

Hálózati zavarok

Dr. Tarnik István
okl. villamosmérnök
HC Automatizálási Kft.
ügyvezető igazgató

Az utóbbi néhány évben az épülettechnika szakágazatban jelentős változások következtek be. Ebbe a szakágazatba soroljuk jelenleg az energiatechnikát, a világítástechnikát, a mérés-, vezérlés- és szabályozástechnikát, a biztonságtechnikát, a kommunikációtechnikát és a környezetvédelmet. Ezen szakágazatba tartozó területeken általánossá vált az elektronika és az informatika alkalmazása. Megjelentek az ún. intelligens épületek, melyek jellemzői, hogy a beavatkozások nagy energiaszinteken valósulnak meg, míg az irányítás és a felügyelet kis energiaszintű. Ugyanez mondható el a mai korszerű felvonó vezérlési- és szabályozási rendszerekre is. Az irányítás- és a felügyelet ma már szinte kizárólag ún. buszrendszeren keresztül történik. Ezen buszrendszerek, ill. ezek készülékei érzékenyek a villamos hálózati zavarokkal szemben, emiatt az intelligens épületek megkövetelik a minőségi villamos energia ellátást.

Napjainkban a villamos energia fogyasztói összetételében is jelentős változás van folyamatban. Ez a változás megfigyelhető az ipar-, a kommunális- és a világítástechnikai jellegű berendezéseknél is. Ez a változás az ún. információtechnológiai (IT) berendezések és az ún. energiatakarékos berendezések elterjedésére vezethető vissza. Ezen berendezések nagy része ún. nemlineáris terhelésként viselkedik, de ugyanez mondható el a korszerű frekvenciaváltós felvonó hajtásokról is.

Ugyanakkor a fogyasztói struktúra változása visszahat a villamos energia minőségi mutatóira, továbbá a villamos hálózatokra és befolyásolja azt. Ezen túlmenően kikényszerít egy szemlélet változást is, mivel a korábbi tervezési- és üzemeltetési gyakorlat a továbbiakban már nem tartható. Ez a gyakorlat a terheléseket főként lineáris terhelésként vette figyelembe, azaz feltételezte, hogy egy szinuszos feszültségre kapcsolt berendezés szinuszos áramot vesz fel.

2001 májusában megjelent az MSZ EN 50160 jelű szabvány, mely a villamos energia feszültségjellemzőit tartalmazza normál üzemi körülmények között, közcélú kiefeszültségű és középvezetékű villamos elosztóhálózatok fogyasztói csatlakozási pontjaiban. Leírja a tápfeszültség jellemzőit, köztük annak frekvenciáját, nagyságát, hullámformáját, a háromfázisú feszültség szimmetriáját stb.

A továbbiakban a szabvány (MSZ EN 50160) által felsorolt, a kiefeszültségű hálózatra jellemző minőségi mutatók közül csak azokkal foglalkozunk, melyet a fogyasztói készülékek befolyásolnak – az intelligens épületeknél és a felvonók irányításánál működésszerű zavart okozhatnak – és amelyek javíthatók a fogyasztói hálózatok korszerűsítésével. Ezek a tápfeszültség nagysága és változásai, a felharmonikus feszültség és a villogás (flicker).

A tápfeszültség nagysága és változásai

A fogyasztók számára alapvető fontosságú a csatlakozási ponton rendelkezésre álló feszültség nagysága. A fogyasztói áram a tápláló vezetéken átfolyva a vezetéken feszültségesést hoz létre. Az időben változó nagyságú fogyasztói áram miatt a fogyasztói feszültség nemcsak a helytől, hanem az időtől is függő érték.

Az áramszolgáltatóknak a kiefeszültségű hálózaton az MSZ 1:1993 szabvány szerint, a mérőhely csatlakozási pontján a

$$\text{feszültséget} \quad U_n = 230 \text{ V} \begin{matrix} +7,8\% \\ -7,4\% \end{matrix}$$

kell tartani (2008. január 1-ig megengedett $U_n + 5,2\% - 8,7\%$).

Az MSZ 447:1998 szabvány a csatlakozóvezeték és a fővezeték együttes feszültségesésére legfeljebb 2%-ot enged meg.

Ennek megfelelően, helyesen méretezett csatlakozó- és fővezeték esetében a fogyasztók feszültségének, a legrosszabb esetben is az

$$U_n = 230 \text{ V} \begin{matrix} +10\% \\ -10\% \end{matrix}$$

feszültség tűréshatárán belül kell lenni.

Amennyiben a feszültség nagyobb a fogyasztóra megengedett $U_n + 10\%$ értéknél, akkor a fogyasztónál gyorsított élettartam csökkenésre (szigetelés előregedésre), veszteségek növekedésére lehet számítani. A feszültség további növekedése (15% fölé) a berendezések gyors tönkremeneteléhez vezet.

A feszültség csökkenése egy ideig csak teljesítménycsökkenéshez vezet (pl.: izzólámpák fényárama, felvonómotorok nyomatéka stb.). További feszültségcsökkenés az IT berendezésekben és a teljesítményelektronikát tartalmazó berendezéseknél hibás működéshez (pl. RESET kiváltása), illetve tönkremenetelhez vezethet.

A feszültség mérését az MSZ EN 61000-4-7:1995 és az MSZ EN 50160:2001 szabványok szerint valósidejű effektív érték (négyzetes középérték) mérése alapján kell elvégezni. Ez vonatkozik a gyors változások értékelésére is.

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u^2(\omega t) d\omega t}$$

Digitális mintavételes rendszereknél:

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{s=0}^{M-1} (U_s)^2}$$

értéket 10 ciklus alapján kell számolni.

M az egy ciklus alatti mintavételek száma ($M=256$)

U_s az s-edik mintavételi pontban a feszültség pillanatértéke.

Az áramszolgáltatói gyakorlatban a lassú változások értékeléséhez, 50 Hz-en a 10 periódusnyi mért értékek valósidejű átlagát kell képezni 10 percenként, és ezt a 10 perces átlagot kell tárolni.

Az MSZ EN 50160 szerint:

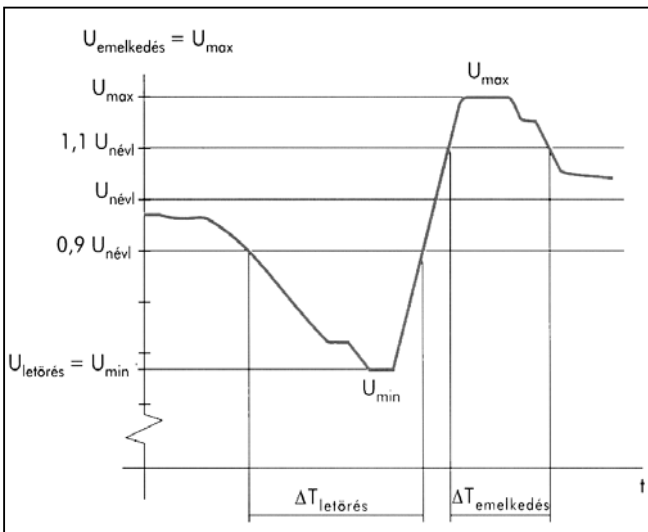
2.3. A tápfeszültség változásai

Normál üzemi körülmények között, a feszültségkimaradásokat figyelmen kívül hagyva a tápfeszültség 10 perces átlagos effektív értékei 95%-ának bármely egyhetes időszakban az $U_n \pm 10\%$ tartományban kell lennie.

2.4.1. A gyors feszültségváltozások nagysága

Normál üzemi körülmények között egy gyors feszültségváltozás általában nem haladja meg az $U_n 5\%$ -át, de bizonyos körülmények között a változás, naponta néhányszor, rövid időre $U_n 10\%$ -át is elérheti. (Az $U_n 90\%$ -ánál kisebb feszültséget eredményező feszültségváltozást feszültség-letörésnek kell tekinteni.)

A feszültség effektív értékének változása az MSZ EN 61000-3-3 szabvány szerint:



Feszültség valós effektív érték mérése
Triggerelési feltétel: $U/U_n < 0,9$, illetve $U/U_n > 1,1$

A fogyasztói hálózatokon a feszültségletörés okai a következők lehetnek:

- laza vezetékkötés vagy rossz érintkezés
Következmény: – feszültségletörés
– rádiófrekvenciás zavarás
– beégés, esetleg tűz
– elektronikus berendezések hibás működése
– illetve meghibásodása
- nagy bekapcsolási áramlökéssel induló fogyasztók (pl. porszívó, számítógép tápegységek, frekvenciaváltós felvonóhajtások, mikrohullámú sütők, különböző világítótestek)
Következmény: – feszültségletörés az áramlökés idejére
– elektronikus berendezések hibás működése
– illetve meghibásodása
– elektronikus felvonóvezérlések RESET-re futása
– frekvenciaváltós felvonó hajtások hibás működése

A felharmonikus feszültség

A fogyasztói feszültséget a tápponti feszültség, továbbá a táppont és a fogyasztói pont közötti feszültségesés szabja meg. A feszültségesés a vezeték impedancián átfolyó fogyasztói áram hatására jön létre. Ez a fogyasztói áram az ún. nemlineáris terheléseknél periodikus, de nem szinuszos lefolyású. Ez a nem szinuszos áram, nem szinuszos feszültségesést eredményez. Ez a feszültség torzítja a fogyasztói feszültséget. Ezt hívjuk harmonikus torzításnak.

A periodikus függvények az ún. Fourier sorba fejtéssel felírhatók szinuszos, illetve koszinuszos tagok összegeként, melyek frekvenciája az ún. alapharmonikus frekvencia (50 Hz) egész számú többszöröse. Az egyes diszkrét felharmonikus frekvenciákhoz tartozó amplitúdókat ábrázolva kapjuk az ún. Fourier spektrumot.

A T , illetve a 2π szerint periodikus függvények sorba fejthetők,

$$f(t, T) = F_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos k\omega t + B_k \sin k\omega t) = F_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (F_k \cos k\omega t + \rho_k)$$

ahol az együtthatók a következőképp határozhatók meg:

$$A_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos k\omega t dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \cos k\omega t d(\omega t)$$

$$B_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin k\omega t dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega t) \sin k\omega t d(\omega t)$$

$$F_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad \text{tg} \rho_k = -\frac{B_k}{A_k}$$

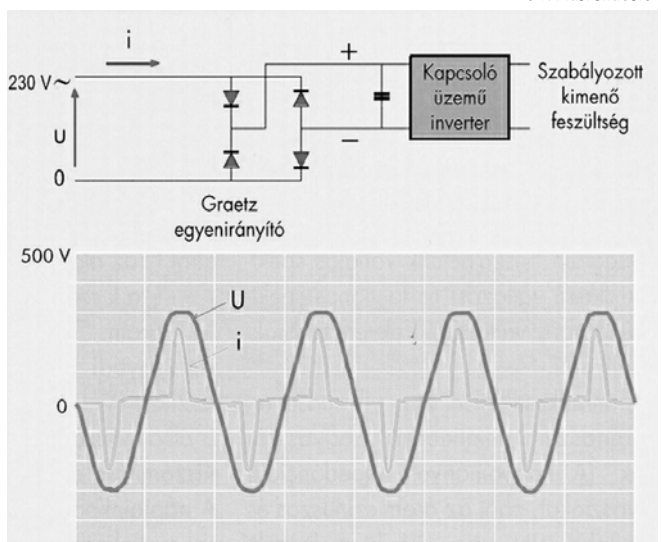
A hálózati felharmonikusok kialakulásában és a feszültség torzításában jelentős szerepet játszanak az információtechnológiai berendezések (pl. számítógépek, monitorok, nyomtatók stb.), illetve a teljesítményelektronikai berendezések (pl. frekvenciaváltók).

Az információtechnológiai berendezések tápegységei szinte kivétel nélkül egyfázisú kapcsolóüzemű tápegységek, melyek hálózati transzformátort nem tartalmaznak. Ezek nemlineáris terhelésként viselkednek, szinuszos hálózati feszültség hatására az áramuk nem szinuszos. Egy épületen belül ezek nagy darabszáma komoly és nehezen behatárolható hálózati zavarok okozója lehet.

A mai korszerű irodaházakban több száz számítógép is működhet. Ugyanakkor ezen épületekbe ma már szinte kizárólag csak elektronikus vezérléssel és szabályozott hajtással ellátott felvonókat telepítenek. A felvonó hajtásszabályozók területén egyre inkább háttérbe szorulnak az ún. feszültség szabályozott hajtások és néha indokolatlanul is előtérbe kerülnek a frekvenciaváltós hajtások. Ezek lényegesen érzékenyebbek a hálózati zavarokra, ugyanakkor ezek is hálózati zavarokat keltenek.

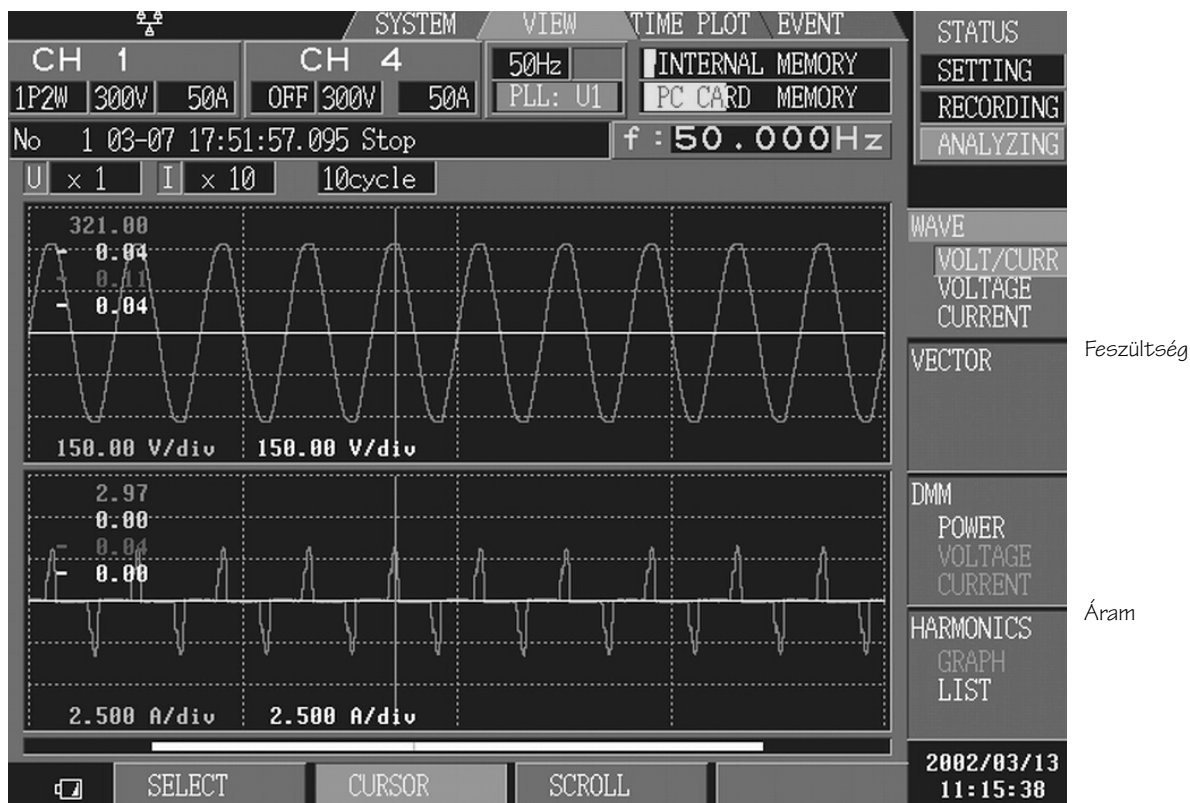
Az információtechnológiai berendezések és a frekvenciaváltók is ún. csúcsegyenirányítót tartalmaznak és ez kapcsolódik a villamos hálózathoz.

Elvi kialakítás



Feszültség és áram függvény

Az alábbiakban egy jó minőségű számítógép, egyfázisú csúcsegyenirányítót tartalmazó kapcsolóüzemű tápegységének jelalakjai láthatóak, melyek HIOKI 3196 hálózati minőség analízátorral lettek rögzítve. Látható, hogy az áram periodikus, de nem szinuszos és lényeges nagyságú felharmonikusokat tartalmaz.



A Fourier spektrumból – mely az egyes diszkrét felharmonikus frekvenciákhoz tartozó amplitudókat tartalmazza – látható, hogy az 50 Hz-es frekvenciához tartozó alapharmonikus áram ($I_1 = 0,718\text{A}$), közel azonos a 150 Hz-es frekvenciához tartozó harmadik harmonikus árammal ($I_3 = 0,618\text{A}$).



A villamos hálózat vezetékeit és készülékeit az áram effektív értéke alapján kell méretezni.

A periodikus áram effektív értéke

Fizikailag azzal az egyenárral egyenlő, mely egy periódus alatt valamely ellenálláson ugyanakkora hőenergiát termel. Ez matematikailag az egy periódusra vonatkozó négyzetes középérték.

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i^2(\omega t) d\omega t}$$

Az áram csúcserőértéke

Csúcs tényező

$$I_{pk} = |i(t)|_{\max}$$

$$K_M = \frac{I_{pk}}{I} > 1$$

A periodikus áram Fourier sora

$$i(t) = I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} I_k \cos(k\omega t + \rho_k); \quad \omega = 2\pi f$$

ahol az I_0 középérték megegyezik az állandó összetevővel. (Ez az ún. egyenáramú komponens.)

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i(\omega t) d\omega t$$

A periodikus áram effektív értékének a számításához az $i(t)$

függvényt négyzetre kell emelni és az integrálást elvégezni. Az eredmény:

$$I = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots}$$

A periodikus áram effektív értéke tehát az egyes harmonikusok effektív értékének a négyzetösszegéből vont négyzetgyök. (Geometriai összeg.)

A hálózati minőség analízátorral mérve egy jó minőségű PC tápegység áramának effektív értéke $I = 1,114$ A, míg csúcserőértéke $I_{pk} = 3,15$ A. A csúcs tényező $K = 2,8276$.

Teljes harmonikus torzítás

A harmonikus analízishez kapcsolódó alakjellemző az ún. torzítási tényező (klirr-faktor), mely azt jellemzi, hogy a periodikus jel milyen mértékben tér el a tiszta szinuszos jeltől. Ezt teljes harmonikus torzításnak (THDI) is hívjuk és jellemző a fogyasztó nemlinearitására. Általában százalékban adják meg.

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{I_1}$$

A hálózati minőség analízátorral mérve egy jó minőségű PC tápegységnél az egyes harmonikus áramok effektív értékei és a harmonikus torzítás.

