

Szigetelt csillagpontú **energiaellátó rendszer** technikai szempontból (III.)

EGY TÖKÉLETES MEGOLDÁS A 365/24 ÓRÁS FOLYAMATOS ENERGIAELLÁTÁSHOZ



Mindannyian tudjuk, hogy a mindennapi életünk villamos energia nélkül elképzelhetlenné vált. A villamos energia folyamatos rendelkezésre állása számos területen alapvető a biztonságos és hatékony működéshez.

Az IT-rendszerről szól cikksorozatunk folytatásában ezúttal a védelmi és felügyeleti készülékekkel, a szórt kapacitásokkal és az első hiba megjelenésével foglalkozunk.

Védelmi és felügyeleti készülékek az IT-rendszerben

Az MSZ HD 60364-4-41:2018 szabvány szerint a következő védelmi és felügyeleti készülékek használhatók az IT-rendszerben:

- ▶ szigetelési ellenállás felügyeleti készülékek (IMDs) – röviden Isometer,
- ▶ szigetelési ellenállás felügyeleti rendszerek (IMDs),
- ▶ szivárgóáram felügyeleti készülékek (RCMs),
- ▶ szigetelési hibahely meghatározó rendszerek (IFLS),
- ▶ túláramvédelmi készülék,
- ▶ hibaáram védőkapcsolók (szivárgóáram védőkészülék – RCDs).

Az MSZ HD 60364-4-41:2018 Kisfeszültségű villamos berendezések. 4-41. rész: Biztonság. Áramütés elleni védelem szabvány az IT-rendszerben az első hiba kialakulását jelezni kell egy szigetelési ellenállás felügyeleti készülékkel (IMD) vagy egy szivárgóáram felügyeleti készülékkel (RCM), amennyiben a rendszer lekapcsolása első hiba esetén nem történik meg. Továbbá szintén követelmény, hogy az első hiba kialakulását hang vagy fényjelzéssel is jelezni kell. Továbbá a tervezőnek gondoskodnia kell arról, hogy a szigetelési hiba üzenet a megfelelő helyen legyen megjelenítve. RCDs vagy RCMs készülékek használata IT-rendszerben csak bizonyos feltételek mellett lehetséges, mivel szimmetrikus szigetelési hibát nem tudnak érzékelni.

A rendszer szórt kapacitása (C_s)

Szigetelési ellenállás felügyeleti készüléknél fontos kritérium a rendszer létező szórt kapacitásának C_s kiválasztása. A $C_{s,max}$ értéke a készülékekhez a gyártó által meg van határozva, eddig az értékig a szigetelési ellenállás felügyeleti készülék megfelelően működik.

A rendszer természetes szórt kapacitása (A)

A természetes szórt kapacitás a rendszer teljes kapacitásának (C_s) része, amelyet a rendszer vezeték-rendszerének földhöz képesti geometriai elrendezése eredményez.

A vezeték kapacitása függ a vezetők közötti szigetelőanyag minőségétől, a távolságtól (h), az anyag permittivitásától (ϵ_r), a relatív permittivitástól (ϵ_0) és a vezetők közötti szigetelőanyag területétől (felülettől). Végeredményképpen ez az érték megközelítőleg 150 pF/m.

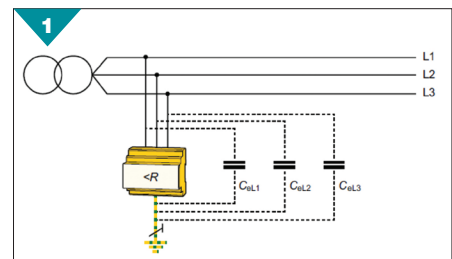
A rendszer mesterséges szórt kapacitása (B)

A nem lineáris terhelések okozta EMC hibák, különböző frekvenciák vagy magas frekvenciájú harmonikusok kiküszöbölése miatt, és az EMC szabványoknak való megfelelés következtében a terhelések csatlakoztatva vannak interferenciacsökkentő kapacitásokhoz. Az

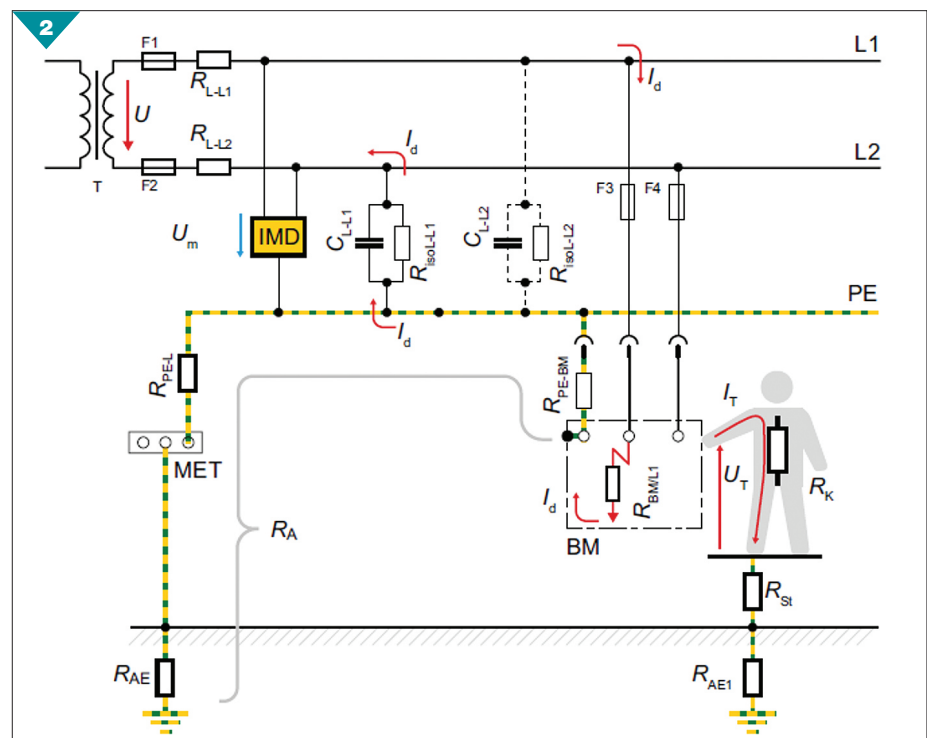
ilyen interferenciacsökkentő szűrők eredményeként a rendszer szórt kapacitása növekedhet, vagy magasabb szivárgóáram tud folyni (1. ábra). Az elektronikus készülékekben lévő interferenciacsökkentő kapacitások értéke tipikusan 10...100 nF közötti.

Első hiba az IT-rendszerben

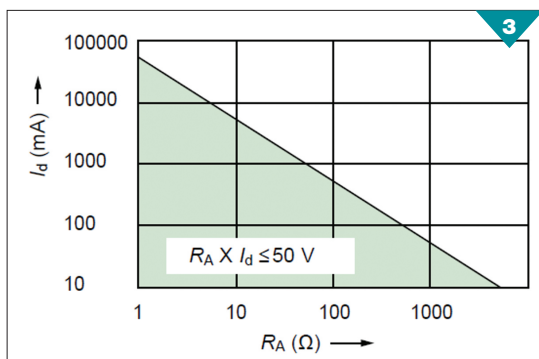
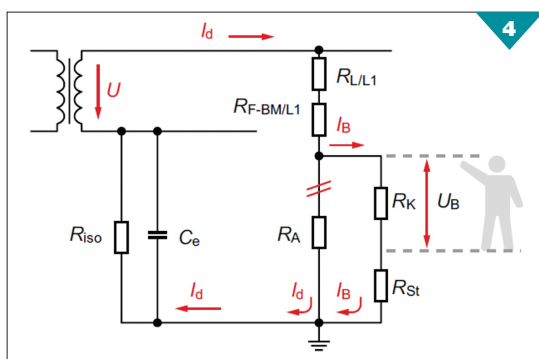
Az MSZ HD 60364-4-41:2018 szabvány szerinti villamos rendszerben megállapodás szerint az ember villamos biztonsága garantálható, ha az érintési feszültség értéke <50 V (AC) vagy <120 V (DC). Normál üzemlési feltételek mellett az IT-rendszerben a földpotenciál vagy védővezető felé kapcsolat csak a rendszer



A rendszer szivárgó kapacitásainak összeadása a szigetelési ellenállás felügyeleti készülékhez képest



Egyfázisú IT-rendszer az R_f első hiba bekövetkeztekor

Az I_d és az R_A viszonya

Helyettesítő áramköri rajz egyfázisú IT-rendszerrel

szórt kapacitásain keresztül van, mert az aktív vezetők el vannak szigetelve a földpotenciáltól (védővezetőtől). Emiatt a rendszer szórt kapacitásai egymáshoz párhuzamosan helyezkednek el, értékük adja ki a teljes rendszer szórt kapacitását (C_e). Általánosságban felté-

lezhető, hogy a teljes rendszerben a vezetők földhöz képesti részkapacitásai (C_L) megközelítőleg azonosak:

$$C_e = C_{L-L1} + C_{L-L2} + C_{L-L3}$$

A C_e értékét kell figyelembe venni a szigetelési ellenállás felügyeleti készülék kiválasztásánál.

Az első hiba bekövetkeztekor I_d áram folyik a védővezetőn keresztül, amely nem lépheti túl a megengedhető értéket (2. ábra). Az ismert érintési feszültség határértékeken – <50 V (AC) vagy <120 V (DC) – túl a rendszer földelési ellenállásán (R_A) folyó I_d áram értékét is figyelembe kell venni. Alacsonyabb földelési ellenállás mellett magasabb hibaáram engedhető meg.

A következők érvényesek:

- ▶ AC-rendszerhez: $R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$,
- ▶ DC-rendszerhez: $R_A \times I_d \leq 120 \text{ V}$,

ahol

R_A – a földelő elektróda és meghibásodással érintett fémrész védővezető ellenállásainak összege ohmban,

I_d – első hiba esetén a hibaáram értéke amperben, az aktív vezető és a meghibásodással érintett fémrész közötti elhanyagolható ellenállás esetén. Az I_d értékét a szivárgóáramok és a teljes villamos rendszer ellenállása határozza meg.

A földelési ellenállás értékét úgy kell meghatározni, hogy megengedhetetlen érintési feszültség ne

lépjen fel hiba esetén. Egyértelműen alacsonyabb R_A ellenállás mellett magasabb I_d áram engedhető meg (3. ábra). Értelmeszerűen egy magas értékű földelési ellenállás esetén – pl. 100 Ω – egy IT-rendszer még biztonságos, amennyiben a hibaáram megfelelően alacsony. Ez előnyös például, ha sziklás talaj esetén szükséges egy földelést kialakítani.

A földelési ellenállás megadható az I_d felhasználásával:

$$R_A = \frac{U_T}{I_d} = \frac{50 \text{ V}}{I_d} = \frac{50 \text{ V}}{U\omega C_e}$$

Egyfázisú hiba

A földön keresztül folyó kapacitív I_d áram kalkulálása relatív egyszerű egy kis impedanciájú szigetelési hiba esetén. Az IT-rendszer egy paramétereként az egész rendszerről ad tájékoztatást:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot 3\omega C_e = U\sqrt{3}\omega C_e$$

Egyfázisú AC-rendszer esetén a következő alkalmazható:

$$I_d = U\omega C_e$$

Amennyiben egy egészséges vezető szigetelési ellenállását vesszük figyelembe, a 4. ábrán látható helyettesítő áramköri rajz alkalmazható egy egyfázisú IT-rendszerrel.

TÁBLÁZAT. TN-, TT- ÉS AZ IT-RENDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Rendszer típus	Előnyök	Hátrányok
Földelt/földeletlen érintésvédelmi törpefeszültség (PELV vagy SELV)	Nincs veszélyes potenciál	Gazdaságos használat mellett korlátozott teljesítmény Az áramkörökre vonatkozó speciális követelmények
Villamos szerkezet szigetelése	Magas biztonsági szint Kombinálható más rendszertípusokkal	Villamos szerkezet kettős vagy megerősített szigetelése Csak kis terhelés mellett költséghatékony
IT-rendszer	EMC barát Magas rendelkezésre állás: Az első hiba esetén egyszerű jelzés történik, második hiba esetén lekapcsolás Kis rendszerben alacsony földelésen folyó hibaáram Közeli installációra csökkentett kihatás, emiatt könnyebb a földelés kialakítás Kiseb műszaki beruházás kábelek és vezetékek kiépítésekor Hibahely lokalizáció használható	A berendezéseket univerzálisan szigetelni kell az aktív vezetők közötti feszültségszintre Az N-vezetőben túláram védőkészülék alkalmazása szükséges Potenciális problémák a második földhiba lekapcsolás esetén
TT-rendszer	EMC barát A védelem mértéke független a rendszer rövidzárlati teljesítményétől Kiseb műszaki beruházás kábelek és vezetékek kiépítésekor Az érintési feszültség értékek területenként változhatnak TN-rendszerrel kombinálható	A felhasznált RCD miatt csak alacsony teljesítmények esetén kompatibilis Rendszeres funkcionális teszt szükséges A földelés kialakítása összetett ($\leq 2 \Omega$) Egyenpotenciálra hozás alapvető minden egyes épület számára
TN-C-rendszer	Könnyű kialakítás Alacsony anyagköltségek	Nem EMC barát A kóboráramok és alacsony frekvenciás mágneses terek miatt alkalmatlan informatikai berendezéseket felhasználó épületinstallációkban PEN vezető szakadás esetén életveszély kockázata Magas kockázata a villamos eredetű tűz kialakulásának
TN-C-S rendszer	Költséghatékony kompromisszum olyan épületinstallációkban, ahol informatikai berendezéseket nem használnak	Nem EMC barát Alacsony frekvenciás mágneses terek kialakulhatnak
TN-S rendszer	EMC barát Hibamentes fázisokban alacsony feszültségemelkedés	Megnövekedett biztonságtechnikai ráfordítások Többszörös földelés létrehozásának esélye

Ebből az I_d szivárgó áram és az U_T érintési feszültség kalkulálható:

$$I_d = \frac{U}{R_L + R_F + R_{PE} + \frac{R_{Iso} \cdot X_{Ce}}{R_{Iso} + X_{Ce}}}$$

$$X_{Ce} = -\frac{1}{j\omega C_e}$$

$$I_d = \frac{U}{R_L + R_F + R_{PE} + \frac{R_{Iso}}{1 + R_{Iso} + j\omega C_e}}$$

Behelyettesítve a megfelelő értékeket:

▶ $R_L = 0,5 \Omega$,

▶ $R_F = 10 \Omega$,

▶ $R_{PE} = 0,5 \Omega$,

▶ $C_{L-L1} = 1 \mu\Omega$,

a következő I_d hibaáramot és U_T érintési feszültséget kapjuk eredményül:

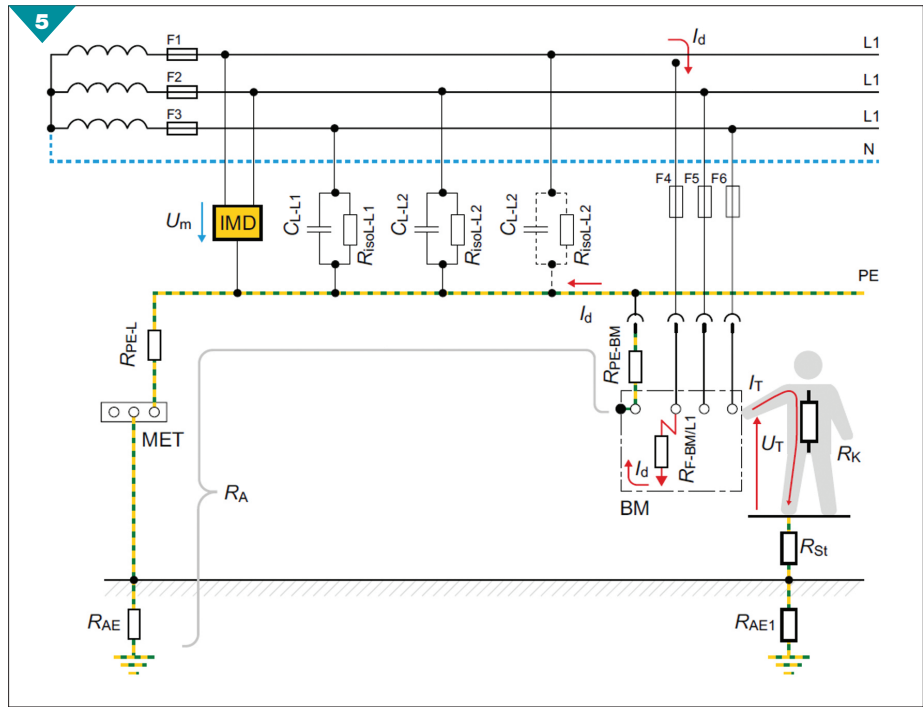
$$I_d = \frac{230 \text{ V}}{0,5 \Omega + 10 \Omega + 0,5 \Omega + \frac{1 \text{ M}\Omega}{1 + (1 \text{ M}\Omega \cdot 2\pi 50 \text{ Hz} \cdot 1 \mu\text{F})}}$$

$I_d = 0,0724 \text{ A}$,

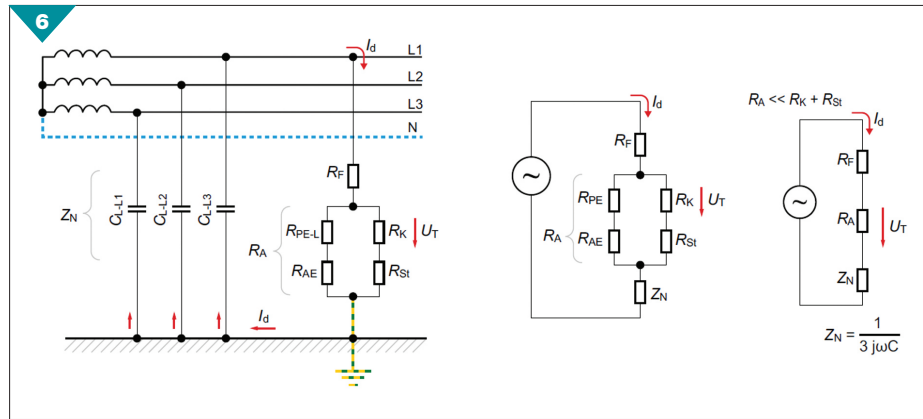
$U_T = 0,0724 \text{ A} \times (0,3 \Omega + 10 \Omega) = 0,745 \text{ V}$.

Az érintési feszültség jóval kisebb, mint a megengedhető 50 V.

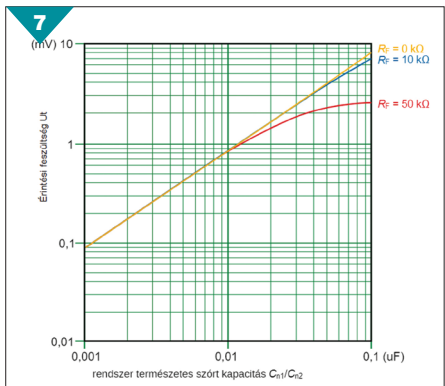
Az 5. ábra háromfázisú IT-rendszert mutat az első hiba esetén, a 6. ábrán a háromfázisú IT-rendszer helyettesítő képe látható.



Háromfázisú IT-rendszer első hiba esetén



Három fázisú IT rendszer helyettesítő képe, Rf ellenállású szigetelési hiba esetén

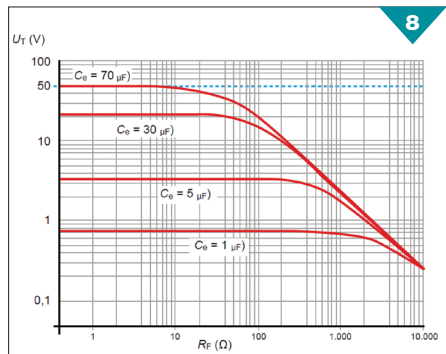


Az U_T érintési feszültség változása a rendszer szórt kapacitás függvényében különböző szigetelési hibaelenállások szerint

Érintési feszültség IT-rendszerben

Különböző szigetelési hibaelenállások (R_f) különböző érintési feszültséggörbéket eredményeznek. Az U_T érintési feszültség változása a rendszer szórt kapacitások függvényében, a különböző szigetelési hibaelenállások szerint a 7. ábrán látható.

Különböző rendszer szórt kapacitások (C_e) különböző érintési feszültséggörbéket eredményeznek. Az U_T érintési feszültség változása szigetelési



Az U_T érintési feszültség változása a szigetelési hiba függvényében különböző rendszer szórt kapacitások szerint

hiba függvényében, különböző rendszer szórt kapacitások szerint a 8. ábrán látható.

Úgy értelmezhetjük, hogy megközelítőleg 70 μF teljes rendszer szórt kapacitás esetén, az U_T érintési feszültség meghaladhatja az 50 V-os értéket, de csak akkor, ha a szigetelési hiba kisebb, mint 100 Ω . Ez azt jelenti, hogy a szigetelési hiba (pl. >100 Ω/V) korai érzékelése – egy szigetelési ellenállás felügyeleti készülékkel (IMD) és egy szigetelési hibahely lokalizáló készülékkel (IFLS)

– képes jelentősen csökkenteni egy kimagaslóan magas érintési feszültség (U_T) előfordulásának kockázatát.

Az IT-rendszer határai

Az IT-rendszer határait nagymértékben annak kiterjedése határozza meg. Nagyobb rendszernél az impedancia az aktív vezetők és a földpotenciál között kisebb. Ezt az impedanciát nagyban meghatározzák a vezetők, a zavarelnyomás és a rendszer természetes szórt kapacitásai.

Tipikus kapacitásértékek, például:

- ▶ egészségügyi IT-rendszerben: 0,01 μF fázisonként,
- ▶ kisméretű IT-rendszerben: 0,3 μF fázisonként (L1, L2, L3),
- ▶ közepes méretű IT-rendszerben: 1,6 μF fázisonként (L1, L2, L3),
- ▶ nagy méretű IT-rendszerben: 10 μF fázisonként (L1, L2, L3).

A különböző rendszerek összehasonlítását, előnyeiket, hátrányaikat a táblázat tartalmazza.

Technical aspects – IT systems (06.2020) Bender GmbH & Co. KG, Germany alapján a cikket írta

Czikó Zsolt