

Villamosenergia – minőség – Alkalmazási segédlet

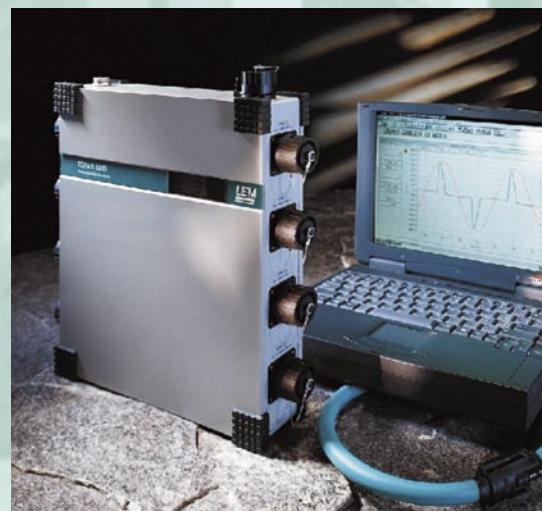
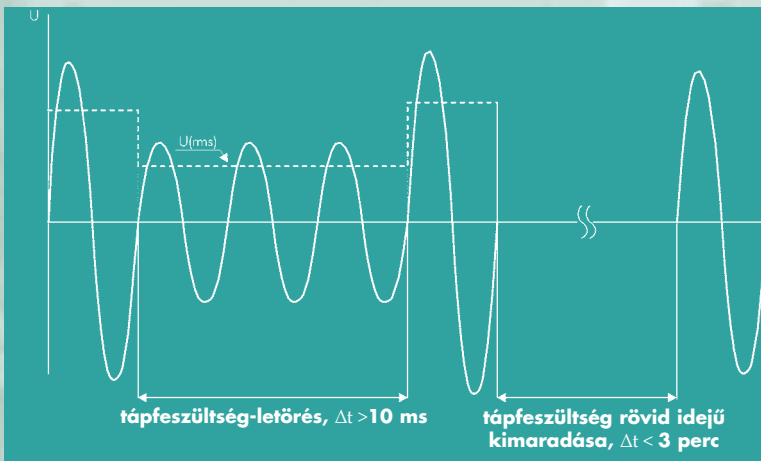


Feszültségzavarok

EN 50160 szabvány

*A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott
villamos energia feszültségjellemzői*

5.4.2



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE

europa
COPPER
institute

Feszültségzavarok

Feszültségzavarok

EN 50160 szabvány

A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségjellemzői

Henryk Markiewicz & Antoni Klajn
Wroclaw University of Technology
2004. július

Magyar Rézpiaci Központ

Hungarian Copper Promotion Centre (HCPC)

A Magyar Rézpiaci Központ a réztermelők és feldolgozók által támogatott non-profit szervezet, amelynek célja a réz és a rézötvözetek használatának, valamint helyes és hatékony alkalmazásának elősegítése. A szolgáltatások, beleértve a műszaki tanácsadást és információs adatközlést, mindazok rendelkezésére állnak, akik bármilyen vonatkozásban érdekeltek a réz felhasználásában. Az egyesülés összeköttetést teremt a kutatás és a felhasználó ipar között, és szoros kapcsolatot tart fenn a világ többi – a rézpiac fejlesztésén tevékenykedő – szervezetével.

Európai Réz Intézet

European Copper Institute (ECI)

Az Európai Réz Intézet az ICA (International Copper Association) és az IWCC (International Wrought Copper Council) támogató tagjai által létrehozott szervezet. Tagjain keresztül az ECI a világ legnagyobb réztermelői és Európa vezető réztermék gyártói nevében dolgozik a réztermékek európai piacfejlesztésén. Az 1996 januárjában megalakult ECI-t tíz Rézpiaci Fejlesztési Egyesület (CDA-k) hálózata támogatja a Benelux államokban, Franciaországban, Németországban, Görögországban, Magyarországon, Olaszországban, Lengyelországban, Skandináviában, Spanyolországban és az Egyesült Királyságban. Ezen tevékenység folytatása azon erőfeszítéseknek, amelyeket az 1959-ben alakult Copper Products Development Association (CPDA) és az 1961-ben alakult International Copper Research Association (INCRA) kezdeményezett.

Figyelmeztetés

A Magyar Rézpiaci Központ és az Európai Réz Intézet elhárítja a felelősséget bármilyen közvetlen, közvetett, okozati, vagy véletlenszerű meghibásodásért, amely az ebben a kiadványban közölt információk felhasználásából, vagy az információk illetve a közölt adatok fel nem használhatóságából eredhetnek.

Szerzői jog©: Copper Development Association (CDA)

Magyar fordítás: Magyar Rézpiaci Központ

A kiadvány anyagának másolása, terjesztése engedélyezett, feltéve, hogy az teljes terjedelemben, a forrás megjelölésével történik.



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE

Magyar Rézpiaci Központ

H-1053 Budapest,

Képipó u. 9.

Magyarország

Tel: (+36 1) 266 48 10

Fax: (+36 1) 266 48 04

E-mail: info@hcpcinfo.org

Web: www.rezinfo.hu



Feszültségzavarok

EN 50160 szabvány – A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségjellemzői

Bevezetés

A villamos energia termék, és mint minden terméknek, ennek is ki kell elégítenie a minőséggel szembeni követelményeket. Hogy egy villamos berendezés megfelelően működjön, a villamos energiát számára a névleges feszültség körül előírt feszültségtartományban kell szolgáltatni. A manapság használt berendezések jelentős része, különösen az elektronikus és számítástechnikai eszközök jó minőségű feszültséget igényelnek. Ezzel szemben gyakran ugyanaz a berendezés a nemlineáris tulajdonságai miatt torzítja a tápfeszültséget, azaz a szinuszos feszültség mellett nem szinuszos áram folyik rajta keresztül.

Tehát a megfelelő feszültségminőség biztosítása a szolgáltató és a fogyasztó közös felelőssége. Az EN 50160 [1] szabvány szerint a szolgáltató az, aki a villamos energiát a közcélú elosztóhálózaton keresztül biztosítja, és a fogyasztó vagy felhasználó az, aki a villamos energiát a szolgáltatótól vásárolja. A fogyasztó jogosult a szolgáltatótól megfelelő minőségű energiát kapni. A valóságban a villamos energia minőségének szintjét a fogyasztó és a szolgáltató között kötött kompromisszum határozza meg. Ahol a rendelkezésre álló energiaminőség nem elégíti ki a fogyasztó igényeit, ott az energiaminőség javítására van szükség, amelyet költségelemzésnek kell alávetni. Rendszerint a gyenge energiaminőség költség (kár) kihatása meghaladja az energiaminőség javításának költségét – becslések szerint az EU iparában és kereskedelmében a gyenge energiaminőség által okozott veszteségek értéke évente kb. 10 milliárd €.

Ugyanakkor a villamos energia nagyon különleges termék. A váltakozó feszültségű villamos energia eredeti formájában nem tárolható, a megtermelt energiát azonnal fel kell használni. Tárolás lehetséges, de csak valamilyen átalakítás közbeiktatásával. Ennek tudható be, hogy az erőművek által termelt villamos energiát csak nagyon korlátozott mértékben tárolják. A szolgáltatott energia minőségét a felhasználás pillanatában kell mérni és meghatározni. Az energiaminőség mérését és a mérés kiértékelését részben az MSz EN 50160 szabvány, részben más szabványok rögzítik.

Az IEC 038 [2] szabvány a villamos hálózatokban és létesítményekben két különböző feszültséget különböztet meg:

- ◆ tápfeszültség, amely a kommunális csatlakozási pontban (PCC), azaz a fogyasztó hálózatának a kommunális hálózathoz való csatlakozási pontján mérhető vonali- vagy fázisfeszültség
- ◆ fogyasztói feszültség, amely a kommunális kiefeszültségű fogyasztónál a dugaszoló aljzatban vagy a készülék kapcsain mérhető vonali- vagy fázisfeszültség.

A *szolgáltatóra* vonatkozó követelményekkel foglalkozó alapidokumentum az EN 50160 szabvány, amely a közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségjellemzőit írja elő. Ez európai szabvány, amelyet számos régióban vagy országban további szabványok egészítenek ki, mint például Németországban [3], Lengyelországban [4] és Magyarországon [9]. Sok helyi előírás, mint például a német csatlakoztatási feltételek [3] egyedi hálózatokra vonatkoznak, de ezek egységesítése folyamatban van a német villamos energia-piac liberalizációjának keretében. Az IEC 038 szerint mind az EN 50160 szabvány, mind a helyi szabályozások [3, 4, 9] a tápfeszültségre, azaz a kommunális csatlakozási pontban mérhető feszültségre vonatkoznak.

A *fogyasztó* szempontjából a fogyasztó berendezései számára rendelkezésre álló energia minősége a fontos. A berendezések megfelelő működéséhez az elektromágneses hatások szintjét a berendezéseknél bizonyos határértékek alatt kell tartani. A berendezéseket a hálózathoz származó és a létesítményben lévő más berendezések által keltett zavarok befolyásolják, ugyanakkor a berendezések is befolyásolják a hálózatot. Ezeket a jelenségeket az EN 61000-XXX- es EMC szabványsorozat tárgyalja, amelyek tartalmazzák a vezetett zavarok határértékeit. A határértékek meghatározásakor figyelembe vették a PCC és a dugaszoló aljzat közötti fogyasztói belső hálózatra átlagosan számítható feszültségesést, torzítás növekedést.

Ennek a tanulmánynak a célja az EN 50160 szabvány részletes ismertetése, és a benne szereplő követelmények elemzése a hálózatra csatlakozó berendezés működése szempontjából. A cikk a tápfeszültség jellemzőinek szabványos mérési módszereivel is foglalkozik.

A fontosabb feszültségjellemzők

Az EN 50160 szabvány több feszültségjellemzőt határoz meg. Ezek közül a legfontosabbak a következők:

Tápfeszültség – a feszültség effektív értéke a közös csatlakozási pontban egy adott időben, egy adott időtartamon keresztül mérve.

A hálózat névleges feszültsége (U_n) – az a feszültség, amellyel egy hálózat jellemezve vagy azonosítva van és amelyre az egyes üzemi jellemzők vonatkoznak.

Megegyezései tápfeszültség (U_c) – normál esetben megegyezik a hálózat U_n névleges feszültségével. Ha az energiaszolgáltató és a fogyasztó közötti megegyezés alapján a csatlakozási pont feszültsége eltér a névleges feszültségtől, akkor ez a feszültség az U_c megegyezései tápfeszültség.

Normál üzemi körülmény – olyan állapot, amely megfelel a terhelési igényeknek, valamint amelyben hiba esetén egy önműködő hálózati védelem lekapcsolja a hálózatot és elhárítja a hiba hatását, kivéve a külső körülmények vagy ellátási nehézségek által okozott kivételes helyzeteket.

Feszültségváltozás – a feszültség növekedése vagy csökkenése, amely általában az elosztóhálózat vagy annak egy része összterhelésének változása következtében lép fel.

Villogás (flicker) – időben ingadozó fényességű vagy színképi eloszlású fényinger által létrehozott látásérzet-ingadozás hatása.

Villogásmérték – a villogás zavaró hatásának a mértéke az UIE-IEC villogásmérési módszerrel meghatározva és a következő mennyiségekkel számítva:

- ◆ *rövid idejű villogásmérték (P_{st})* tízperces időtartamon keresztül mérve
- ◆ *hosszú idejű villogásmérték (P_{lt})* két órás időtartamon keresztül mért 12 db egymást folyamatosan követő P_{st} értékből a következő képlet alapján számítva:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}} \quad (1)$$

Tápfeszültség-letörés – a tápfeszültség effektív értékének hirtelen csökkenése az U_c megegyezései feszültség 90%-a és 10%-a közötti értékre, amit egy rövid időtartam után a feszültség visszaállása követ. A feszültségletörés szokásos ideje 10 ms és 1 perc között van. A feszültségletörés relatív nagysága a maradék feszültség effektív értéke a megegyezései feszültség effektív értékére vonatkoztatva. Azok a feszültségváltozások, amelyek a tápfeszültség értékét nem csökkentik az U_c megegyezései feszültség 90%-a alá, nem tekinthetők letöréseknek.

A táplálás kimaradása – az az eset, amikor a csatlakozási pontokon a feszültség kisebb, mint az U_c megegyezései feszültség 10%-a. A táplálás kimaradása a következőképpen osztályozható:

- ◆ *tervezett*, az elosztóhálózaton beütemezett munkák végrehajtása céljából, amelyről a fogyasztókat előzetesen tájékoztatták
- ◆ *nem tervezett*, amelyet külső eseményekkel, villamos szerkezetek hibájával vagy zavarásával kapcsolatos tartós (*hosszú idejű kimaradás*) vagy tranziens (*rövid idejű kimaradás*) hibák okoznak.

Átmeneti, hálózati frekvenciájú túlfeszültségek – viszonylag hosszú idejű, általában a hálózati frekvencia néhány periódusáig tartó túlfeszültségek, amelyek főleg kapcsolási műveletek vagy hibák, például terhelések kapcsolása vagy zárlatok lekapcsolása következtében keletkeznek.

Tranziens túlfeszültségek – rövid idejű, periodikus vagy nem periodikus, általában erősen csillapodó túlfeszültségek, néhány milliszekundum vagy annál kisebb időtartammal, amelyek villámlás vagy egyes kapcsolási műveletek, például induktív áram lekapcsolása következtében keletkeznek.

Felharmonikus feszültség – a tápfeszültség alapharmonikus frekvenciájának egész számú többszörösével megegyező frekvenciájú szinuszos feszültség. A felharmonikus feszültséget a következőképpen szokás meghatározni:

- ◆ *egyenként*, az U_1 alapharmonikus feszültséghez viszonyítva az U_h relatív amplitúdót, ahol h a harmonikus rendszám

- ◆ *átlagolva*, rendszerint a THD_U (total harmonic distortion) teljes harmonikus torzítási tényező segítségével a következő kifejezéssel számolva:

$$THD_u = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{40} (U_h)^2}{U_1^2}} \quad (2)$$

Közbenső harmonikus feszültség – a felharmonikusok közötti frekvenciájú szinuszos feszültség, azaz a frekvenciája nem az alapharmonikus egészszámú többszöröse.

Feszültségaszimmetria – a háromfázisú hálózat olyan állapota, amelynél a fázisfeszültségek effektív értékei vagy az egymást követő fázisok közötti szögek nem egyenlők egymással.

Az EN 50160 legfontosabb követelményei

Az EN 50160 meghatározza a feszültség normál üzemi körülmények közötti fő jellemzőit és azok megengedett eltéréseit a közcélú kisfeszültségű (KIF) és középfeszültségű (KÖF) villamos elosztóhálózatok fogyasztói csatlakozási pontjaiban. Ebből a szempontból a kisfeszültség azt jelenti, hogy a vonali feszültség névleges effektív értéke nem haladja meg az 1000 V-ot, a középfeszültség pedig azt, hogy a vonali feszültség névleges effektív értéke 1 kV és 35 kV közé esik.

Az EN 50160 és az EN 61000-es sorozatú EMC szabványok követelményeinek összehasonlítása több jellemző esetén lényeges eltéréseket mutat (1. táblázat). Ezeknek az eltéréseknek két fő oka van:

- ◆ Az EMC szabványok az IEC 038 szerinti fogyasztói feszültségre vonatkoznak, míg az EN 50160 a tápfeszültséggel foglalkozik. Az ezen feszültségek közötti különbségek okai a PCC-től a fogyasztói készülék csatlakozásáig a fogyasztó hálózatában kialakuló feszültségesés és a fogyasztó hálózatáról táplált nemlineáris készülékekből származó zavarok, amelyek a fogyasztó felé növelhetik a hálózatnak a PCC-n meglévő zavarszintjét. Emiatt az EN 61000-es sorozat több szabványában a fogyasztói berendezés árama és a vizsgálati impedancia lényeges paraméter, míg az EN 50160 szempontjából ezek érdektelenek.
- ◆ Az EN 50160 csak olyan általános határértékeket ad meg, amelyeket a szolgáltatónak kell a közcélú elosztóhálózaton biztosítania. Szigorúbb feltételek esetén a szolgáltató és a fogyasztó közötti részletes megállapodásra van szükség. A feszültségminőség javítása többletköltséget és berendezéseket igényel, amelyet itt nem részletezünk.
- ◆ Az EN 50160-nak vannak korlátai, ezek azonban a szabvány alkotók szerint tudatos. A szabvány nem vonatkozik többek között a következő rendellenes üzemi viszonyokra:
 - az ideiglenes táphálózatokra
 - a vonatkozó szabványoknak nem megfelelő fogyasztói villamos berendezésekre vagy villamos készülékekre vagy a műszaki követelményeknek nem megfelelő fogyasztói csatlakozásokra
 - a vonatkozó szabványoknak vagy a villamosenergia-elosztóhálózattal való összekapcsolási műszaki követelményeknek nem megfelelő energiatermelő berendezésekre
 - az energiaszolgáltató hatáskörén kívül eső kivételes helyzetekre, amelyek elsősorban a következők:
 - kivételes időjárási körülmények és egyéb természeti katasztrófák
 - harmadik fél által okozott zavarok
 - hatósági intézkedések
 - ipari műveletek (jogi előírások szerint)
 - kényszerítő körülmény (vis major)
 - külső események miatti energiakimaradás.

Amennyiben a felsorolt események bekövetkezte a villamosenergia szolgáltatás minőségét érintik, akkor a szolgáltató, a fogyasztó és az Energia Hivatal egyeztetésével alakul ki az álláspont.

Amint az az 1. táblázatban szereplő összehasonlításból is látszik, a követelmények nem ellentmondóak, de általában az EN 50160 egyes vonatkozásban elég szabadon fogalmaz, nem ad meg számonkérhető értékeket, különösen a feszültségletörések, kimaradások vonatkozásában. Ezen kritériumokat illetően a szolgáltató szempontjából nem különösen szigorú. Jelenleg a szigorítás a nemzeti energia hivatalok kötelessége, amennyiben a fogyasztók védelmében ennek szükségét érzik.

A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségjellemzői

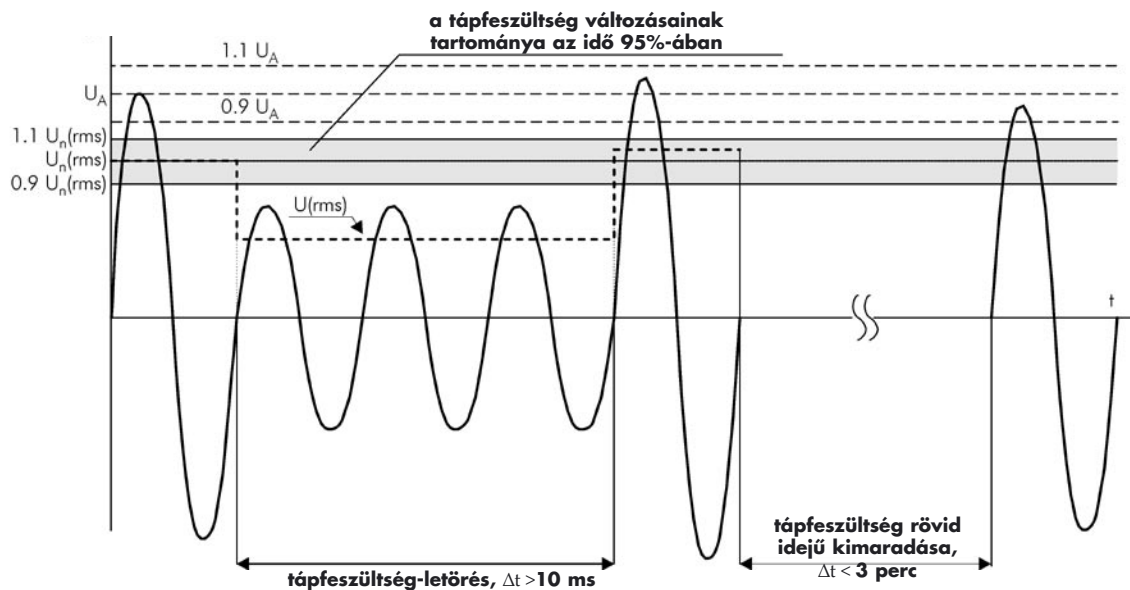
Sorsz.	Jellemző	Feszültségjellemzők az EN 50160 szerint	Kisfeszültségű feszültségjellemzők az EN 61000 EMC szabvány szerint	
			EN 61000-2-2	Egyéb részek
1	Hálózati frekvencia	KIF, KÖF: az alapharmonikus frekvencia átlagértéke 10 sec-on keresztül mérve $\pm 1\%$ (49,5 – 50,5 Hz) a hét 99,5%-ában $-6\%/+4\%$ (47 – 52 Hz) a hét 100%-ában	2%	
2	A tápfeszültség változásai	KIF, KÖF: $\pm 10\%$ a hét 95%-ában, a tápfeszültség 10 perces átlagos effektív értékei (1. ábra)		$\pm 10\%$ 15 percre
3	Gyors feszültségváltozások	KIF: általában 5%, ritkán 10% $P_{It} \leq 1$ a hét 95%-ában KÖF: általában 4%, ritkán 6% $P_{It} \leq 1$ a hét 95%-ában	általában 3%, ritkán 8% $P_{st} < 1,0$ $P_{It} < 0,8$	általában 3%, legfeljebb 4% $P_{st} < 1,0$ $P_{It} < 0,65$ (EN 61000-3-3) 3% (IEC 61000-2-12)
4	Tápfeszültségletörések	Általában: időtartam < 1 s, mélység $< 60\%$. Helyileg előforduló letörések a terhelések kapcsolása miatt: KIF: 10 – 50%, KÖF: 10 – 15% (1. ábra)	városi környezetben: 1 - 4 havonta	$\leq 30\%$ 10 ms-ig $\leq 60\%$ 100 ms-ig (EN 61000-6-1, 6-2) $\leq 60\%$ 1000 ms-ig (EN 61000-6-2)
5	A tápfeszültség rövid idejű kimaradásai	KIF, KÖF: (≤ 3 perc) évente néhányszor tíz – néhányszor száz A kimaradások 70%-ának időtartama < 1 s		95%-os csökkenés 5 s-ig (EN 61000-6-1, 6-2)
6	A tápfeszültség tartós kimaradásai	KIF, KÖF: (> 3 perc) $< 10 - 50$ / év		
7	Átmeneti, hálózati túlfeszültségek	KIF: $< 1,5$ kV effektív KÖF: $1,7 U_c$ (közvetlenül vagy impedancián keresztül földelt hálózat) $2,0 U_c$ (szigetelt vagy rezonancia-földelésű hálózat)		
8	Tranziens túlfeszültségek	KIF: általában < 6 kV, de esetenként nagyobb is lehet; felfutási idő: ms – μ s. KÖF: nincs meghatározva		± 2 kV, fázis és a föld között ± 1 kV, fázisok között 1,2/50 (8/20) Tr/Th μ s (EN 61000-6-1. 6-2)
9	Tápfeszültségaszimmetria	KIF, KÖF: $\leq 2\%$ a hét 95%-ában, 10 perces átlagos effektív értékek, bizonyos helyeken : $\leq 3\%$	2%	2% (EN 61000-6-12)
10	Felharmonikus feszültség	KIF, KÖF: ld. a 2. táblázatot	6%-5., 5%-7., 3,5%-11., 3%-13. THD $< 8\%$	5% 3., 6% 5., 5% 7., 1,5% 9., 3,5% 11., 3% 13., 0,3% 15., 2 % 17. (EN 61000-3-2)
11	Közbenső harmonikus feszültség	KIF, KÖF: meggondolás alatt áll	0,2%	

1. táblázat: Az EN 50160 és az EN 61000 EMC szabványok tápfeszültséggel szemben támasztott követelményeinek összehasonlítása

A fogyasztók szempontjai az EN 50160-ban megadott határértékeket olyan követelményeknek tekintik, amelyeket a szolgáltatónak garantálnia kell. Ennek ellenére, sok fogyasztó számára az energiaminőség szintje még az EN 50160 követelményeinek teljesülése esetén sem kielégítő. Ilyen esetekben az energiaminőség szükséges szintjét a szolgáltató és a fogyasztó közötti külön megállapodásban kell előírni.

Páratlan harmonikusok				Páros harmonikusok	
3-mal nem osztható		3-mal osztható			
Rendszám h	Viszonylagos feszültség (%)	Rendszám h	Viszonylagos feszültség (%)	Rendszám h	Viszonylagos feszültség (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.5	6 ... 24	0.5
13	3	21	0.5		
17	2				
19	1.5				
23	1.5				
25	1.5				

2. táblázat: Az egyes harmonikus feszültségek értékei a csatlakozási ponton a 25. rendszámig, az U_n százalékában kifejezve



1. ábra: Az EN 50160 szerinti feszültség-letörés és a tápfeszültség rövid idejű kimaradásának szemléltetése;
 U_n – a táphálózat névleges feszültsége (effektív érték), U_A – a tápfeszültség amplitúdója,
 $U_{\text{effektív}}$ – a tápfeszültség tényleges effektív értéke

A berendezések üzemeltetése és az EN 50160 követelményei

A berendezések megfelelő működése megköveteli, hogy a tápfeszültség a lehető legközelebb legyen a névleges feszültséghez. A névleges értéktől való legkisebb eltérés is a berendezésnek az optimálistól eltérő működését eredményezi, például csökken a hatásfok, vagy növekszik az energiafelhasználás, ami további veszteségekkel és az élettartam csökkenésével jár. A tartós eltérések bizonyos esetekben a védőeszközök megszólalását okozzák, amelyek feszültség-kimaradásokat idéznek elő. Természetesen a berendezések

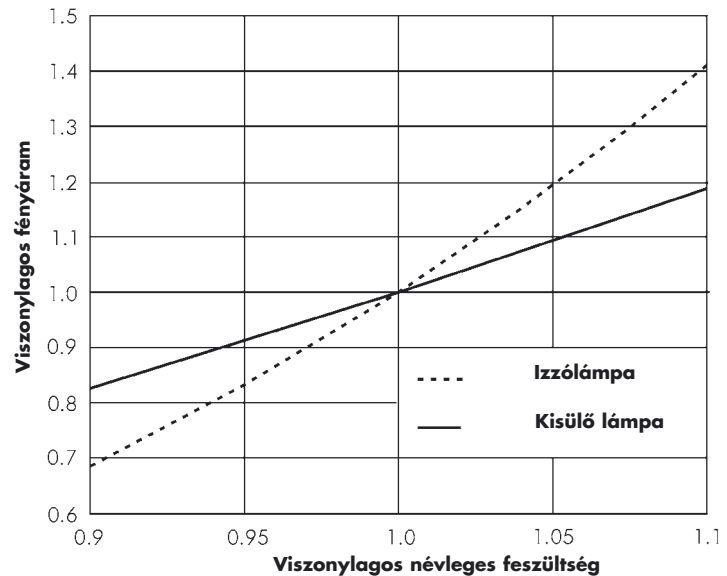
helyes működését még sok más tényező befolyásolja, mint például a környezeti körülmények és a megfelelő kiválasztás és fogasztói hálózat.

A tápfeszültség egyes jellemzőinek a berendezések működésére gyakorolt hatásait külön-külön könnyű meghatározni, de ha a jellemzők egyidejűleg változnak, akkor a helyzet sokkal bonyolultabb. Bizonyos esetekben a különböző feszültségjellemzők hatásainak külön-külön történt részletes elemzése után az eredmények szuperponálásával több jellemző együttes hatását meg lehet becsülni. Adott feszültségjellemzőnek a berendezések működésére gyakorolt hatását a vizsgált fizikai jelenség leírására szolgáló matematikai egyenletek alapján lehetséges. Az alábbiakban a világítással és a motorokkal kapcsolatos két egyszerű példa következik.

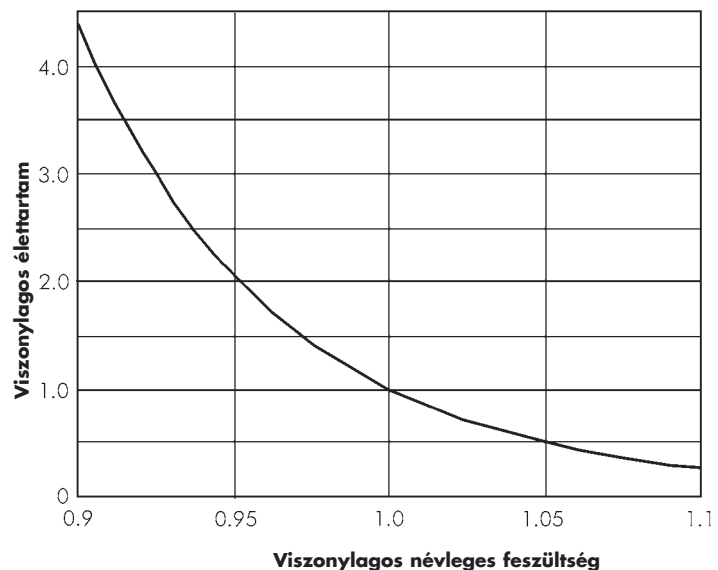
Izzólámpák esetén a fényáramra a tápfeszültségnek van a legjelentősebb hatása, amint az a 2. ábrából és a (3) képletből is látszik. Emiatt az EN 50160 szerint megengedett tápfeszültség-változások a fényáram jelentős mértékű megváltozását okozhatják. Például az EN 50160 megengedi, hogy a tápfeszültség hosszú időn keresztül $U_n - 10\%$ vagy $U_n + 10\%$ értékű legyen, amikor az izzólámpa a névleges fényáramának rendre csak a 70%-át vagy akár a 140%-át bocsátja ki. Továbbá $U_n + 10\%$ esetén ezeknek a lámpáknak az élettartama kb. a névleges érték 25%-ára csökken le (3. ábra), azaz kb. 250 órára a jellemző 1000 óra helyett. (Meg kell jegyezni, hogy a fénycsöveknek és a gázkisüléses lámpáknak az élettartama főleg a bekapcsolások számától függ. A tápfeszültség-változások hatása csekély.) A 2. és 3. ábrán látható értékek adott értékű állandó üzemi feszültségek esetén érvényes.

A gyakorlatban a feszültség a hálózat üzemi és a terhelési viszonyainak megfelelően folyamatosan változik, például a 4. ábrán látható módon. A 2. és 3. ábrákon ábrázolt jellemzők matematikai leírása:

$$\frac{F}{F_n} = \left(\frac{U}{U_n} \right)^b \quad (3)$$



2. ábra: Izzólámpa és kisülő lámpa F fényáramának viszonylagos értéke a tápfeszültség függvényében a (3) képlet szerint



3. ábra: Izzólámpa viszonylagos élettartama a tápfeszültség függvényében a (4) képlet szerint

ahol:

F = fényáram

U = tápfeszültség

F_n = fényáram U_n névleges tápfeszültség esetén

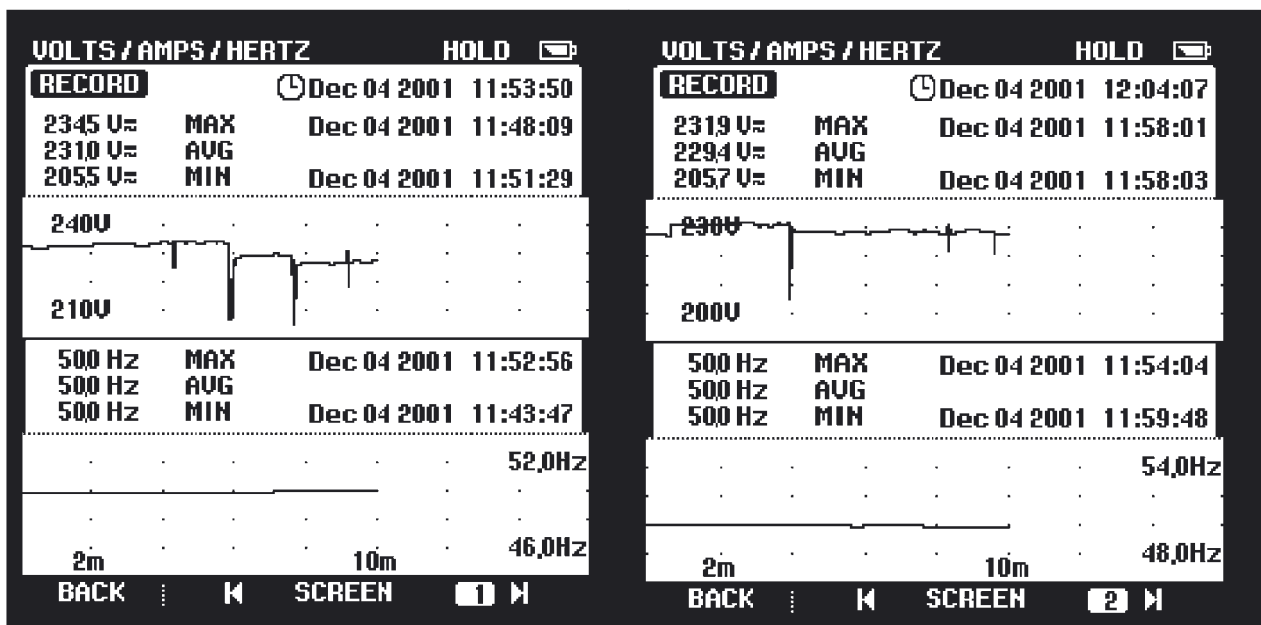
b = állandó, értéke izzólámpák esetén 3,6, kisülő lámpák esetén 1,8

$$\frac{D}{D_n} = \left(\frac{U}{U_n} \right)^{-14} \quad (4)$$

ahol:

D = izzólámpa élettartama

D_n = élettartam U_n névleges tápfeszültség esetén



4. ábra: Példák feszültségletörésekre (effektív fázisfeszültség); az oszcillogramok a tápfeszültség (felső görbe) és a frekvencia (alsó görbe) változásait ábrázolják egy kis üzem közös csatlakozási pontjánál

Azt lehet állítani, hogy a feszültségváltozásra vonatkozó EN 50160 követelmények nem nagyon szigorúak. Még a $\pm 10\%$ -os tartományban történő feszültségváltozások is a fényforrások működőképesség romlását okozzák. A gyakorlatban ezeket a feszültségváltozásokat $\pm (3-4)\%$ -ra kellene korlátozni azért, hogy a világítástechnika területén elkerülhető legyenek a káros következmények.

A 4. ábrán látható feszültségváltozások a feszültségnek a villogásmértékre gyakorolt hatását szemléltetik, amelyet az (1) képlet szerint lehet mérni és számítani. A villogás mérésével a tanulmány egy másik fejezet foglalkozik.

Villamos motorok esetén a legfontosabb jellemző a nyomaték ingadozása, amely a tápfeszültség értékének négyzetével arányos. Problémák a nagy terhelések indításakor léphetnek fel, mivel a bekapcsolási áramlökés a fogyasztó hálózatában további feszültségesést okoz (5. ábra). A gyakorlatban a háromfázisú villamos motorok többsége nehezen induló terhelések esetén a névleges feszültségnek legalább a 85%-án, könnyen induló terhelések esetén pedig legalább a 70%-án normálisan indul. Itt tehát a feszültségváltozással kapcsolatos EN 50160 követelmények megfelelőek. Ugyanakkor a motor U_n effektív értékénél 10%-kal kisebb vagy 10%-kal nagyobb feszültségen történő tartós üzemelése más káros hatásokat okozhat: az első esetben túlterhelést és a hővédelem működését, a második esetben pedig túlzott teljesítményfelvételt és a védelem leoldását. Minden egyes feszültségletörés a motorvédelem zavaró lekapcsolását eredményezheti.

A terhelőáramnak a tápfeszültségre gyakorolt hatása a fogyasztó hálózatában a szolgáltató hálózatának impedanciájától függ. A berendezésnél mérhető fogyasztói feszültség a szolgáltató és a fogyasztó hálózatának impedanciájától függ. A terhelőáramnak a tápfeszültségre gyakorolt hatását a 6. ábra szemlélteti.

A motorok esetén jelentkező másik problémát az aszimmetrikus tápfeszültségben lévő felharmonikus feszültségek okozzák. A háromfázisú rendszerben a feszültség aszimmetria ellentétes irányú nyomatókat eredményez, amely a negatív sorrendű feszültségösszetevővel arányos. Minden egyes harmonikus feszültség létrehozza a neki megfelelő felharmonikus áramot és az ahhoz tartozó saját nyomatókat, amely különböző szlipek esetén a fő nyomatókkal egyirányú vagy ellentétes lehet. Itt a legfontosabb az 5. és a 7. harmonikus. A 7. ábra azt az esetet szemlélteti, amikor a 7. nyomatók-harmonikus a motor indításánál problémát okozhat, mert az eredő nyomatók és a fékező nyomatók görbék keresztezik egymást.

Más villamos berendezések esetén a tápfeszültség és a hozzá tartozó teljesítmény vagy hatásfok közötti kapcsolat lehet fontos. A berendezések többségénél a $(0,9 - 1,1) U_n$ tartományban történő feszültségváltozás nem okoz semmilyen káros hatást, különösen a közönséges fűtőkészülékek esetén. A tápfeszültségre érzékenyebb berendezések esetén megfelelő védelmet kell létesíteni.

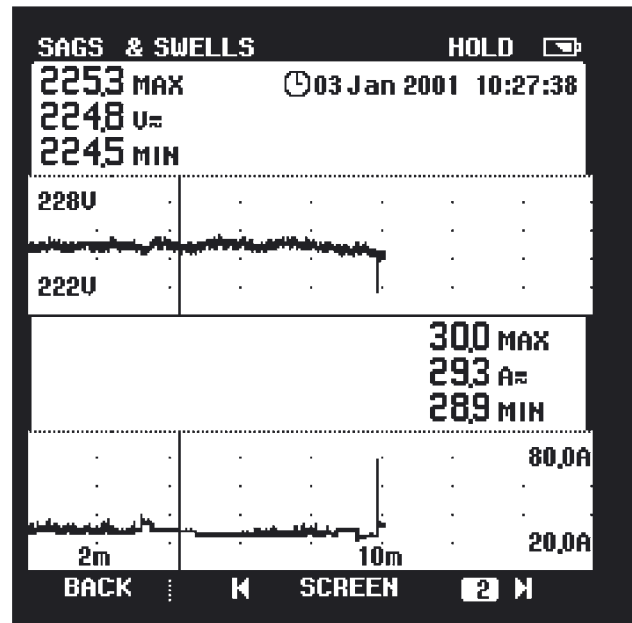
Mérési módszerek

A tápfeszültség minőségének az EN 50160 szerinti mérése és vizsgálata különleges készülékeket és mérési módszereket igényel (ld. ezen tanulmány 3.2. és 5.2. szakaszait). Az ilyen elrendezés a következő jellemzők 7 napon keresztüli folyamatos megfigyelésére alkalmas:

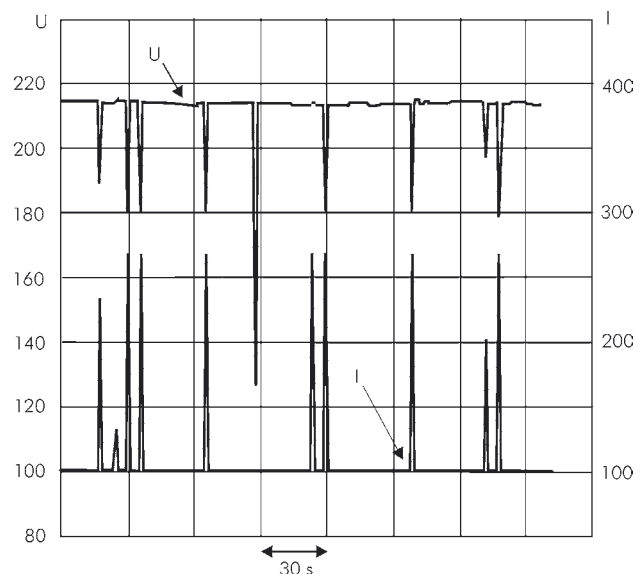
- ◆ a három fázisban a feszültség
- ◆ frekvencia
- ◆ teljes harmonikus torzítási tényező, THD_U
- ◆ a feszültségaszimmetria tényezője, amely a pozitív és negatív sorrendű feszültségösszetevők többszöröse
- ◆ a gyors és a lassú feszültségváltozások, amelyek a rövid idejű (P_{st}) és hosszú idejű (P_{lt}) villogásmértekkel vannak meghatározva (1. egyenlet).

Az ilyen berendezés képes továbbá a feszültségletörések és kimaradások, valamint ezek gyakoriságának és időtartamának a mérésére is.

A mért jellemzők 10 perces időintervallumokban, u.n. szegmensekben vannak feldolgozva és rögzítve (7 nap alatt 1008 intervallum). Minden egyes időintervallumra a mért jellemző átlagértéke ki lesz számítva.



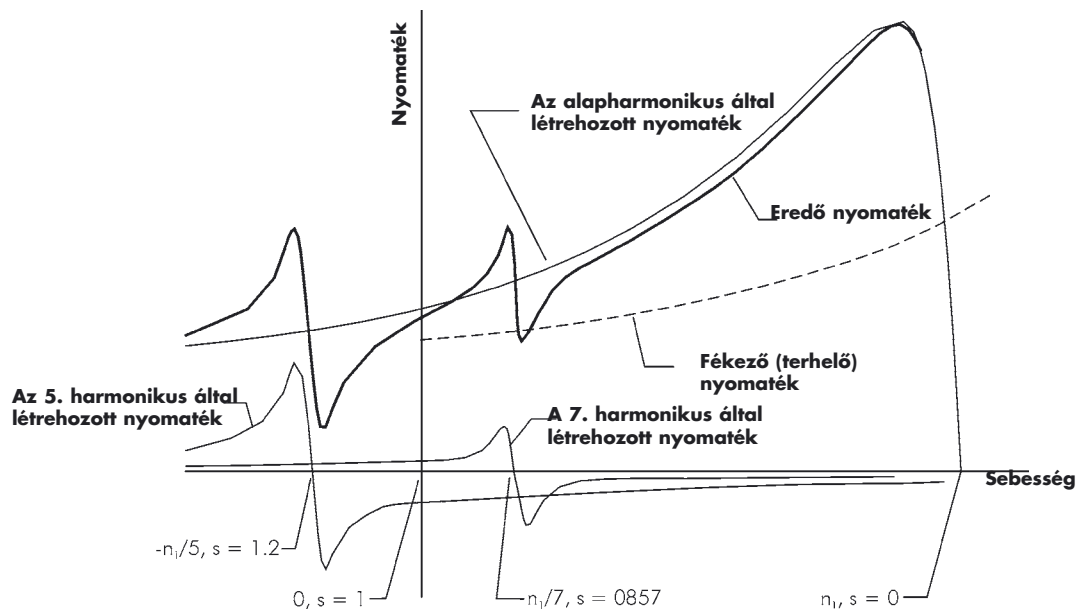
5. ábra: Példa tápfeszültség-változásokra (felső görbe) aszinkron motor indításakor; alsó görbe – terhelő áram egy kis üzemi fogyasztói hálózatában; az áramgörbe végén lévő csúcs az indítási folyamatot mutatja



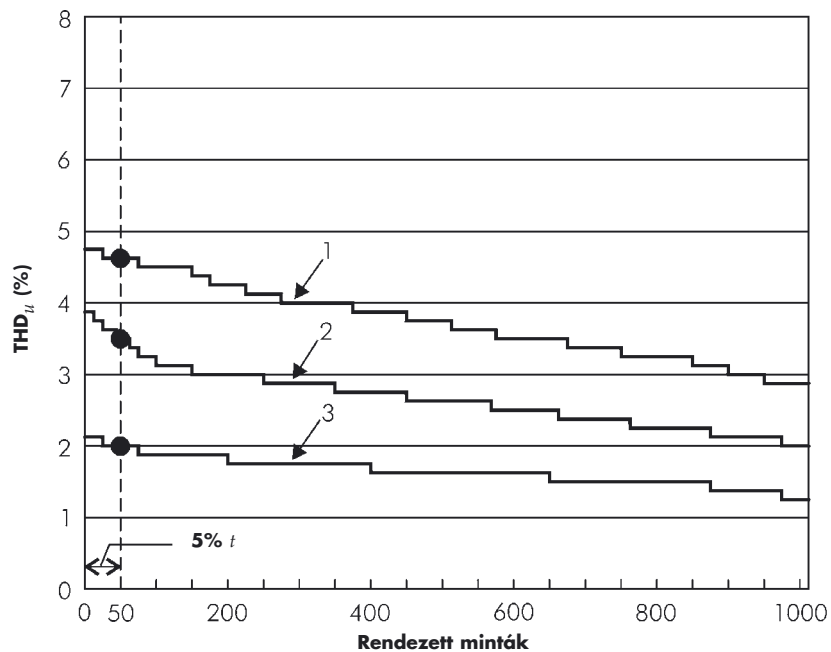
6. ábra: A terhelőáramnak a tápfeszültség-letörésekre gyakorolt hatása a fogyasztó villamos hálózatában

A 7 napos megfigyelési időszak után alakul ki az u.n. „rendezett diagram”, amely a megfigyelési időszakban az adott zavar szintek összegét mutatja. (Frekvenciamérések esetén az egyes szegmensek időtartama 10 s.)

A rendezett diagramra a 8. ábra mutat példát. Ezen egyértelműen látszik, hogy a mért feszültségjellemzők a megengedett szinten belül voltak-e a vizsgálati idő 95%-ában. (1. táblázat.)



7. ábra: A harmonikusok által létrehozott aszinkron nyomaték hatása az aszinkron motor fő nyomatékjelleggörbéjére



8. ábra: Példa a kisfeszültségű ipari (1 és 3) és lakossági (2) hálózatokat ellátó alállomásokon mért teljes harmonikus torzítási tényező rendezett diagramjára

Szabályozások az egyes országokban

A fentiekben említetteknek megfelelően amíg az EN 50160 a közcélú elosztóhálózatokra vonatkozó általános határértékeket adja meg, addig egyes európai országok a tápellátás feltételeit külön is szabályozzák. Ezek közül a nemzeti szabályozások közül sok az EN 50160-ban nem szereplő területekkel foglalkozik, mint például a közös csatlakozási ponthoz csatlakoztatható legnagyobb megengedett harmonikus terhelés.

A német VDE 0100 nemzeti szabvány kijelenti, hogy a DIN EN 50160-ben meghatározott feszültségjellemzők a hálózat szélsőséges állapotaira vonatkoznak, és nem a szokásos körülményeket írják le. A hálózatok tervezése során a VDE 0100 ajánlásait kell követni. A csatlakozás egyik feltétele [3] például megadja a fázisszög-vezérelt ohmos terhelések (1700 VA egyfázisú, 3300 VA kétfázisú és 5000 VA szimmetrikus háromfázisú esetben) és a kondenzátoros simítású szabályozatlan egyenirányítós terhelések (300 VA egyfázisú, 600 VA kétfázisú és 1000 VA szimmetrikus háromfázisú esetben) egységenkénti legnagyobb értékeit. Hivatkozik továbbá a VDE 0838 (EN 60555) szabványra is.

A tápfeszültség jellemzője	[4] szerinti határérték
Frekvencia	KIF és KÖF: 50 Hz névleges (49,5 – 50,2 Hz)
Feszültség amplitúdó	KIF és KÖF: a 15 perces effektív érték -10% – +5%-a
Harmonikusok	KIF: $THD_U \leq 8\%$, mindegyik harmonikus/ $U_1 \leq 5\%$ KÖF: $THD_U \leq 5\%$, mindegyik harmonikus/ $U_1 \leq 3\%$
Hosszú idejű kimaradások	KIF és KÖF: 60 óra/év 2004. dec. 31-ig 48 óra/év 2005. jan. 1-től

3. táblázat: A tápfeszültség energiaminőségével kapcsolatos követelmények a lengyel elosztóhálózaton a [4] szerint

Lengyelországban a villamos energia elosztásával kapcsolatos szabályokat a kormány írta elő [4] megadva a tápfeszültség alapvető jellemzőit (3. táblázat), és nem hivatkozik az EN 50160-ra. A fogyasztók továbbá hat csoportra vannak felosztva, amelyekre külön-külön vannak megadva a feszültségkimaradások évente megengedett összesített ideje. A dokumentum részletesen foglalkozik az energiapiac gazdasági vonatkozásaival is, például az országos és helyi elosztóhálózatok közötti elszámolások alapelveivel stb.

Olaszországban a [8] fontos dokumentum foglalkozik az energiaellátás folyamatosságával. A valóságban az Olasz Villamos és Gázipari Hatóság (AEEG) létrehozott egy, a szolgáltatás folyamatosságát kifejező egységes rendszert, és életbe léptetett egy olyan, ösztönzőkből és büntetésekből álló rendszert, amelynek az a célja, hogy a folyamatossági szintek fokozatosan elérjék az európai szabványok követelményeit. A Hatóság az ország területét 230 földrajzi zónára osztotta fel, amelyek a népsűrűségnek megfelelően további alosztásokat is tartalmaznak, és minden egyes területre az előző évi teljesítmény alapján fejlesztési célokat írt elő. Azok a szolgáltatók, amelyek túlteljesítik a tervet, nagyobb pénzügyi támogatást kapnak, ellenben azok, amelyek elmaradnak a fejlesztésekkel, büntetést fizetnek. Külső hatások vagy harmadik fél által okozott feszültségkimaradásokra nem vonatkozik az elszámolás. A végső cél az európai szabványokon alapuló nemzeti alapszintre felhozni a folyamatossági szintet: nagyvárosokban (sűrűn lakott területek) a fogyasztókra jutó teljes kimaradás évente 30 perc; közepes méretű városokban (közepesen sűrűn lakott területek) 45 perc; és vidéken (ritkán lakott területek) 60 perc. Más országok hatóságai is hasonló rendszereket vezettek be.

Az Egyesült Királyságban sok dokumentum foglalkozik a villamosenergia-elosztásának szabályozásával. Az egyik legfontosabb a G5/4, amelyet ezen tanulmány más része tárgyal, és amely a harmonikus terheléseknek a közös csatlakozási pontra való csatlakoztatását szabályozza. A folyamatosságot javító intézkedések a Gáz és Villamos Piacok Irodája (OFGEM) hatáskörébe tartoznak.

Következtetések

A villamosenergia-szolgáltatók számára nem bonyolult feladat az EN 50160 követelményeit teljesíteni. A tápfeszültség jellemzőit csak a vizsgált időtartam 95%-ában kell az előírt tartományon (1. táblázat) belül tartani, a megengedett eltérések az időtartam fennmaradó 5%-ában lényegesen nagyobbak. Például a középértéknek az idő 95%-ában a névleges feszültség 90%-a és 110%-a között kell lennie. Ez szélsőséges esetben azt jelenti, hogy a fogyasztónak tartósan be kell érnie a névleges feszültség 90%-val, ugyanakkor az idő 5%-ában a rendelkezésére álló feszültség ennél sokkal kisebb is lehet. Ha ilyen határesetben a többi jellemző is a szabvány által megengedett szélsőséges értékű, például a felharmonikus feszültségek vagy a feszültségaszimmetria, akkor valószínű a berendezés hibás működése.

A szabványt lehetne tökéletesíteni. Például annak megkövetelése, hogy a teljes vizsgálati időn belül a mért feszültségjellemzők átlagértéke $\pm 5\%$ -on belül legyen azt biztosítaná, hogy a szolgáltatott tápfeszültség hosszú időn keresztül nem lehetne az alsó határértéken.

A feszültségletörések engedélyezett száma (évente legfeljebb 1000) és a rövid és a hosszú idejű feszültségkimaradások száma a fogyasztó szempontjából túl nagy. A névleges feszültség 30%-a alatti, 0,3 s-nál hosszabb időtartamú feszültségletörések működésbe hozhatják a feszültségcsökkenés elleni védelmeket és a motorvédő kapcsolók érintkezői elejthetnek. Így a folyamatok leállításának tényleges száma lényegesen nagyobb lehet, mint amire a feszültségkimaradások számából következtetni lehetne.

Az EN 50160 szabványt a szolgáltató és a fogyasztó közötti egyezségként kellene felfogni. Ez a szolgáltatótól egy szükséges, de nem elégséges minőségű energiaellátást követel meg. A legtöbb szolgáltató rendszeresen lényegesen túllépi ezeket a követelményeket, de ennek következményeiért nem áll jól. Ha a fogyasztónak nagyobbak a követelményei, akkor erről neki kell gondoskodnia, vagy a szolgáltatóval kell külön megállapodást kötnie a magasabb szintű energiaminőségről. Ezek ellenére a szabvány a következő előnyökkel rendelkezik:

- ◆ az energiaminőség szempontjából lényeges feszültségjellemzők meghatározása
- ◆ az energiaminőség meghatározása szempontjából viszonyítási pontként szereplő értékek mennyiségi meghatározása.

A villamosság szabályozásáért felelősök feladata az energiaminőség olyan szintjének a meghatározása, amely megköveteli a szolgáltatótól a helyes gyakorlatot, de mindenki számára nem jár a villamos energia árának növekedésével.

Irodalomjegyzék

- [1] EN 50160, Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems, 1999
- [2] IEC 038, IEC standard voltages, 1999
- [3] Technische Anschlussbedingungen (Technical requirements of connection), VDEW
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 września 2000, w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych, obrotu energia elektryczna, świadczenia usług przesyłowych, ruchu sieciowego i eksploatacji sieci oraz standardów jakościowych obsługi odbiorców. Dziennik Ustaw Nr 85, poz. 957 (Rules of detailed conditions of connection of consumers to the electrical power network and quality requirements in Poland).
- [5] Baranek A et al, Poprawa jakości zasilania w sieciach NN i SN. (Improvement of supply quality in LV and MV networks), Elektronizacja 1-2/2001
- [6] Seipp G G, Elektrische Installationstechnik, Berlin – München, Siemens AG, 1993
- [7] DIN VDE 0100-100 (VDE 0100 part 100): 2002-08
- [8] Decision 128/1999: Definizione di obblighi di registrazione delle interruzioni del servizio di distribuzione dell'energia elettrica e di indicatori di continuità del servizio
- [9] Decision 144/00: Determinazione dei livelli effettivi base e dei livelli tendenziali di continuità del servizio per ogni ambito territoriale e per ogni anno del periodo 2000-2003 ai sensi dell'articolo 7 della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 28 dicembre 1999, n. 202/99 e per la determinazione della media nazionale dei livelli tendenziali di continuità del servizio per l'anno 2004, ai sensi dell'articolo 9, comma 9.4, della medesima deliberazione.

Referencia és Alapító Tagok*

European Copper Institute* (ECI) <i>www.eurocopper.org</i>	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid <i>www.etsii.upm.es</i>	LEM Instruments <i>www.lem.com</i>
Akademia Gorniczo-Hutnicza (AGH) <i>www.agh.edu.pl</i>	Fluke Europe <i>www.fluke.com</i>	MGE UPS Systems <i>www.mgeups.com</i>
Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments (CITCEA) <i>www-citcea.upc.es</i>	Hochschule für Technik und Wirtschaft* (HTW) <i>www.htw-saarland.de</i>	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg <i>www.uni-magdeburg.de</i>
Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) <i>www.ceiuni.it</i>	Hogeschool West-Vlaanderen Departement PIH <i>www.pih.be</i>	Polish Copper Promotion Centre* (PCPC) <i>www.miedz.org.pl</i>
Copper Benelux* <i>www.copperbenelux.org</i>	International Union for Electricity Applications (UIE) <i>www.uie.org</i>	Università di Bergamo* <i>www.unibg.it</i>
Copper Development Association* (CDA UK) <i>www.cda.org.uk</i>	ISR - Universidade de Coimbra <i>www.isr.uc.pt</i>	University of Bath <i>www.bath.ac.uk</i>
Deutsches Kupferinstitut* (DKI) <i>www.kupferinstitut.de</i>	Istituto Italiano del Rame* (IIR) <i>www.iir.it</i>	University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST) <i>www.umist.ac.uk</i>
Engineering Consulting & Design* (ECD) <i>www.ecd.it</i>	Katholieke Universiteit Leuven* (KU Leuven) <i>www.kuleuven.ac.be</i>	Wroclaw University of Technology* <i>www.pwr.wroc.pl</i>
EPRI PEAC Corporation <i>www.epri-peac.com</i>	Laborelec <i>www.laborelec.com</i>	

Szerkesztőségi bizottság

David Chapman (Chief Editor)	CDA UK	david.chapman@copperdev.co.uk
Prof Angelo Baggini	Università di Bergamo	angelo.baggini@unibg.it
Dr Araceli Hernández Bayo	ETSII - Universidad Politécnica de Madrid	ahernandez@etsii.upm.es
Prof Ronnie Belmans	UIE	ronnie.belmans@esat.kuleuven.ac.be
Dr Franco Bua	ECD	franco.bua@ecd.it
Jean-Francois Christin	MGE UPS Systems	jean-francois.christin@mgeups.com
Prof Anibal de Almeida	ISR - Universidade de Coimbra	adealmeida@isr.uc.pt
Hans De Keulenaer	ECI	hdk@eurocopper.org
Prof Jan Desmet	Hogeschool West-Vlaanderen	jan.desmet@howest.be
Dr ir Marcel Didden	Laborelec	marcel.didden@laborelec.com
Dr Johan Driesen	KU Leuven	johan.driesen@esat.kuleuven.ac.be
Stefan Fassbinder	DKI	sfassbinder@kupferinstitut.de
Prof Zbigniew Hanzelka	Akademia Gorniczo-Hutnicza	hanzel@uci.agh.edu.pl
Stephanie Horton	LEM Instruments	sho@lem.com
Dr Antoni Klajn	Wroclaw University of Technology	antoni.klajn@pwr.wroc.pl
Prof Wolfgang Langguth	HTW	wlang@htw-saarland.de
Jonathan Manson	Gorham & Partners Ltd	jonathanm@gorham.org
Prof Henryk Markiewicz	Wroclaw University of Technology	henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl
Carlo Masetti	CEI	masetti@ceiuni.it
Mark McGranaghan	EPRI PEAC Corporation	mmcgranaghan@epri-peac.com
Dr Jovica Milanovic	UMIST	jovica.milanovic@umist.ac.uk
Dr Miles Redfern	University of Bath	eesmar@bath.ac.uk
Dr ir Tom Sels	KU Leuven	tom.sels@esat.kuleuven.ac.be
Prof Dr-Ing Zbigniew Styczyński	Universität Magdeburg	Sty@E-Technik.Uni-Magdeburg.de
Andreas Sumper	CITCEA	sumper@citcea.upc.es
Roman Targosz	PCPC	cem@miedz.org.pl
Hans van den Brink	Fluke Europe	hans.van.den.brink@fluke.nl



Prof Henryk Markiewicz



Wrocław University of Technology
Wybrzeże Wyspińskiego 27
50-370 Wrocław
Poland

Tel: 00 48 71 3203 424
Fax: 00 48 71 3203 596
Email: henryk.markiewicz@pwr.wroc.pl
Web: www.pwr.wroc.pl



Dr Antoni Klajn



Wrocław University of Technology
Wybrzeże Wyspińskiego 27
50-370 Wrocław
Poland

Tel: 00 48 71 3203 920
Fax: 00 48 71 3203 596
Email: antoni.klajn@pwr.wroc.pl
Web: www.pwr.wroc.pl



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE

Magyar Rézpiaci Központ
H-1053 Budapest,
Képiró u. 9.
Magyarország
Tel: (+36 1) 266 48 10
Fax: (+36 1) 266 48 04
E-mail: info@hpcinfo.org
Web: www.rezinfo.hu



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org