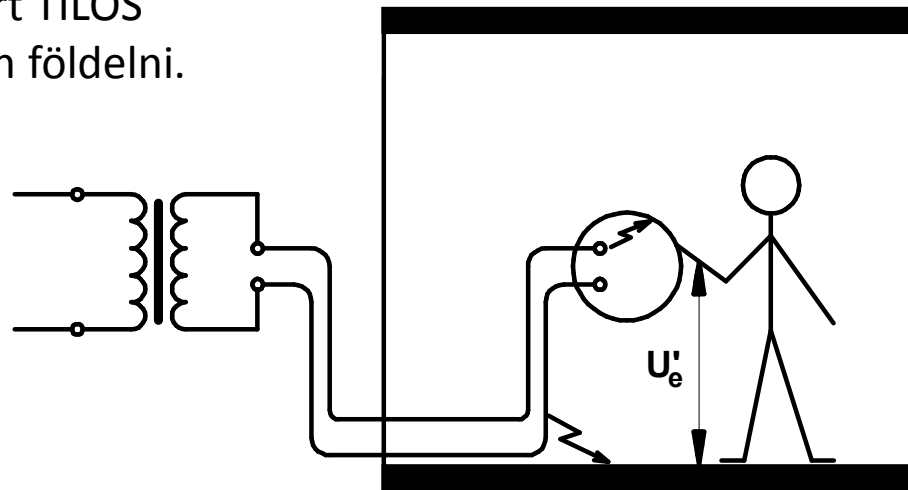


A kapacitás arányos a vezetékhozzsal.
Ajánlás: max. vezetékhozz = 500 m;
 $U[\text{V}] * L[\text{m}] < 100000$

Védelem villamos elválasztással

A tápvezetékek is kettős szigetelésűek legyenek, különben...

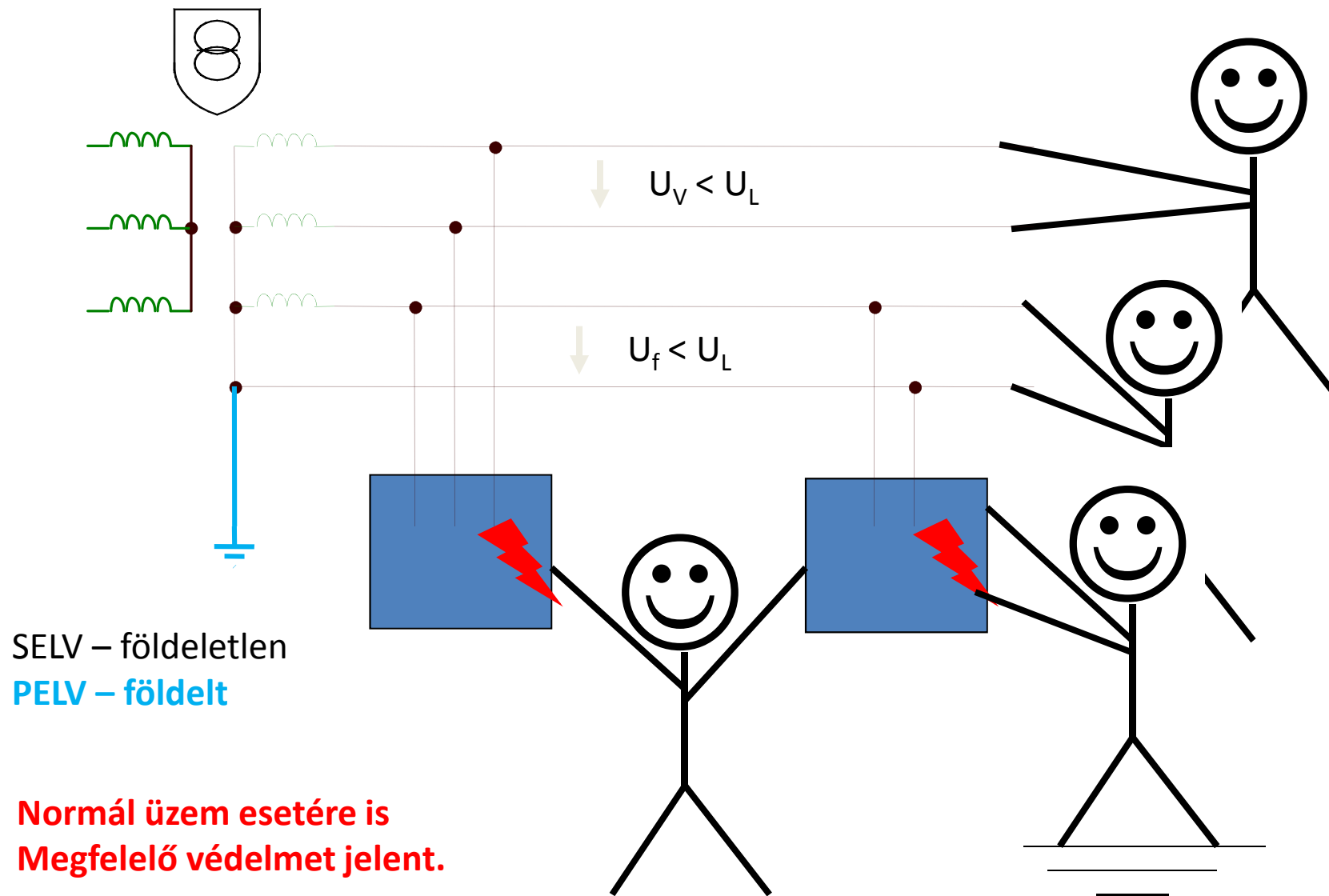
Értelem szerűen ezért TILOS A leválasztott oldalon földelni.



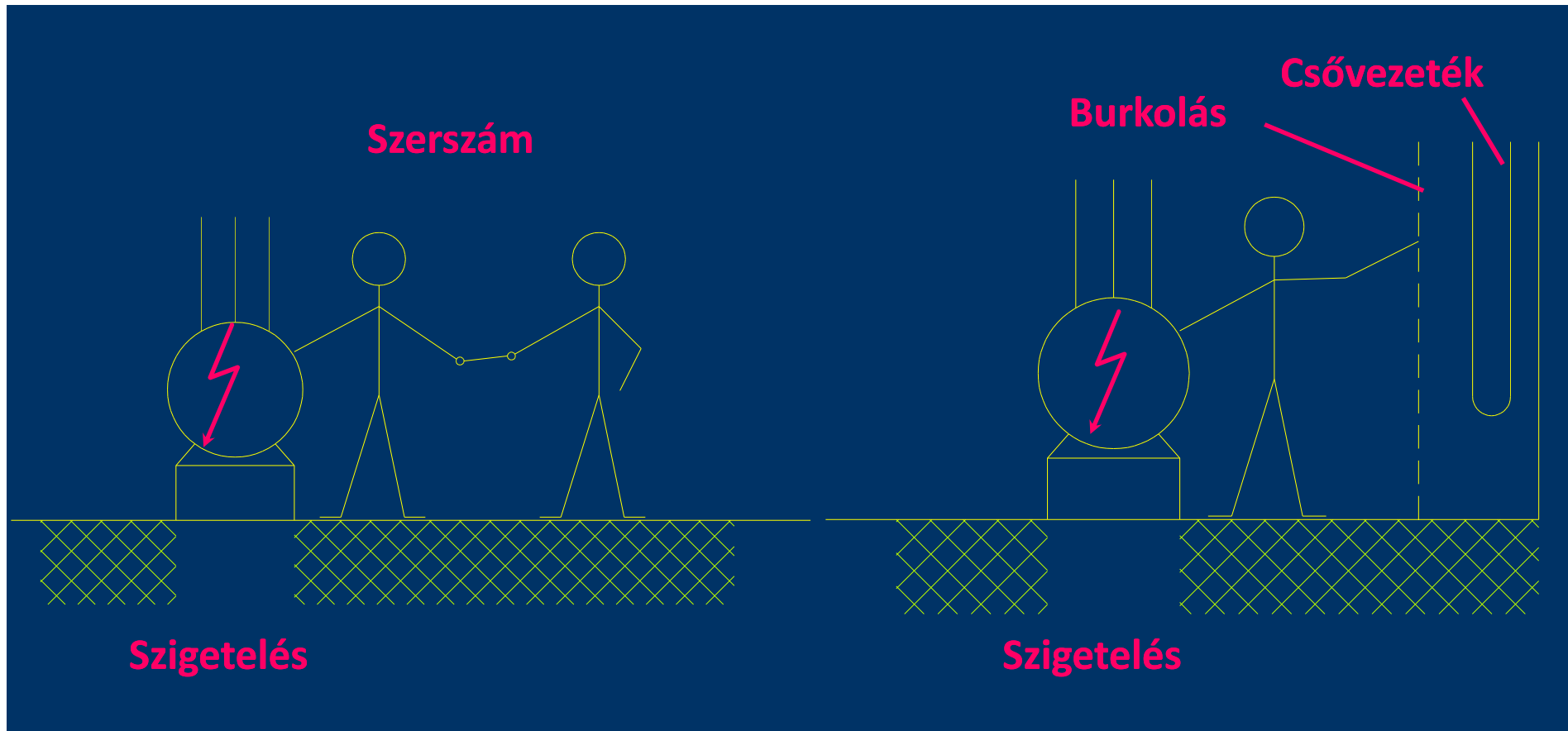
Kazán, tartály fémszerkezet

Törpefeszültség (Extra Low Voltage) alkalmazása

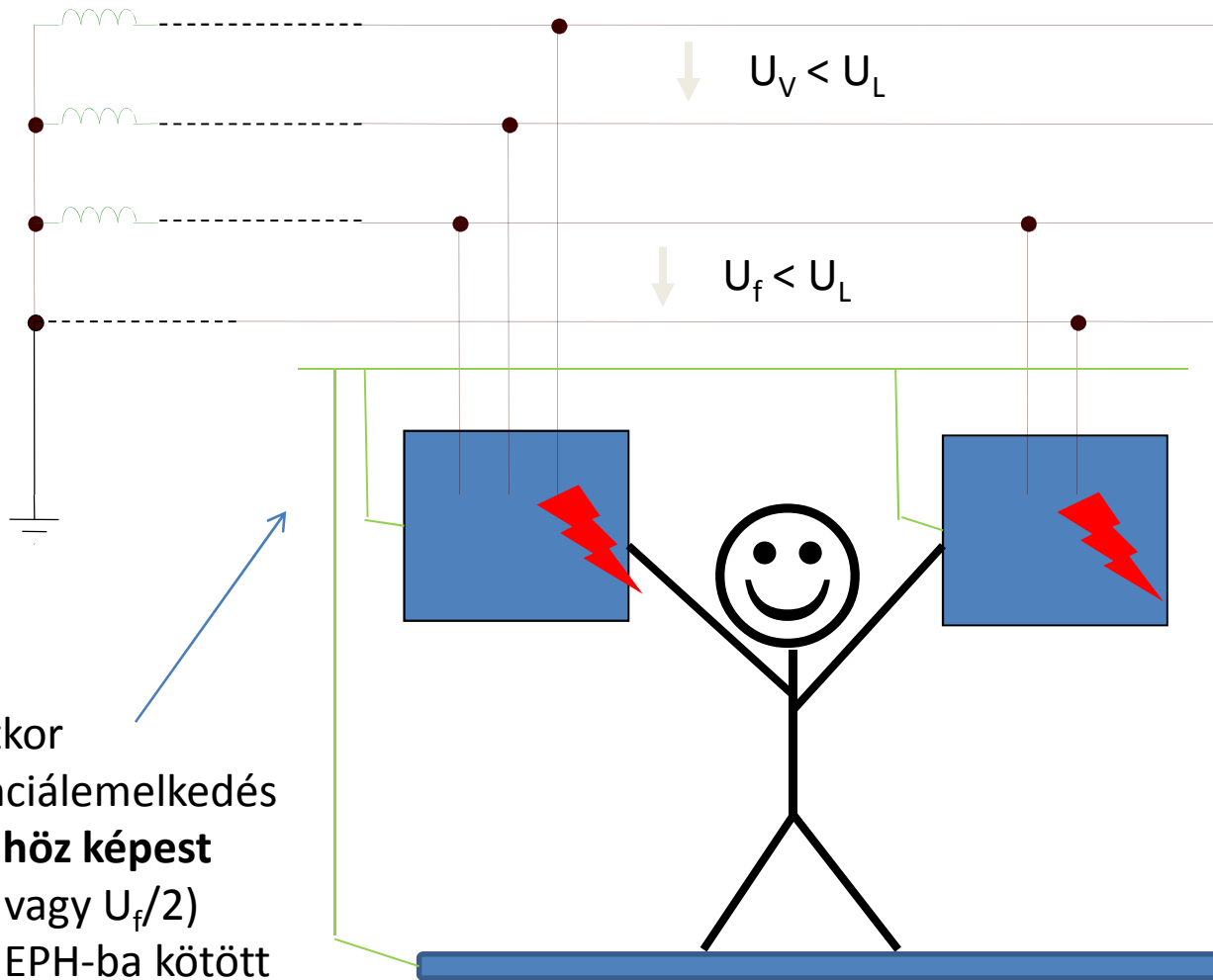
SELV: Safety ELV; PELV: Protective ELV



A környezet elszigetelése



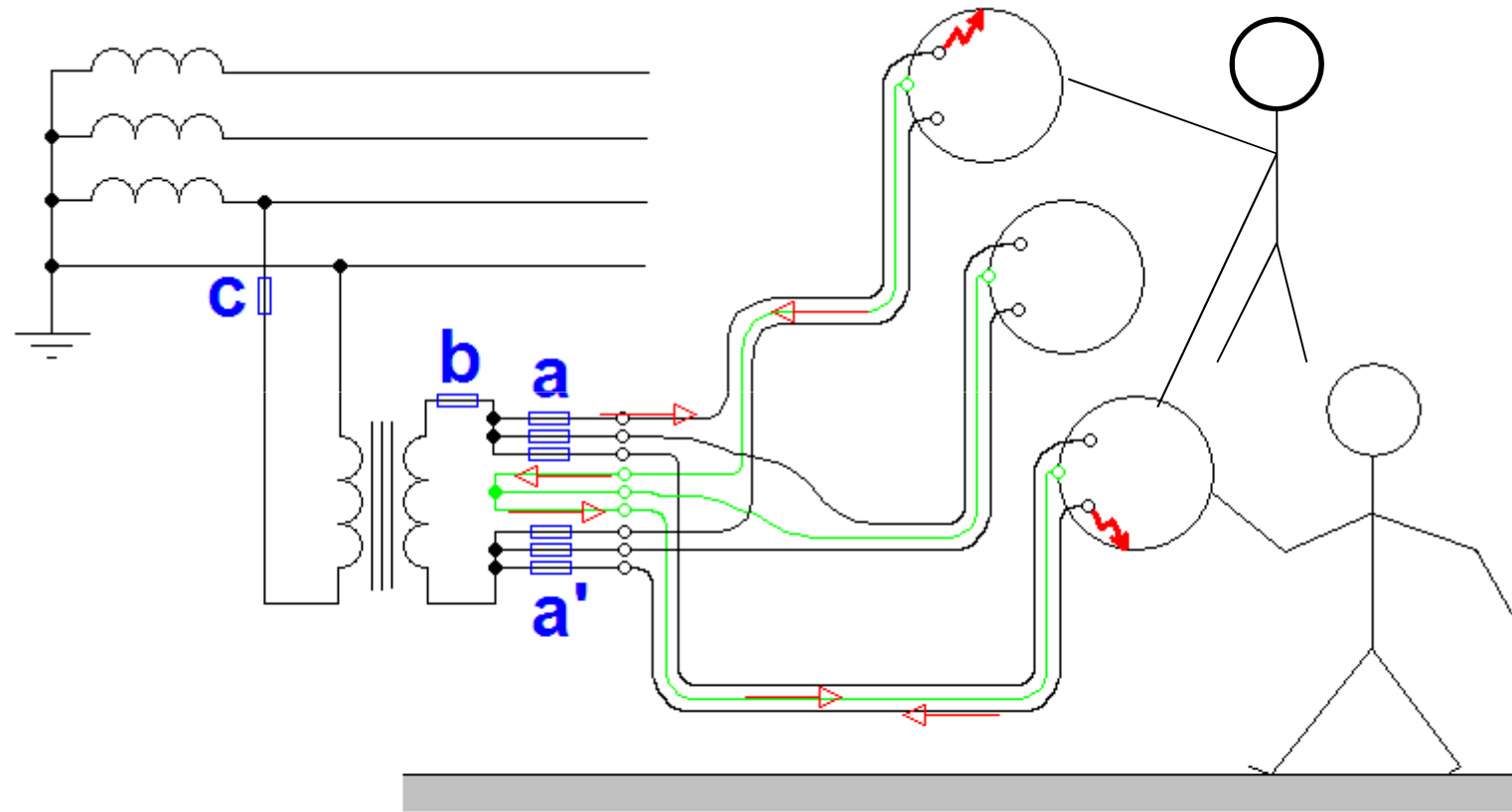
Földeletlen helyi EPH



VESZÉLY!

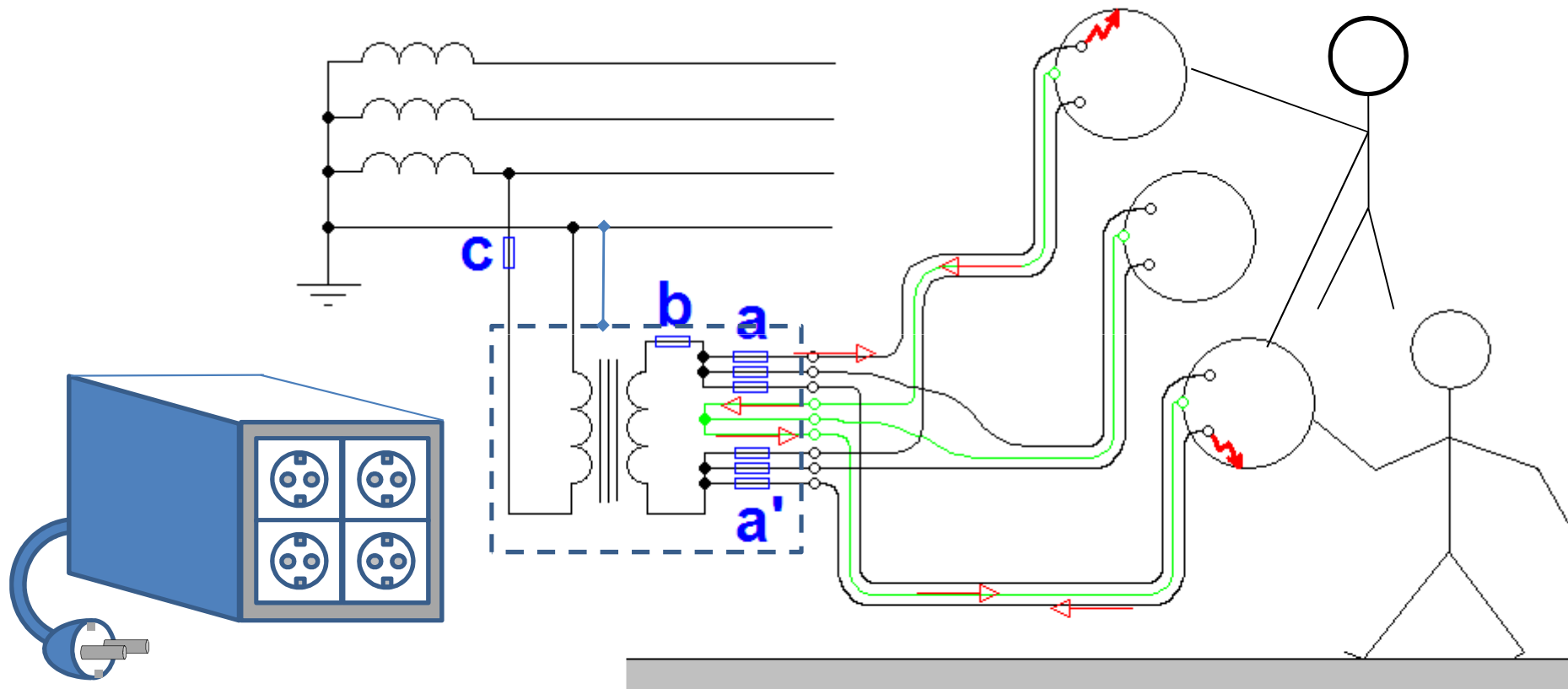
Zárlatkor
potenciálemelkedés
a földhöz képest
($U_V/2$ vagy $U_f/2$)
de az EPH-ba kötött
testek között
egymáshoz képest
nem

Védelem villamos elválasztással egynél több eszköz táplálására



**Kettős testzárlat esetén a hibás
fogyasztó(ka)t védelmi eszköznek kell
önműködően lekapcsolnia**

Védelem villamos elválasztással egynél több eszköz táplálására



**Kettős testzárlat esetén a hibás
fogyasztó(ka)t védelmi eszköznek kell
önműködően lekapcsolnia**

Összefoglalás

Védelem normál esetben
(Alapvédelem, közvetlen érintés ellen)

- aktív részek elszigetelése
- védőburkolat, védőfedés

Csak szakk. v. kiokt.:

- védőakadály
- elérhető tartományon kívüli elhelyezés

Csak kiegészítő véd.

- ÁVK

Védelem hiba esetére

(Közvetett érintés elleni védelem)

- Táplálás önműködő lekapcsolása

- Kialakítás: TN, TT, IT, FELV

- Általános előírások:

- Egyenpotenciálú összekötés

- védőföldelés

- Kettős v. megerősített szigetelés

- Villamos elválasztás

- SELV- PELV-

Csak szakk. v. kiokt.

- Környezet elszigetelése

- Földeletlen helyi EPH

- Vill. elv. 1-nél több készülék táplálására

Kiegészítő védelem

- Kiegészítő EPH

További részletek és speciális követelmények, ú.m.:

- Uszodák
- Szaunák
- Nedves helyiségek (fürdőszoba)
- Felvonulási területek
- Lakókocsik
- Közvilágítás

+ megtörtént balesetek elemzése

→ *Áramütés elleni védelem választható tárgy*

Ellenőrző kérdések

- Mi a limitfeszültség és mekkora az értéke? Mi indokolja, hogy ekkora értékű?
- Mit jelent az aktív rész? Hogyan alakulhat ki aktív rész közvetlen és közvetett érintése? Mekkora érintési feszültség jöhet létre?
- Milyen áramütés elleni védelmi módokat alkalmaznak normál üzemben? Melyek használhatók általánosan, csak szakképzettek jelenlétében, ill. kiegészítő védelemként?
- Mi az áramvédő kapcsoló, hogyan működik és hogyan kell bekötni az áramkörbe?

Ellenőrző kérdések

- Mi a lépésfeszültség és hogyan védekezhetünk ellene?
- Rajzolja fel vázlatosan a TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT hálózat kialakítását! Hogyan oldható meg az áramütés elleni védelem hiba esetén az egyes hálózati kialakításokban?
- Mi az alapelve a túláramvédelmi eszközzel megoldott áramütés elleni védelemnek hiba esetén? Miben különbözik ez az áramvédő-kapcsoló alkalmazásától?
- Mi a kioldási szorzó? TN és TT rendszerben mi a feltétele annak, hogy a kialakított védelem megfelelő legyen?
- Miért nem szabad önhatalmúlag túláramvédelmi eszközt nagyobb áramúra cserélni az áramütés elleni védelem szempontjából?

Ellenőrző kérdések

- Hogyan ellenőrizhető méréssel a hurokimpedancia és a földelési ellenállás?
- Ha az önműködő kikapcsolás hiba esetén nem oldható meg, milyen további áramütés elleni módszerek léteznek? Mi az egyes módszerek lényege?