

KATONAI ALKALMAZÁSÚ KOMPLEX VILLAMOS RENDSZEREK MŰSZAKI MEGBÍZHATÓSÁGÁRÓL

1. Bevezetés

Komplex villamos¹ rendszerek üzemzavarmentes működésének egyik fontos feltétele a hibamentesség [1] biztosítása. Az ezzel kapcsolatos minőségszemléletű vizsgálatokhoz jól felhasználható a *Zavarállapotok meghatározásának elve* [2,3] elemző módszer. A módszer lényege az, hogy a vizsgálatokat két csoportban osztjuk. Az egyik csoportban azok a vizsgálatok tartoznak, amelyekben megbízhatóságelméleti modellek felhasználásával a rendszer felépítéséből adódó hibalehetőségeket, paramétereket számítjuk. Itt elsősorban Boole-modell, illetve Markov modellt használunk. A másik csoportban azokat a külső és belső zavarforrásokat elemezzük, amelyek miatt a vizsgált rendszer zavarállapotba kerülhet.

A komplex villamos rendszereknek — így a katonai alkalmazású komplex villamos rendszereknek is — egyre inkább egyik alapvető eleme a személyi számítógép. Ebben a cikkben a komplex villamos rendszerek kisfeszültségű energiaellátó alrendszereiről működtetett személyi számítógépekkel kapcsolatos — a komplex rendszer hibamentességét alapvetően befolyásoló (a rendszer zavarállapotba kerülhet) — két témakörrel foglalkozunk. Az első részben a személyi számítógépek által — elsősorban a kapcsolóüzemű tápegységek miatt — létrehozott felharmonikusok hatásait vizsgáljuk. A cikk második részében a villámvédelem néhány kérdését tárgyaljuk.

2. A felharmonikusok által okozott két probléma

a.) Mérési hibák

A számítógépek által a komplex villamos rendszerek üzembiztonságát veszélyeztető zavarok egy részét csak méréssel lehet kiküszöbölni. Ez különösen vonatkozik a régebben működő rendszerek azon csoportjára, melyeknél utólagosan — általában korszerűsítés miatt — nagy számban kerültek beüzemelésre személyi számítógépek. Sajnos a rendszer kisfeszültségű megáramlításánál ezeket a méréseket sokszor nem megfelelő körültekintéssel végzik el, ezáltal a rendszer esetlegesen, teljesen váratlanul zavarállapotba kerülhet. Erre

¹ Komplex villamos rendszereknek nevezzük azokat a villamos rendszereket, amelyek erősáramú, gyengeáramú és irányítástechnikai alrendszereket tartalmaznak.

tipikus példa az áram effektív értékének helytelen meghatározása. A továbbiakban ezzel foglalkozunk.

Mint ismeretes a periodikus áram egyik fontos paraméter a k_f formatényező, amely az alábbiak szerint van értelmezve

$$k_f = \frac{I}{I_a} \quad (1)$$

ahol

$$I \quad \text{az effektív érték (} I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt \text{)}$$

$$I_a \quad \text{az abszolút középérték (} I_a = \frac{1}{T} \int_0^T |i| dt \text{)}$$

Szinuszos áram esetén

$$I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T (I_M \sin \omega t)^2 dt = \frac{I_M^2}{2} \quad (2)$$

így

$$I = \frac{I_M}{\sqrt{2}} = I_M \cdot 0.707 \quad (3)$$

$$I_a = \frac{1}{T} \int_0^T I_M |\sin \omega t| dt = \frac{2I_M}{\pi} = I_M \cdot 0.637 \quad (4)$$

Tehát

$$k_f = \frac{I}{I_a} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11 \quad (5)$$

Mint (5) alapján belátható, szinuszos áram esetén az effektív értéket megkapjuk, ha az abszolút középértéket megszorozzuk a formatényezővel, azaz 1.11-el. Ez az effektív értékre skálázott Deprez rendszerű mérés elve (mint ismeretes a Deprez-műszer váltakozó áramú állásában a mért áram egy kétoldalas egyenirányítón folyik keresztül és így a műszer az abszolút középértéket érzékeli). Ezt a módszert alkalmazzák az analóg műszereknél, de sok digitális multiméternél is. Ma már azonban torzításmentes szinuszos áram gyakorlatilag nem létezik. Vonatkozik ez különösen olyan rendszerekre, ahol teljesítményelektronikai eszközöket használnak. Ebből az következik, hogy a hagyományos műszerekkel ellenőrzött áramértékek jóval kevesebb értékűnek mutatkozhatnak a valóságosnál. Például egy egyfázisú

egyutas egyenirányító esetén, ohmikus terhelést feltételezve (mint ismeretes ekkor T/2 ideig folyik szinuszos áram)

$$I^2 = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} (I_M \sin \omega t)^2 dt = \frac{I_M^2}{4} \quad (6)$$

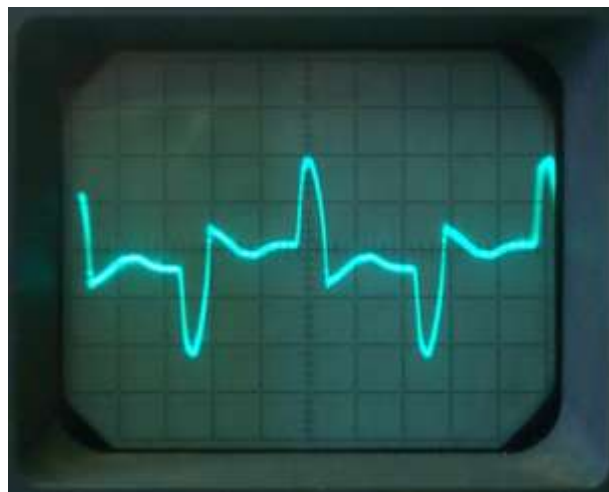
$$I = \frac{I_M}{2} \quad (7)$$

$$I_a = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I_M |\sin \omega t| dt = \frac{I_M}{\pi} \quad (8)$$

$$k_f = \frac{I}{I_a} = \frac{\pi}{2} = 1,57 \quad (9)$$

Az (5) és (9) összehasonlítása alapján belátható, hogy az adott áramkörnél a műszer jóval kevesebbet mutat a valóságos értéknél.

A fenti jelenség vizsgálatához összeállítottunk egy mérést, amelynek segítségével meghatároztuk egy személyi számítógép által felvett áramalakot (lásd az 1.ábrát) és egy időben megmértük a — szinuszos hullámtól láthatóan nagymértékben eltérő — áram effektív értékét egy Deprez rendszerű multiméterrel, és egy igényes — a piacon kapható — valóságos effektív értéket mutató műszerrel [5]. A multiméter kb. 40%-al kevesebb értéket mutatott.



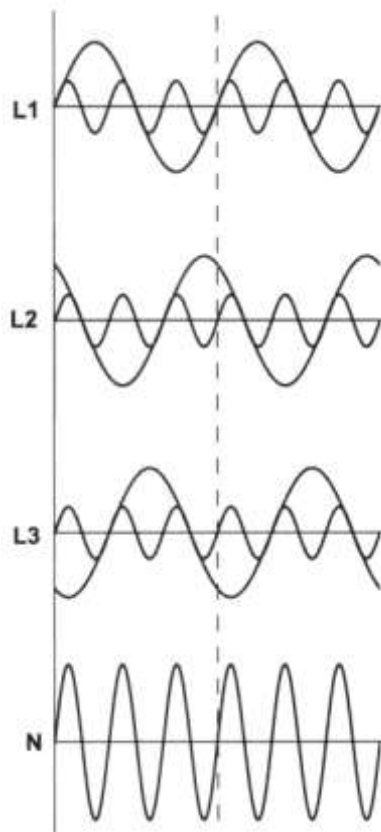
1. ábra. Személyi számítógép által felvett áram hullámalakja

Egy meglévő kisfeszültségű energiaellátó rendszer esetében a hibás mérésnek komoly következményei lehetnek, hiszen a villamos készülékek, kábelek egyik fontos korlátozó tényezője az effektív áram által létrehozott melegedés. További probléma, hogy a védelmi

elemek kioldási karakterisztikái az áram effektív értékétől függenek, így a nem kívánt kikapcsolások miatt kerülhet az informatikai rendszer zavarállapotába. Ezért az olyan kisfeszültségű rendszereknél ahol személyi számítógépek utólagos telepítésére kerül sor — a terhelhetőség megállapítására — Deprez rendszerű műszerek helyett valóságos effektív értékeket mérő műszerekkel kell az ellenőrző méréseket végrehajtani.

b.) Nullavezető túlterhelése

A számítógépek által létrehozott fázisáramok 3-al osztható rendszámú — ún. zérus sorrendű [4] — felharmonikusai az üzemeltetés során további gondokat is okozhatnak. Ugyanis ezek az áramok — ellentétben az alapharmonikus, valamint a pozitív és negatív sorrendű felharmonikus áramokkal — a kisfeszültségű energiaellátó rendszer nullavezetőjében összeadódnak (lásd 3.ábra) [5,6,7]. Ennek következtében a nullavezető (N) árama a megfelelő fázisvezetők (L1, L2, L3) áramainak több mint 1,5-szörösét is elérheti.



2.ábra. Harmadik harmonikus áramok a nullavezetőben

Mivel a jelenleg üzemelő katonai alkalmazású komplex villamos rendszerek kisfeszültségű energiaellátásának tervezése, kivitelezése döntő többségben olyan szabványok szerint valósult meg, amelyek nem vették figyelembe a felharmonikusok nem kívánt hatásait, a nullavezető keresztmetszete a fázisvezetőkkel azonos, vagy annál kisebb

keresztmetszetűnek lett meghatározva illetve kivitelezve. Ebből következik, hogy ilyen rendszerekről megtáplált számítógépek könnyen zavarforrásként fejthetik ki hatásukat. Ezért több számítógépet tartalmazó rendszerek esetén a hibamentességet ilyen szempontból mindenképpen ajánlatos vizsgálni. A probléma gyakorlati jelentőségét mutatja, hogy a villamos berendezések létesítésére előírásokat tartalmazó új szabvány (MSZ 2364 – 523: 2002) Magyarországon már foglalkozik ezzel a kérdéssel.

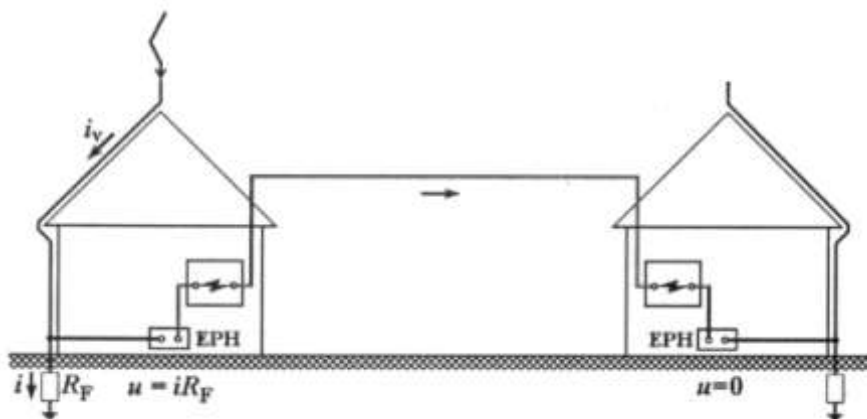
3. A villámról

A villám a felhő és a föld, vagy két felhő között keletkező nagyfeszültségű villamos kisülés. A villámimpulzus mint zavarforrás olyan jelenség, melynek során több MJ energia szabadul fel, a villámok jelentős része 100 kA-nél nagyobb áramerősségű. A közvetlen villámcsapás rombolást, tüzet, emberek sérülését vagy halálát okozhatja. A romboló hatást a villámcsapás áramának elektrodinamikus ereje, falak megrepedése), a gyújtó hatást a főkisülésben plazma alakjában lefutó, 20-30.000 K hőmérsékletű villamos áram okozza. Minden, ami érintkezésbe kerül a villámmal, igen nagy hőhatásnak van kitéve. A felhő-felhő közötti kisülési csatorna túlfeszültséget indukál a légvezetékben és létesítmények energiaellátó rendszerében.

A fentiekén kívül a közvetlen villámcsapás hatásai különböző csatolásokkal is bejuthatnak a komplex villamos rendszerbe és ott komoly károkat okozhatnak ezáltal a rendszer zavarállapotba kerül. A csatolásoknak három fajtája van: vezetési csatolás, induktív csatolás, kapacitív csatolás [8,9].

Vezetési csatolás

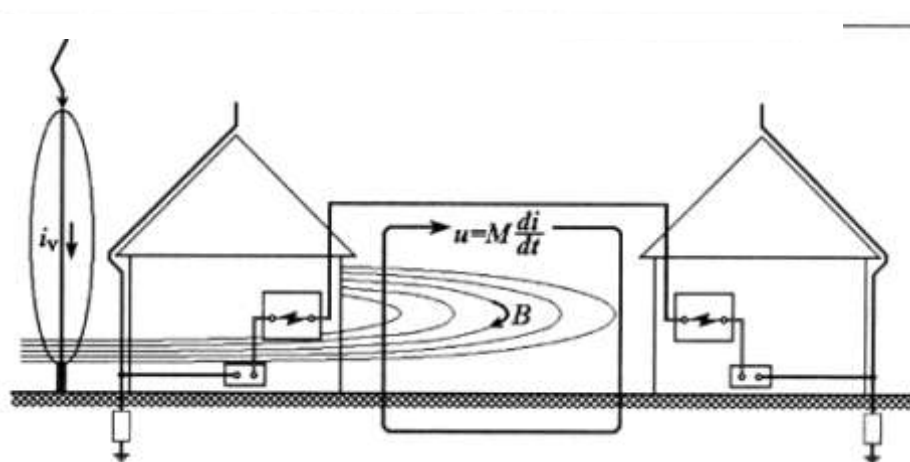
Ez a csatolás úgy jön létre, hogy a földelőn lefolyó villámáram feszültségemelkedést hoz létre a becsapódási hely környezetében. Ezt a feszültséget a közelben lévő földelt fémtárgyak és vezetékek is átveszik. A szomszédos létesítményből befutó vezetők potenciálja azonban nulla, ezért feszültségkülönbség jön létre, ami átütéseket okozhat (3. ábra).



3.ábra. Vezetési csatolás

Induktív csatolás

Ennél a csatolásnál a villámáram által létrehozott mágneses tér hatására, a mágneses térrel —például az 4. ábrán látható módon — kapcsolódó vezető hurokban az időben változó mágneses tér deriváltjával arányos feszültség indukálódik (M a villámpálya és a hurok közötti kölcsönös induktivitás).



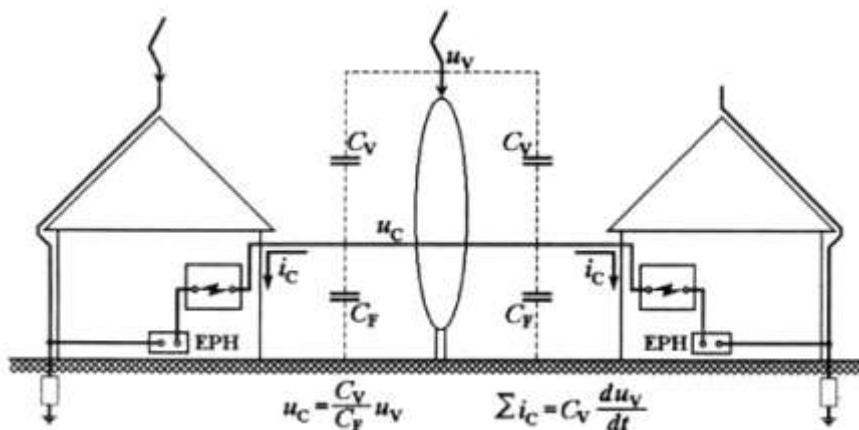
4. ábra. Induktív csatolás

Hasonló probléma lehet, ha egy számítógép jelvezetéke és az energiaellátást biztosító vezeték más irányból jön (más nyomvonalon van elhelyezve a vizsgált helyiségben) és egy hurkot képez amelynek síkjára merőlegesen — általában a helyiségen kívül — halad a villámáram levezető. Ekkor az induktív csatolás következtében a számítógép bemenetén olyan túlfeszültség keletkezhet, ami tönkreteszti a berendezést. Ezért rendkívül fontos a zavarállapotba kerülés elkerülésére, a komplex villamos rendszerek alrendszereihez tartozó

vezetékek, kábelek megfelelő elhelyezése, figyelembe véve a villámáram levezető térbeli elhelyezkedését.

Kapacitív csatolás

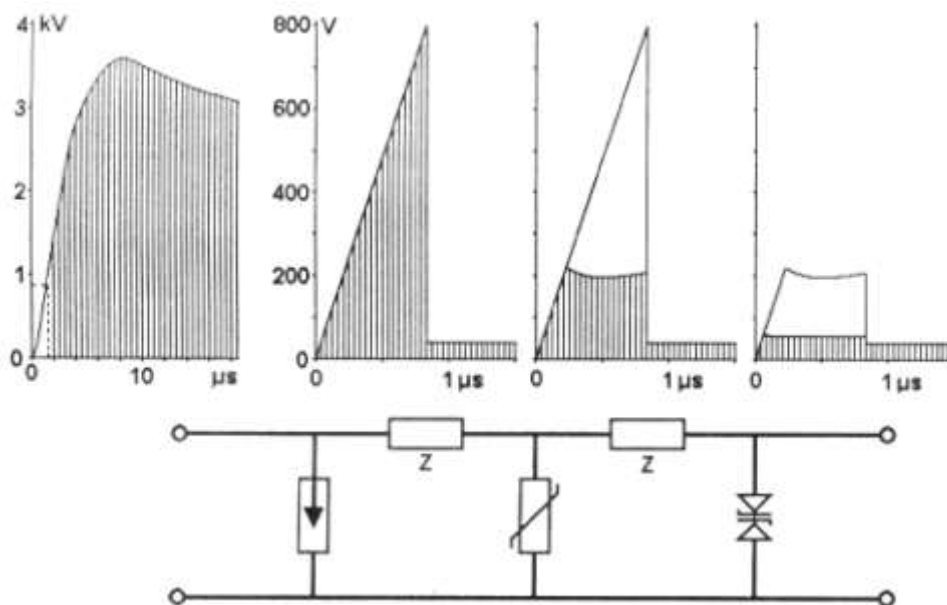
Ebben az esetben az u_v feszültségre sorba kapcsolódik a C_v és C_s kapacitás (az u_v több millió volt is lehet). Az 5. ábrán látható — a csatlakozó készülékeken megjelenő — u_c feszültség több ezer volt feszültségű lehet. Az ilyen csatolások miatti zavarállapot elkerüléséhez különösen ügyelni kell a komplex villamos rendszer elemeinek térbeli elhelyezésére.



5. ábra. Kapacitív csatolás

Háromlépcsős védelem

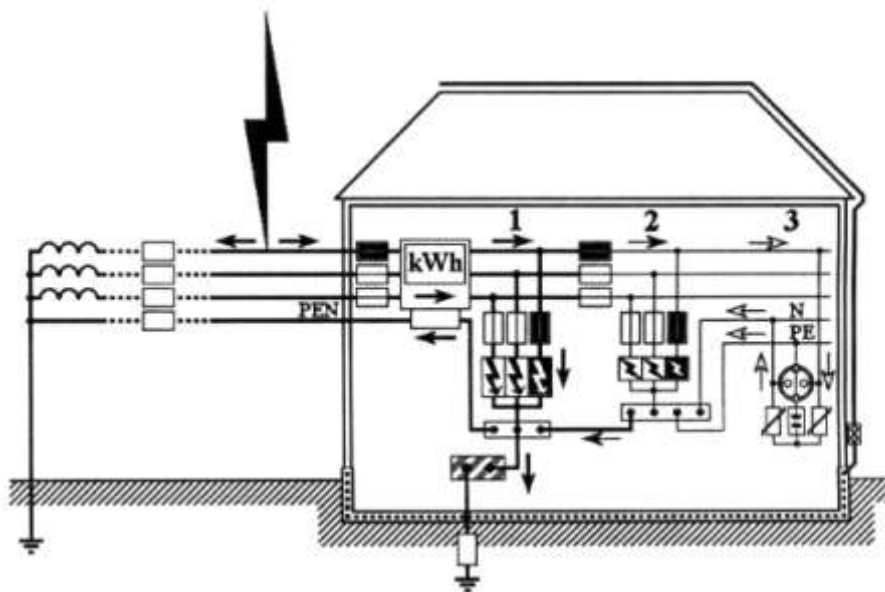
A villámcsapás által okozott túlfeszültségek gyakran a betápláláson keresztül jutnak be a komplex villamos rendszer kisfeszültségű alrendszereibe. Az üzemzavarokat ilyenkor az ún. háromlépcsős védelemmel[8] lehet kiküszöbölni.



6. ábra. Háromlépcsős villámvédelem elve

A védelem működésének elvét a 6. ábrán lehet követni. A példában közel 4 kV csúcsértékű feszültség hullám jelenik meg a bemeneten (az áramkör baloldala). A feszültség hullám először egy szikraközhez érkezik. A szikraköznek az a tulajdonsága, hogy a megszólalási feszültség elérésekor a feszültséget hirtelen kis értékűre csökkenti le. A balról második ábra a hullám kinagyított képét mutatja. Látható, hogy a feszültség kb. 800 V, az időtartam kb. 1 μ s. A második lépcsőt egy varisztor alkotja, amelynek megszólalási feszültsége kb. 200 V. Mivel a varisztor megszólalási feszültsége kisebb, mint a szikraközé, nem engedné meg, hogy a feszültség a szikraköz gyújtási feszültségére nőjön. Ezért be kell iktatni a Z impedanciát, így az ezen eső feszültség kitölti a harmadik diagramon látható hullámnak az üresen hagyott felső részét. Ezáltal a szikraköz is be tud gyújtani. Ez azért fontos, mert különben a varisztor tönkre menne. A harmadik lépcsőben lévő szupresszor dióda megszólalási feszültsége a legkisebb. A befutó hullámot a másik két lépcsőt megelőzve a védendő készüléknek megfelelő feszültségre korlátozza (40–50 V). Soros impedanciára itt is szükség van, hogy a második lépcső megszólaljon. A negyedik diagramon láthatóan, a hullám üresen hagyott része a második impedanciára eső feszültséget ábrázolja.

A háromlépcsős védelem egy megvalósítási lehetőségét mutatja a 7. ábra.



7. ábra. Háromlépcsős védelem megvalósítása

A villámcsapás által létrehozott feszültség hullám először a 3. helyen lévő finomvédelmet szólaltatja meg. Ez a megfelelő — üzemi feszültség szinthez közeli — feszültségre korlátozza a túlfeszültséget. Ezután szólal meg a középső lépcső (2. hely), majd a az első lépcső (1. hely). Az első lépcső megszólalása tehermentesíti a másik két lépcső készülékeit.

4. Összefoglalás

A cikk — a *Zavarállapotok meghatározásának elve*— vizsgálati módszerhez illeszkedően olyan — elsősorban a személyi számítógépek alkalmazásához kapcsolódó — jelenségekre hívja fel a figyelmet, amelyek a komplex villamos rendszer zavarállapotba kerülését okozhatják és ezáltal nem kívánt módon befolyásolhatják a rendszer hibamentességét.

5. Irodalom

- [1] MSZ IEC 50 (191): 1992
- [2] Zsigmond Gy.: Komplex villamos rendszerek minőségbiztosításának néhány kérdése. KKM XV Tud. Ülésszak, Budapest, 1998.
- [3] Zsigmond Gy.– Kun I. – Szász G.: Some Problems of Quality Based Design of Complex Automation Systems. INES' 99
- [4] Fodor Gy.– Vágó I.: Villamosságtan I. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [5] Zsigmond Gy.: Információs rendszerek energiaellátásának néhány kérdése. Informatika 2005/4. (78-81).
- [6] Villamosenergia-minőség (alkalmazási segédlet). Elektrotechnika, 2003/1.
- [7] Zsigmond Gy.– Utassy S.: High Harmonic Currents' Problems in the Complex Electric Systems. MTA Review, Bucharest, 2006/2 (33-38).
- [8] Horváth T.: Villámvédelem. MEE kiadvány, Budapest 2001.
- [9] P. Hasse. Kisfeszültségű berendezések túlfeszültségvédelme. PROT-EL Kft, Budapest 2003.