

MISKOLCI EGYETEM DOKTORI (PhD) TÉZISFÜZETE

HATVANY JÓZSEF INFORMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

**Informatikai berendezéseket zavaró hálózati
visszahatások vizsgálata**

Készítette:

GYURKÓ ISTVÁN
okleveles villamosmérnök

AKI DOKTORI (PhD) FOKOZAT ELNYERÉSÉRE PÁLYÁZIK

MISKOLC
2007

Bíráló Bizottság tagjai

Elnök: Vajda István DSc, egyetemi tanár (BME)

Titkár: Kovács Ernő PhD, egyetemi docens (ME)

Tagok: Varga László PhD, igazgató (VEIKI)
Csáki Tibor CSc, egyetemi docens (ME)
Kovács Szilveszter PhD, egyetemi docens (ME).

Hivatalos bírálók: Dán András DSc, egyetemi tanár (BME)
Szentirmai László CSc, professor emeritus (ME)

1. Előzmények

A villamos hálózatok tisztasága, zavarmentessége jelentős befolyást gyakorol az ipari termelés megbízhatóságára. Megállapítható, hogy a szolgáltatott energia minősége és hatékony felhasználása, meghatározó a termelékenységre és a versenyképességre. Ismeretes, hogy az erőművek által szolgáltatott energia, zavar vonatkozásában tisztának tekinthető, annak továbbítása a fogyasztó felé ezt az állapotot nem rontja, a hálózati zavarások forrása maga a fogyasztó. Mivel az egyes fogyasztók -energetikai szempontból- nem függetlenek egymástól, ezért az egyik fogyasztó által okozott zavarok befolyásolják a másik fogyasztó által a villamos hálózaton vételezett energia minőségét is. A nagyváltóterjedésű hálózatokon, azonos pillanatokban számos zavart okozó fogyasztó feltételezhető, ezért eredőben, egy időben és térben nagyon változó zavarkép alakulhat ki. Ezek felderítése, a zavarforrások behatárolása lényeges feladat a zavartalan és megbízható energiaszolgáltatás érdekében.

Az ilyen fogyasztók működésük során eltorzítják a hálózatokon folyó áramok ideális szinuszos hullámalakját, ezzel együtt (a hálózat merevségének függvényében) a hálózati feszültség hullámalakját is. Más nagyfogyasztók, mint például az ipari-elektronikával irányított villamos hajtások, vagy a nagyteljesítményű hegesztőgépek, ívkemencék üzemének lökésszerű terhelésváltozása feszültség lengésekkel 'rángatja' a hálózatot, letöréseket és feszültség megfutasokat, feszültség tranzienseket eredményezhet. Ezek az ún. hálózati-visszahatások nem csupán veszélyeztethetik a hálózathoz kapcsolt más, vétlén fogyasztók üzemét, de egyes zavarok mint például a 'villogás' (közismertneven a flicker hatás) az emberre is káros, az egészséget veszélyeztető környezeti ártalmakat okozhat.

A villamosenergia főbb minőségi mutatói: frekvencia, feszültség lassú változása, feszültség jelalak, feszültség gyors változása, feszültségletörés, túllendülés, feszültség kimaradás, aszimmetria.

Napjainkban a villamos energia fogyasztói összetételében jelentős változás van folyamatban. Ez a változás megfigyelhető az ipari, a kommunális és a világítástechnikai jellegű berendezéseknél egyaránt. A változás egyrészt az ún. információtechnológia (IT) köréhez tartozó berendezések szinte hihetetlen mértékű elterjedésének, másrészt az energiatakarékos fogyasztói berendezések térhódításának köszönhető. A fogyasztói struktúra változása visszahat a villamos energia minőségi mutatóira, és olyan mutatók válnak fontossá, amelyekkel eddig nem kellett foglalkozni (pl. a rövid idejű feszültség lehúzás).

A számítástechnikai, mérés-technikai eszközök, (általános megnevezéssel az elektronikus informatikai berendezések) zavarérzékenysége összehasonlíthatatlanul nagyobb mint más, nem elektronikus berendezések zavariránti érzékenysége. Ezért

a villamos hálózatokon terjedő/érkező különféle zavarok és -a berendezéseket körülvevő- elektromágneses terek, különösen az informatikai berendezések üzemét és megbízható működését veszélyeztetik.

A zavarhatás és veszélyeztetés mindkét esetben olyan mértékű lehet, amely egyrészt károsíthatja az élő környezetet, másrészt a berendezés hibás működését, rosszabb esetben a berendezés meghibásodását, tönkremenetelét eredményezheti.

Az értekezésem első része irodalom áttekintés, ahol a villamosenergia-minőségét jellemző mutatókat, a villamosenergia-minőséggel és a fogyasztók kölcsönhatásával, valamint a villamosenergia-minőséggel kapcsolatos, az informatikai (elektronikai) berendezések szempontjából fontos szakirodalom kritikai elemzésével foglalkoztam. A szakirodalom rendkívül széles körben foglalkozik a villamos energia minőségével, ezek általános hatásaival. Az IEC szabványok egész sorozata foglalkozik a témával, de azt állapítottam meg, hogy a szabványokban nem elég precízek a definíciók, a mérési módszerek nem mindig egyértelműek és ennek következménye, hogy vannak a szabványok által nem teljesen szabályozott esetek, amikor az IT berendezések érzékenysége jelentkezhet. Ha figyelembe vesszük, az informatika eszközök és szoftverek sokaságát, ennek világméretű elterjedését, ezek alkalmazását azt, hogy ezen tudomány nélkül ma 'megállna' a világ, akkor különösen hiányzóknak kell tekinteni az IT berendezések érzékenységeivel és a villamos hálózatokból érkező zavarhatások ilyen irányú vizsgálatával foglalkozó tudományos kutatásokat.

Az értekezésem második részében, amely a tudományos munkám lényeges része, pontosan azokat a sajátos hálózati elégtelenségeket, ezek terjedését, hatását vizsgáltam meg, melyek az IT berendezések üzemét veszélyeztethetik, melyek a közszolgálati villamosenergia rendszerrel összekapcsolt hálózatokon terjednek.

Az IT berendezések érzékenységét, egyrészt laboratóriumi körülmények között végzett mérésekkel a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai-Elektronikai Tanszéken, másrészt az itt kapott mérési eredményeket az észak-magyarországi térség valós villamos hálózatán ellenőriztem. Ez a terület a villamos-energia felhasználást tekintve, az ország egyik legjobban iparosított területe. Jelentős és meghatározó a nehézipar, (kohászati üzemek, vegyi üzemek), az utóbbi időben egyre több nagy teljesítményt igénylő (2-3 MW) bevásárló központok is épülnek, amelyeknek a hálózati visszahatásaival is számolni kell. Ugyanakkor jelentős a minőségi villamos-energiát igénylő elektronikus- gépipari, mechatronikai technológiával dolgozó ipari fogyasztók száma.

2. Tudományos célkitűzések

Az alábbi főbb célokat tűztem ki:

2.1 Az IT berendezések érzékenységeinek vizsgálata laboratóriumi mérésekkel

A vizsgálat célja annak megállapítása, hogy a laboratóriumi körülmények között üzemelő számítógépek (IT) üzemét miként befolyásolják olyan tipikus vezetett hálózati zavarok mint:

Rövid idejű feszültség kiesések

Feszültség letörések

A hegesztés és közvilágítási lámpák hullámalak torzító hatása

2.2 A hálózaton terjedő zavarok által okozott működési hibák

Az IT berendezések érzékenységét laboratóriumi körülmények között végzett mérésekkel a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai-Elektronikai Tanszéken vizsgáltam, és a kapott eredményeket az észak-magyarországi térség valós hálózatán ellenőriztem. Ipari vizsgálatokat a 2.1 ábrán feltüntetett helyeken folytattam. Az ipari mérések eredményei igazolták és megerősítették a laboratóriumi mérések eredményeit. Az értekezés részletesen foglalkozik néhány olyan területen végzett mérés bemutatásával, ahol a korszerű termelésirányítás és technológia különösen nagy számban alkalmazza az IT berendezéseket. Ezek az alábbiak:

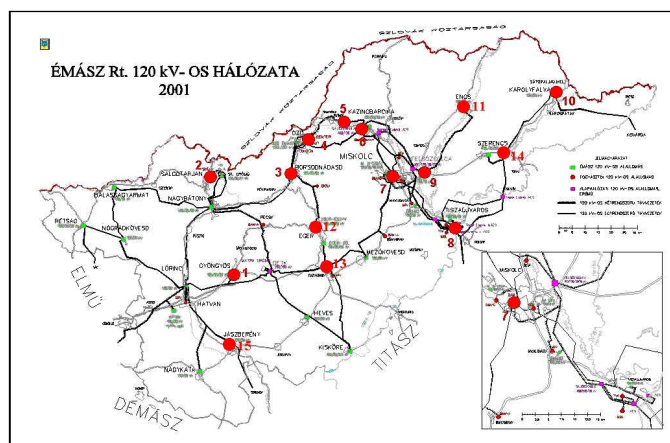
Jászberény és Eger környezetében ipari üzemekben végzett vizsgálatok.

Az állomásokon beépített automatikák működésének hatását,

A 120kV-os hálózat sánta üzemének hatását.

2.3 A villamos ívkemencék üzeme által keltett villogás terjedése és összegezése a közcélú elosztó hálózaton.

Az IT berendezések kijelzőinek (és más fényáramot szolgáltató berendezésnek) egészség (látás) rontó hatását jelentős mértékben a villamos hálózatokon terjedő flicker hatás okozza. A 120kV-os rendszeren több fogyasztó együttes, eredő zavarhatása jelenik meg, ezek vizsgálata, az összetevők szétválasztása és elemzése, ezen belül a flicker összegezésének törvényszerűségeit leíró új matematikai módszer kidolgozása a disszertáció egyik legfontosabb része.



2.1 ábra

Az EMÁSZ Rt. 120kV-os főelosztó hálózata

3. A kutatás módszerei

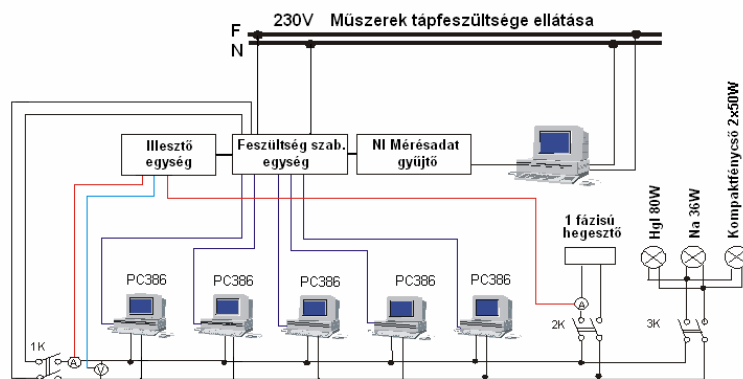
3.1 Az IT berendezések érzékenységének vizsgálatánál használt módszerek

A vizsgálatok egy jelentős részét a kereskedelemben beszerezhető számítógépeken végeztem el. Zavarforrásként hegesztő berendezést és három különböző típusú erős felharmonikusokat termelő közvilágítási fényforrást használtam. A mérés sorozatokkal végzett vizsgálatoknál (egyidőben) öt számítógép viselkedését tanulmányoztam, melyek alapján a nagyszámú mérések eredményeit feldolgozva következtetéseket állapíthattam meg. A laboratóriumi elrendezés az ipari

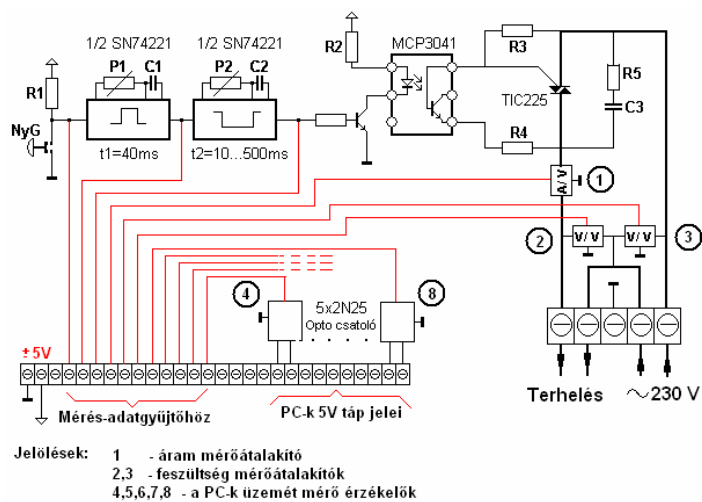
körülmények vizsgálatát jól reprezentálja. Mérésekkel ellenőriztem, hogy a hálózati feszültség lassú változására, illetve a rövid idejű feszültség kimaradásokra hogyan reagálnak a számítógépek. A mérés összeállítási vázlatát a 3.1 ábra mutatja.

A feszültség lassú változtatását a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai-Elektronikai Tanszékének berendezése biztosította, a rövid idejű, minimum 1 periódus idejű feszültség kimaradások létrehozására pedig egy elvileg is új áramköri egységet fejlesztettem ki, amelynek kapcsolási rajzát a 3.2 ábra mutatja

A számítógéppel támogatott méréseknél a National Instrument gyártmányú 16 csatornás, nagysebességű, 12 bites A/D átalakítót és számítógépes mérésadatgyűjtőhöz kifejlesztett „Rajzoló” szoftvert használtam.



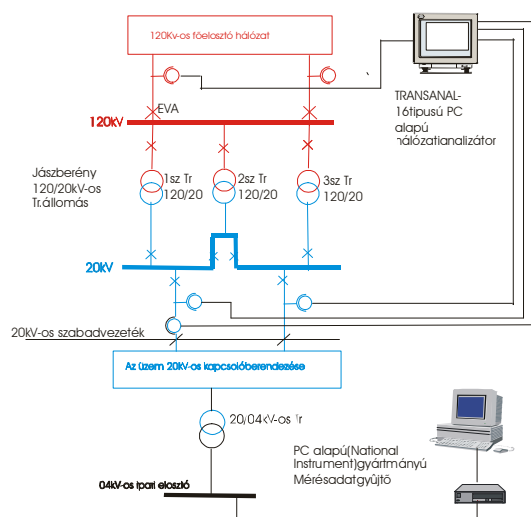
3.1 ábra
A mérés összeállítási vázlata



3.2 ábra
A rövididejű feszültség kimaradást előállító áramköri egység.

3.2 A hálózaton terjedő zavarok által okozott működési hibák vizsgálatánál használt módszerek

A nagyterjedésű és sztochasztikus zavarokat hordozó villamos-hálózaton az egyidejűséget biztosító olyan mérési módszereket alkalmaztam, amely lényege a több állomáson azonos időben végzett, a mért adatokat rögzítő, hosszúidejű (30 napot meghaladó) mérés. Egyidejű méréseket végeztem az Eger–Dél Állomáson és a Jászberény 120kV-os állomáson, illetve tranziensek mérése céljából, 'mesterséges zavart generálva' 2002. május 23-án méréseket végeztem a Jászberény Elektrolux Kft. 0,4kV-os belső hálózatán. A 3.3 és a 3.4 ábrákon feltüntettem a mérési pontokat is.



3.3. ábra
Jászberény Elektrolux energiaellátás vázlata a mérési helyek feltüntetésével

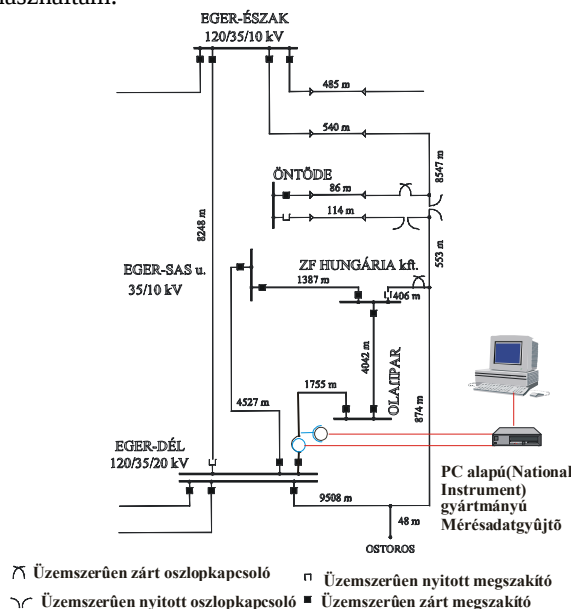
3.3 A villamos ívkemencék üzeme által keltett villogás terjedésének és összegezésének vizsgálatához használt módszerek.

A villogás zavaró hatásának mértéke, az UIE-IEC villogásmérési módszerrel meghatározva és az alábbi mennyiségekkel számítva:
Rövididejű flickerhatás $P_{st}(10)$, tíz perces időtartamon keresztül mérve

Csúsztatott P_{lt} , a hosszúidejű flickerhatás változása 120 egymást követő adatból percenként, az alábbiak szerint számolva:

$$P_{lt1}(k) = \sqrt[3]{\frac{1}{120} \sum_{i=0}^{119} P_{st1}^3(k-i)}$$

A gyakorlatban a $P_{lt}(1)$ jellemző használatos, ezért a kiértékeléseknél a fenti összefüggést használtam.



3.4. ábra

ZF Hungaria Kft energiaellátásának 35kV-os hálózati kapcsolatai a mérési helyek feltüntetésével

A nagyfeszültségű, hálózatok egy-egy szakaszához több más olyan fogyasztó is kapcsolódhat, melyek P_{lt1} , P_{lt2} , P_{lt3} , stb. hosszúidejű flickert generálnak. Az ilyenkor elvégzett mérések egy eredő, ún. összegzett flicker szintet rögzítenek. Ez **az összegzett érték azonban nem az egyes összetevők egyszerű matematikai összege**. Mind a rövid- mind a hosszúidejű flickerszint szabvány szerinti számításánál, matematikai statisztikai módszereket, (olyan valószínűségi számításokat) alkalmaztak, amelyek alapján általános érvényű összegzési szabályt ez ideig nem sikerült kidolgozni!

Az egyes összetevők meghatározására általam kidolgozott és mérésekkel igazolt, (eredményhez vezető) módszere az, hogy a flickert generáló fogyasztókat egymást követően 'kiiktatjuk' (pontosítva, olyan időszakokban mérünk, amikor a kijelölt fogyasztók nem üzemelnek).

Az elvégzett mérések, az összetevők külön-külön történő meghatározása azt bizonyították, hogy az eredő hosszúidejű flicker átlagértékét a DAM- Felsőzsolca-Ózd 120kV-os hálózatok impedancia viszonyait figyelembe véve, viszonylag nagy pontossággal a szórások összegzésének szabályai szerint lehet számolni.

4. Új tudományos eredmények

A laboratóriumban elvégzett mérések eredményeit az ipari mérések (Eger ZF Hungária, Jászberény Elektrolux) eredményei teljes mértékben megerősítették, igazolták. Ezen a területen végzett kutatásaim, vizsgálataim alapján az alábbi új tudományos eredményekre jutottam. Az elért eredményeket négy tézisen fogalmaztam meg.

1. Tézis: *A rövididejű feszültség kimaradások (0-100 periódus ideig) hatásainak vizsgálatára egy elvileg is új számítógépes mérés technikai eljárást és a mérési eljárást működtető szoftvert fejlesztettem ki. A gyakorlatban is megvalósított új mérési módszerrel végzett tudományos kutatómunkám mérés eredményei és a rögzített diagramok alapján megállapítottam, hogy a gépek kiesése a feszültség kimaradás kezdetét követően, „ T_1 ” sec után kezdődik el. A feszültség kimaradás idejét növelve a „ T_2 ” sec érték elérésekor minden gép kiesik. A T_1 és a T_2 idő a vizsgált IT- berendezésekre jellemző értékek. Az új mérési módszer lehetővé teszi hogy bármely IT- berendezés hálózat érzékenységét ellenőrizni lehessen.*

2. Tézis: *Megállapítottam, hogy ha a hálózati feszültség felharmonikus tartalma a $THDu > 10\%$ érték 10 percnél hosszabb ideig fennáll akkor az IT berendezések üzemében zavarok (adatvesztés, lemerevedés) jelentkeznek. Az MSZ EN50160 szabvány előírása szerint a THD -értékének 95%-a, bármely egyhetes időszakban nem lehet 8%-nál nagyobb. A fennmaradó 5%-ra vonatkozóan (ami az egyhetes intervallumra kerekén 8 órát jelent) nincs előírás. A szabvány nem biztosítja, hogy a $THD > 10\%$ érték ne fordulhasson elő. Az MSZ EN50160 szabvány korszerűsítésekor ezt a megállapításomat javaslom figyelembe venni.*

3. Tézis: *Megállapítottam hogy az IT berendezések kiesési ideje és a kieséshez tartozó maradékfeszültség értéke függ a feszültség csökkenés meredekségétől.*

Abban az esetben ha a feszültség csökkenés V/sec -ban mért meredeksége nagyobb, mint 1000 akkor a kiesési idő kisebb, mint 0,3 sec és a maradékfeszültség értéke 25%-alatt van. Amennyiben a feszültség csökkenés V/sec -ban mért meredeksége kisebb, mint 300 akkor a kiesési idő megközelítőleg 0,6 sec-ra nő és a maradékfeszültség értéke kb 50%-ra emelkedik. Az átmenetekre és az egész folyamatra jellemző, hogy a feszültségletörés idején az IT berendezések maradék feszültséggel szembeni érzékenysége jellemző érték a

$$(0,9-U_m(v.e.)) \times T_{kiesés} = \text{állandó}$$

Tehát az IT berendezés feszültségletörés hatására akkor esik ki, ha elérte a hiányzó feszültség-idő terület az adott IT berendezésre jellemző értéket.

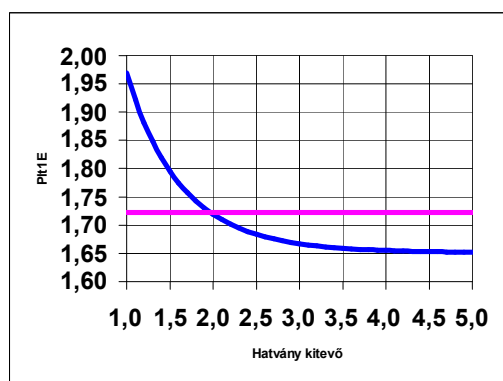
4. Tézis: A tudományos kutatómunkám méréseredményei és a rögzített diagramok alapján megállapítottam, hogy a nagy teljesítményű lüktető üzemmódban dolgozó berendezések (pl a villamos ívkemencék, villamos vasutak) által generált flicker hatások az elosztó hálózatokon megjelennek és összegeződnek. A mérési helyen az eredő flicker értéket az egyes fogyasztók által létrehozott flicker hatások értékeinek k -adik hatvány összegéből vont k -adik gyök értéke adja meg.

$$P_E = \sqrt[k]{P_{1f}^k + P_{2f}^k + \dots + P_{nf}^k}$$

(az P_{1f}, P_{2f}, P_{nf} a zavart okozó fogyasztók által generált flicker szintek)

Az elméleti számításokat több villamos állomáson végzett mérésekkel ellenőriztem és ezek egyező eredményeivel igazoltam. Számos méréssel, egymástól távoli helyeken rögzítettem a térségben található két nagyteljesítményű flicker forrás, a DAM ívkemence, illetve az OAM ívkemence által okozott flicker hatásokat, valamint a két kemence és az egyéb források együttes eredő hatását. A sok helyen mért P_{lie} átlagos eredő értékeket a számított értékekkel összehasonlítottam és megállapítottam, hogy a mért és a számított értékek valamennyi mérés esetén a $k=2$ hatvány érték közelében egyeznek meg. Megnyugtató módon igazoltam, hogy flicker összegezés meghatározásánál a k értéke:

$$k=2$$



4.6 ábra

A DAM 120/35 kV-os állomás 120 kV-os gyűjtősinén a 'k' hatvány kitevő függvényében számított eredő P_{lt} (kék) és a mért(lila) eredő P_{lt1}

5. Hasznosíthatóság, továbbfejlesztési lehetőség

A tudományos munkám eredményei alapján bármely IT-berendezést megbízhatóan lehet ellenőrizni. Megállapítható, hogy hogyan viselkedik a rövid ideig tartó feszültség kimaradásokra és egyéb zavarhatásokra. Az így kapott eredményeket össze lehet hasonlítani az áramszolgáltatóknál alkalmazott automatikák működési idejével. Az ilyen módszerek lehetővé teszik olyan intézkedéseket (szabványok) kialakítását, melyek a működési rendszerébe beépítve jelentősen lecsökkenthetik az IT berendezések zavarát okozó hálózati hatásokat.

A hálózaton üzemelő fogyasztók összetétele, a fogyasztók alkalmazott technológiája az idők folyamán változik. Egy mérési sorozatból levont következtetések hosszútávra nem lehetnek mértékadóak. A méréseket meghatározott periódusokban kell elvégezni.

Különösen fontos terület a villodzás (az un. flicker) hatásának teljeskörű vizsgálata. Az emberi egészség, a képernyő előtt ülők egészségének védelme, az okozott idegalapi hatások elkerülésének fontossága ismert. Kevésbé ismertek az elektronikai berendezések biztonságos üzemét veszélyeztető, a flicker összetevők által generált zavarok hatásai. Mind ezért fontos feladat az összefüggő nagy hálózati rendszereken szolgáltatott villamos energia minőségi mutatóinak folyamatos vizsgálata, a káros hálózati (feszültség letörések, hullámalak

torzulások, amplitúdó változások, flicker stb.) visszahatások feltárása. A jövőben még hatékonyabban kell foglalkozni a káros hatásokat okozó fogyasztók felderítésével és az elektronikával támogatott termelés biztonságát és a gyártmányok minőségét támogató védekezési módszerek kutatásával.

6. Az értekezés témakörében készült publikációk

6.1 Publikációk

1. **Gyurkó István**, Péntes László: Szélerőmű csatlakoztatása az ÉMÁSZ hálózati Kft közcélú hálózatán. ELEKTROTECHNIKA 2007/9sz.
2. Gyurkó István: Az Információtechnológiai berendezések érzékenységének vizsgálata laboratóriumi mérésekkel. ELEKTROTECHNIKA 2006/10sz.
3. Gyurkó István: A nagyvasúti villamos vontatási fogyasztók hálózati visszahatásának vizsgálata. ELEKTROTECHNIKA 2005/10sz.
4. Gyurkó István: Elektronikus informatikai berendezéseket zavaró hálózati visszahatások vizsgálata. ELEKTROTECHNIKA 2005/5sz.
5. **Gyurkó István**, Gyimóthy Béla: Áramszolgáltató vállalatok hálózat üzemeltetési folyamatainak informatikai támogatása. ELEKTROTECHNIKA 2002/2sz.
6. Gyurkó István: Gázmotoros létesítmények generátorainak hatása a hangfrekvenciás jelszintre. ELEKTROTECHNIKA 2002/1sz.
7. **Gyurkó István**, Kiss József: Gázmotorok hálózatra kapcsolása és szerepe Salgótarján távhő ellátásában. ELEKTROTECHNIKA 2001/7sz.
8. Spala János, Szurdoki János, Podonyi Gábor, **Gyurkó István**: Meglévő egyrendszerű 120kV-os távvezeték átépítése kétrendszerűvé. ELEKTROTECHNIKA 2001/3sz.
9. Gyurkó István: Hazai és nemzetközi tapasztalatok a kompozit szigetelők alkalmazásáról. ELEKTROTECHNIKA 2000/10sz.
10. Gyurkó István: Nagy -és közép feszültségű készülékek, berendezések műszaki követelményei. ELEKTROTECHNIKA 1999/4sz.
11. Gyurkó István: Környezetbarát 20kV-os szabadvezeték építése ELEKTROTECHNIKA 1998/2sz.
12. Gyurkó István: Burkolt 20kV-os szabadvezeték hazai alkalmazhatóságának műszaki feltételei. ELEKTROTECHNIKA 1996/12sz.
13. **Gyurkó István**, Simon Kálmán, Spala János: Villamos ívkemencék visszahatása a közcélú hálózatra. ELEKTROTECHNIKA 1995/6sz.

14. Gyurkó István: The situation of centralized ripple control system on the ÉMÁSZ Rt. area. Technology Transfer and Telecommunications Programmes TEMPUS JEP December 2001.

6.2 Szakmai tudományos előadások

1. Gyurkó István: An Analytical Survey on Reaction to the Grid of Electric Railway Consumers. microCAD2004 International Scientific Conference 17-18 March 2004.
2. Gyurkó István: Information Technology Investments in Case of Connecting the Electric Energy Supplying Facilities Onto Networks of Public Purposes. microCAD2003 International Scientific Conference 6-7 March 2003.
3. **Gyurkó István**, Podonyi Gábor: Increasing of transmitting capacity of HV transmission lines. DistribuTECH EUROPE 2001 Berlin 2001 nov.6-8.
4. Gyurkó István: Modern operationel management at the North-Hungarian Electricity Board. 10th International Svedala Symposium on Ecological Design Budapest 1992 szept. 13.
5. Gyurkó István: Környezetbarát 20-kV-os szabadvezeték építése. MEE Vándor- gyűlés Debrecen 1997év.
6. Gyurkó István: A Diósgyőri Acélművek ívkemencéje által okozott flicker csökkentésének lehetőségei. MEE Vándorgyűlés Siofok 1998.év.
7. **Gyurkó István**, Rejtő Ferenc: Monitorok erősáramú berendezések közelében. MEE Vándorgyűlés Eger 1999 év.
8. **Gyurkó István**, Spala János: Műszaki újdonságok az OAM Kft villamos ívkemencéjének villamosenergia ellátásában. MEE Vándorgyűlés Szeged 2000 év.

6.3 Az értekezésnél felhasznált irodalom jegyzék

- [1] MSZ EN 50160 A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos feszültség jellemzői.
- [2] Dán András: A villamosenergia-minőség növelt rézkeresztmetszettel. (Magyar Részpiaci Központ összefoglaló tanulmány 1999).
- [3] MSZ 1 Szabványos villamos feszültségek.
- [4] MSZ EN 61000-3-1 Elektromágneses összeférhetőség (EMC). 3.rész. Határértékek, 1 főfejezet: Összefoglalás

- [5] MSZ 447 Kisfeszültségű, közcélú elosztóhálózatra csatlakozás.
- [6] MSZ EN 61000-4-7 Elektromágneses összeférhetőség (EMC). 4.rész.Vizsgálati és mérési módszerek, 7. főfejezet: Általános előírások a villamosenergia-rendszerek és a hozzájuk kapcsolódó berendezések harmonikusainak és közbenső harmonikusainak mérései és mérőműszerei számára.
- [7] MSZ EN 61000-3-3 Elektromágneses összeférhetőség (EMC). 3.rész. Határértékek, 3. főfejezet: A feszültségingadozások és a villogás (flicker) határértékei kisfeszültségű táphálózatokon a legfeljebb 16 A névleges áramerősségű berendezések esetén.
- [8] Geszti P. Ottó: Villamosenergia rendszerek.(BME tankönyve)
- [9] IEC 555-3 Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek által keltett hálózati zavarok. 3. rész: Feszültségingadozások.
- [10] IEC 868 A filicker kiértékelése.
- [11] Y. Baghzouz, R. F. Burch, A. Capasso, A. Cavallini, A. E. Emanuel, M. Halpin, R. Langella, G. Montanari, K. J. Olejniczak, P. Ribeiro, S. Rios-Marcuello, F. Ruggiero, R. Thallam, A. Testa, and P. Verde Time-Varying Harmonics: Part II—Harmonic Summation and Propagation (IEEE transactions on power systems, vol. 17, no. 1, january 2002).
- [12] J. XU, Member, IEEE Rao V. Annamraju v. Rajagopalan, Fellow, IEEE Hydro-Quebec-NSERC Industrial Research Chair CP 500, Trois-Rivieres, Quebec, G9A 5H7, Canada Universitd du Qdbec h Trois-Rivikres, Propagation Characteristics of Sag and Harmonics in Medium Voltage Distribution Systems (0-7803-5935-6/00/\$10.00 (C) 2000 IEEE).
- [13] Dán András: MTA doktori értekezés. Az erősáramú hálózatok harmonikus és villogás zavarokat kibocsátó forrásainak azonosítása és a zavarok mértékének számítása.
- [14] Tóth Tibor: Termelési rendszerek és folyamatok elmélete (Miskolci Egyetem Tankönyve).
- [15] A.-W.Scheer: CIM-Strategie als Teil der Unternehmensstrategie. (Springer-Verlag-Heidelberg-New York. Verlag TÜV Rheinland 1990).
- [16] P.J.Kühn/G.Pritschow: Kommunikationstechnik für den rechnerintegrierte Fabrikbetrieb.(Springer-Verlag Verlag TÜV Rheinland 1991).
- [17] Váradiné Szarka Angéla: Leállási idő mérésére alkalmas tesztberendezés vezérlésének fejlesztése. „Innováció és Tudás” Konferencia 2005, Miskolc, pp.101-106.
- [18] Sánta Károly: Az áramszolgáltató minőségbiztosítási programja, különös tekintettel a szolgáltatás minőségi paramétereire (ME Konferencia, Miskolc, 2004. október 13.)

- [19] Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke Elektrizitätswerke Österreichs Wien, Zürich, Mai 1997: Empfehlung für die Beurteilung von Netzurückwirkungen.
- [20] Szarka Tivadar, Kovács Ernő, Radács László, Váradiné Szarka Angéla, Herbst Károly, **Gyurkó István**: Villamos hálózati zavarok vizsgálata, különös tekintettel a mechatronikai termékek gyártását veszélyeztető zavarhatásokra. (Szakmai jelentések I-V 2000-2004).
- [21] Váradiné Szarka Angéla: Modern mérőberendezések alkalmazása mechatronikai rendszerekben. OGÉT 2003. Kolozsvár. 2003. pp 248-251.