

MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR



**VILLAMOS HÁLÓZATI FOGYASZTÓK
ZAVARHATÁSAINAK ÉS TELJESÍTMÉNYPROFILJAINAK
VIZSGÁLATA ÚJ MÉRÉSI ÉS MODELLEZÉSI
MÓDSZEREKKEL**

PHD ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Készítette:

UNHAUZER ATTILA

okleveles mérnök informatikus, BSc villamosmérnök

HATVANY JÓZSEF INFORMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Tudományos vezető:

VÁRADINÉ SZARKA ANGÉLA, PhD, dr. habil.

egyetemi docens

Tudományos társ-témavezető:

KOVÁCS ERNŐ, PhD

egyetemi docens

MISKOLC
2012

MISKOLCI EGYETEM DOKTORI (PHD) TÉZISFÜZETEI

HATVANY JÓZSEF INFORMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

**VILLAMOS HÁLÓZATI FOGYASZTÓK
ZAVARHATÁSAINAK ÉS
TELJESÍTMÉNYPROFILJAINAK VIZSGÁLATA
ÚJ MÉRÉSI ÉS MODELLEZÉSI
MÓDSZEREKKEL**

Készítette:

UNHAUZER ATTILA

okleveles mérnök informatikus, BSc villamosmérnök

AKI DOKTORI (PHD) FOKOZAT ELNYERÉSÉRE PÁLYÁZIK

**MISKOLC
2012**

A BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG TAGJAI

ELNÖK:

Tóth Tibor DSc, egyetemi tanár
(Miskolci Egyetem, Alkalmazott Informatikai Tanszék)

TARTALÉKELNÖK:

Szigeti Jenő CSc, dr. habil., tanszékvezető, egyetemi tanár
(Miskolci Egyetem, Analízis Tanszék)

TITKÁR:

Kovács Szilveszter PhD, dr. habil., egyetemi docens
(Miskolci Egyetem, Általános Informatikai Tanszék)

TAGOK:

Csáki Tibor CSc, egyetemi docens
(Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszéke)

Kovács László PhD, dr. habil. (tanszékvezető, egyetemi docens)
(Miskolci Egyetem, Általános Informatikai Tanszék)

Erdélyi Ferenc CSc, c. egyetemi tanár, tudományos főmunkatárs
(Budapesti Műszaki Egyetem)

KaneAmadou PhD, egyetemi docens
(Miskolci Egyetem, Automatizálási és Kommunikációtechnológiai Tanszék)

TARTALÉK TAG:

Radeleccki Sándor CSc, dr. habil., egyetemi docens
(Miskolci Egyetem, Analízis Tanszék)

HIVATALOSBÍRÁLÓK:

Szabó Loránd PhD, egyetemi tanár
(Kolozsvári Műszaki Egyetem, Románia)

Szentirmai László CSc, professor emeritus
(Miskolci Egyetem, Elektrotechnikai- Elektronikai Tanszék)

1. A KUTATÁSI TERÜLET BEHATÁROLÁSA

A megfelelő minőségű, energetikai szempontból „tisztá” energia, egyaránt fogyasztói és szolgáltatói érdek. A villamoshálózati-paraméterek határértékeinek betartása napjainkban egyre nagyobb szerephez jut, hiszen nemcsak a rendeltetésszerű és gazdaságos működés nélkülözhetetlen összetevője ez, hanem –egyes esetekben– az emberi terhelésben is döntő szerepet játszik (pl.: flicker).

Kutatásaim során, a szabvány [1] egyik legnehezebben mérhető és meghatározható villamoshálózati-paraméterével, a *flicker* („villogás”) jellemző mérésével és ezen méréshez szükséges újfajta univerzális, online, digitális módszerek kidolgozásával foglalkoztam. Munkám során, olyan jelfeldolgozási módszereket fejlesztettem ki, amelyek segítségével a hálózati feszültségjelből speciális jellemzőkkel rendelkező összetevők azonosítása válik lehetővé. A legnagyobb problémát az jelenti, hogy a villogás zavarhatásokra vonatkozó előírások [2] –bár meglehetősen részletesen– de kizárólag egy analóg mérőrendszerre és analóg mérési módszerre tesznek javaslatot (az új 2010-es előírásokban is néhány utalást található a mintavételezéses eljárásra). Mivel a fellelhető előírások között, nem található digitális eljárásra vonatkozó követelményrendszer (kizárólag csak a mérőrendszer központi elemének helyettesítésére tesznek javaslatot, egy komplex átviteli függvény segítségével), így ez szükségessé tette új digitális módszerek kidolgozását.

A kutatás módszertani eredményei nemcsak a flicker-mérés területén hasznosíthatóak, hanem a hálózatanalízis más területein is alkalmazhatóak; így további tanulmányokat végeztem a *hangfrekvenciás központi vezérlés (HFKV)* vizsgálatára, amelynek eredményeként a hálózatüzemeltető által eddig nehezen analizálható és kezelhető hálózati jelenségek jól felderíthetőkké váltak, új irányvonalat mutatva a jövőbeli hálózattervezésben. Kutatásaim során a gyakorlatban is jól felhasználható megoldásokkal foglalkoztam, amelyekkel a szolgáltató, elméleti alapokkal alátámasztható, közvetlen segítséget kaphat a hálózatán működő, elsősorban hőtárolós fogyasztók (vízmelegítők, hőtároló kályhák) vezérlésére, a hálózat működésébe közvetlen energiaszabályozással történő beavatkozásra.

A kutatási eredmények gyakorlati megvalósításával a hőtároló berendezések napi vezérlési ciklusai optimálisan beállíthatóak, amellyel a fogyasztói- és szolgáltatói oldalon is jelentős költségmegtakarítás érhető el, ráadásul igazolhatóan csillapítani lehet a hálózat völgy- és csúcsidőszaki terheléseinek szélsőséges állapotait, nagyságrendileg kiegyensúlyozottabb

működést érve el a hálózati terheléselosztásban. Jelenleg úgy tűnik, hogy a szolgáltatók által használt hőtárolós tömegvezérlés nélkül nem lehet hatékonyan üzemeltetni a villamos energia hálózatot. Tapasztalatok szerint, ezen évtizedek óta használt hőtárolós tömegvezérlésben még számos olyan tartalék van [19], amelyek felderítéséhez munkám nagyban hozzásegítette, és jelenleg is támogatja a szolgáltatót.

2. A VÁLASZTOTT KUTATÁSI TÉMA TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEI

A flicker-mérés tématerületen végzett kutatásaim azt mutatták, hogy bár jelenleg is léteznek *digitális, online mérési módszerek*, azonban nem találtam az általam megvalósított mérési módszerrel és rendszerrel megegyező irodalmat. A talált módszerek és algoritmusok nagy része tisztán szimuláció, kisszámú gyakorlati módszer fordul elő, ráadásul robosztus, rugalmas mérőrendszerbe nem illeszti a létrehozott modulokat. A megtalált mérőrendszerek legnagyobb hiányossága az, hogy nem biztosítanak megfelelő rugalmasságot a mérés paramétereinek módosításában, amely elengedhetetlen egy *univerzális rendszer* létrehozása során. A paraméterek esetleges módosításával a szakirodalom egyenként foglalkozik. A *mintavételi frekvencia rugalmas állíthatósága* a fázisugrások esetén kulcsfontosságú, amellyel napjainkig csak kevés elméleti [3] és még kevesebb gyakorlati [4] tanulmány foglalkozott. A *flicker-érzékenységi görbe módosíthatósága, finomhangolhatósága* [5] napjaink új energiatakarékos és LED-es világítótestei miatt központi jelentőségű. A kutatások egy jelentős része foglalkozik az *objektív mérési módszer* szükségességével [6], amely elengedhetetlen összetevője a világítótestektől független összehasonlításoknak [7].

Napjainkra a villogásmérési módszerek széles palettája alakult ki, amely annak köszönhető, hogy az előírások elsősorban a villogásmérés követelményrendszerére és az ellenőrzés (kalibrálás) módjára tesznek javaslatot (hiba- és referenciaértékek megadása), ezáltal nagy mozgásteret engedve a mérőrendszer megvalósítására. Érzékeltetve a módszerek komplexitását, a tanulmányok is inkább egy-egy könnyebben fókuszálható problématerülettel foglalkoznak. A *mérőberendezések objektív összehasonlítása* [8], így a *flicker-mérők (automatikus/kézi) kalibrálása* [9], *hibakorrekciója* [10], *hibavizsgálata* [11], *érzékenysége* [12] is központi figyelmet kap a tanulmányokban.

A közvetlen teljesítményszabályozással (HKFV) kapcsolatos tématerületen, ugyancsak arra a következtetésre jutottam, hogy munkám jól illeszthető a napjainkban alkalmazott módszerekhez, algoritmusokhoz. Az általam kidolgozott „*hőtárolós-teljesítménydetektálás*” a szakirodalomban ismeretlen fogalom. A szakirodalom ugyan hivatkozik a beépített hőtároló teljesítményekre, az ún. *napi hőtárolós görbék*re, azonban 99%-ukban csak becsült értékek álnak a tanulmányok középpontjában (pl.: melegvíz-használatból történő következtetések). A szakirodalomban, a *vezérelt teljesítményprofilok meghatározása* legtöbbször a hálózat összterhelésének elemzéséből indul ki [13], amely túlzottan elfedi a részleteket és pontatlan megoldást ad. A *hatások fizikai (termodinamikai) kölcsönhatásainak elemzése* [14], és a *vezérelt hálózat sokparaméteres statisztikai modellezése* [15] is gyakori, amelyek már induláskor hibát visznek a következtetési folyamatba. Gyakorlati módszereim nem foglalkoznak ezzel a sokparaméteres, ráadásul sztochasztikus állapottérrel, hanem tisztán a mérési adatok feldolgozásából jutnak el a hálózat viselkedését meghatározó hőtárolós összefüggések megállapítására.

A *teljesítménygörbék előrejelzése* [16], továbbá a *vezérlés időprogramjainak optimalizálása* [17] is fontos területek. A tanulmányok jelentős része elméleti szimuláció, de megtalálhatók *pilot-programok* és néhány esetben, a gyakorlatban is sikeresen alkalmazott stratégiák [18] is. Elmondható, hogy a megfelelő *energiafogyasztási-menetrend tartására irányuló törekvés (teljesítménycsúcsok megszüntetése, völgyfeltöltés, profil-előrejelzésének)*, a hálózattervezés jelenleg legtöbbször előforduló kérdésköre.

A *hőtárolós teljesítményprofilok kategorizálása és a vezérelhető fogyasztók szokásainak tanulmányozása*, ugyancsak kulcstényező, hiszen napjaink modern villamos energetikai fejlődése, a különböző okos-vezérlések irányába halad, ahol fogyasztók viselkedésének naprakész ismerete elengedhetetlen új vezérlési stratégiák kialakításához. Számos fórum foglalkozik a *Magyarországi tömegvezérlés jelenével és lehetséges jövőjével*. Magyar szakirodalmi véleményeket is találni arra is, hogy a rugalmatlan, előregedett HFKV-t felváltó, rugalmasabb RFKV/SMART vezérlések, még számos optimalizálási tartalékot rejtenek magukban [19], amely új kutatási motivációt jelent ezen rendszerek tanulmányozása során.

3. A KUTATÁSI TÉMA MEGFOGALMAZÁSA, CÉLKITŰZÉS

Értekezésemben olyan új *algoritmusok, modellek és módszerek kidolgozásával* foglalkoztam, amelyek igazodnak napjaink fejlett villamosenergetikai-követelményeihez. A dolgozat középpontjában az 1. fejezetben leírtak szerint egymásra épülve, két téma áll:

- a *flicker*, mint villamoshálózati-paraméter digitális úton történő mérése, azaz egy új digitális, online villogásmérési módszer kidolgozásának és a különböző villogásmérő berendezések összehasonlításának (kalibrációjának) problémaköre; valamint
- az egyirányú, közvetlen, *hőtárolós „tömegvezérléssel”* kapcsolatos újonnan fejlesztett analízis- és kiértékelési-módszerek kidolgozásának- és fogyasztói viselkedés elemzésének problémakörei.

3.1. Az értekezés flicker-kutatásának célja

Célom, egy olyan új univerzális, online (digitális) eljáráson alapuló villogásmérési módszer, majd ezen alapuló modul kidolgozása, amelynek hatékonysága, rugalmassága vetekszik, sőt egyes esetekben felülmúlja napjaink professzionálisnak mondott szoftveres- és hardveres megoldásait. Az értekezés külön figyelmet fordít a digitális villogásmérési módszer alapjának tekintett, *„lámpa-szem-agy”* nemlineáris választ leíró komplex átviteli függvény közelítésére, bemutatva azt a többéves munkát, amelynek eredménye egy többszörösen tesztelt, megbízható digitális szűrési eljárás, amely egyben a flicker-mérési módszer legfontosabb eleme is.

Céljaim között szerepelt egy önálló kalibrációs módszer fejlesztése, amely kettős célt szolgált. Saját fejlesztésű modulom,

- minden tulajdonságára kiterjedő, objektív tesztelésének elvégzése, amely lehetőséget adhat más fekete dobozként kezelt villogásmérő összehasonlítására; továbbá
- optimális mintavételi frekvencia meghatározása F_1 és F_3 villogásmérő osztályokhoz.

3.2. Az értekezés hangfrekvenciás központi vezérléssel kapcsolatos témájának célja

Az értekezés ide kapcsolódó fejezeteinek célja, olyan új módszerek kidolgozása, amely a hangfrekvenciás központi vezérlés okozta hőtárolós teljesítményprofilok objektív felvételére irányul. Ezen hőtárolós profilok

segítségével, tisztán fogyasztási-, pillanatnyi teljesítményfelvételi adatokból lehet következtetni a fogyasztók szokásaira, amely a hálózatüzemeltető részére kulcsfontosságú adat.

Értekezésemben ezért egyedi felismerő, dekódoló, viselkedést-leíró módszerek kidolgozását tűztem ki célul, amelyek középpontjában a hőtárolós szempontból *fekete dobozként* kezelt elektromos hálózat transzformátorain végzett mérések állnak. Tudományos kutatásaim eredményeként, a nyers adatok elemzéséhez és a hőtárolós profilok felvételéhez, az alább felsorolt feladatokat fogalmaztam meg:

- univerzális (azaz hálózatüzemeltetőtől függetlenül alkalmazható) dekódoló módszert kell kidolgozni a HF impulzusok azonosítására; ezután,
- ki kell fejleszteni egy nagypontosságú teljesítménydetektálási módszert a hangfrekvenciás vezérlőutasítások által kapcsolt teljesítmények (hőtárolós teljesítmények) számítására;
- egyedi zavardetektálási módszereket kell kidolgozni, amely az automatizált adatfeldolgozást segíti, másrészt a nagyteljesítményű offline adatkezelő-megjelenítő eljárásokhoz szükségesek;
- új módszert szükséges fejleszteni a hőtárolós teljesítményprofilok felvételére, az egymástól különböző transzformátorok teljesítményprofiljainak összehasonlítására, új fogyasztói szokások elemzésére és új viselkedési szokások megállapítására.

4. AZ ALKALMAZOTT TUDOMÁNYOS KUTATÁSI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE

4.1. Új módszer kidolgozása a flicker-érzékelési görbe közelítésére

A digitális villogásmérési módszer során, a „fényforrás-szem-agy” modellezését végeztem el, amely modellben a kívánt nemlineáris választ, a blokkok kaszkádszerű egymásutánja hozza létre. A megvalósítás során, kizárólag az *emberi szem érzékenységet leíró blokk* közelítése jelentett problémát. (A többi blokk modellezése, az analóg előírások alapján egyszerű matematikai jel-transzformációkkal és könnyen paraméterezhető IIR Butterworth-szűrők segítségével történt.) Az *emberi szem érzékenységet leíró blokkot* egy igen összetett (a folytonos időtartománybeli viselkedést leíró) *komplex átviteli függvény* jellemzi, amelyet a digitális feldolgozásokhoz diszkrét időtartományba szükséges transzformálni. A kutatási munka több fázisban történt, ahol többféle közelítési módszert kipróbálva találtam meg a megfelelő megoldást.

Elsőként, a komplex átviteli függvény négy részre történő bontását és az egyes tagok IIR szűrőkkel közelítését végeztem el, majd kaszkádjuk segítségével hoztam létre a kívánt blokkot; ebben a megoldásban az egyik rész-átviteli függvény speciális súlyozását egyszerű IIR szűrőkkel nem lehetett megfelelő pontossággal közelíteni, így újabb megoldást kerestem. Mindezt követően, *Fourier-sorfejtéssel* és a spektrumkomponensek súlyozásával történő megoldást alkalmaztam, amely már sikeres volt, ám a szakirodalomban is tárgyalt hátrányok miatt (súlyozási problémák), ezt a megoldás is elvetettem. Az átviteli függvény *sáváteresztő-felüláteresztő-aluláteresztő IIR kaszkádjá* sem hozta a kívánt megoldást, így végeredményként, az átviteli függvény *bilineáris diszkrét z-transzformációjának (Tustin-képlet)* segítségével hoztam létre azon digitális IIR szűrőt (definiált koefficiensek), amely már minimális hibájával, továbbá stabilis működésével jelentette az optimális megoldást.

4.2. A villogásmérés mintavételezési frekvenciájának rugalmas beállítására alkalmas módszer

Villogásmérési módszerem kidolgozása során, olyan modern méréstechnikai megoldásokat alkalmaztam, amely lehetővé teszi a flicker-mérő mintavételei frekvenciájának rugalmas megválasztását. A mintavételei frekvencia állíthatósága minden szempontból kulcsfontosságú, ugyanis ez biztosítja a módszer módosíthatóságát más villogásmérő-osztályokhoz [2]. Módszerem eleget tesz a legfontosabb előírásoknak (pl.: *Shannon-tétel*), így nem engedi a helytelen frekvencia-beállításokat sem. A mintavételei frekvencia rugalmas beállításához, ún. „*anti-aliasing*” és „*downsampling*” („*mintaszám-csökkentés*”) eljárások kombinációját használom, ezáltal könnyen elérhető a nagyobb adatsorozatok, redukált méretű adatsorozatokra való csökkentése, elkerülve a nem kívánatos frekvenciakomponensek megjelenését (anti-aliasing szűrő határfrekvenciájának automatikus beállítása).

4.3. Online mérési módszer villogásmérésre

Az online mérési módszer létrehozása során, fontos feladatommak tekintettem a villogásmérő-modul kommunikációs interfészeinek definiálását, amelyeken keresztül a modul kommunikálhat környezetével. Kijelöltem a mérési módszer legfontosabb feladatait („*mintaszám-csökkentés*”, „*anti-aliasing*”, *flicker-számítás*), majd olyan moduláris felépítést alakítottam ki a rész-modulok között, amely a későbbi modulcserét-, bővítést- és további változtathatóságot is engedi, eleget téve az univerzalitás követelményeinek. A modulok kommunikációs felületeinek

kialakítása után, korszerű „*multitasking*” eljárást (alkalmazkodva a többprocesszoros rendszerekhez) dolgoztam ki, ahol két végrehajtási szálba rendezve a feladatokat (mintavételező szál, villogásszámítási szál), amely megfelelő megoldást adott minden követelménynek. A végrehajtási szálak FIFO-alapú kommunikációs megoldása, a mintavételi frekvencia drasztikus (≤ 50 kHz) növelését is engedte, amely szükséges a jelenlegi flicker-előírások betartásához.

Az online mérési módszer kompakt interfészei, moduláris felépítése és rugalmas beállíthatósága együttesen teszik alkalmassá a módszert, napjaink legújabb mérésadatgyűjtő feladataihoz történő illesztésére.

4.4. Objektív kalibrálási módszer a villogásmérők teszteléséhez

Egy létező villogásmérő esetén, a legfontosabb kérdés az, hogyan lehet meggyőződni a mért értékek helyességéről abban az esetben, amennyiben viszonylag szűk gyártói információk állnak rendelkezésre. A szabványi előírások [2] egzakt módon rögzítik a villogásmérők hálózati zavarhatásokra adott válaszreakcióit és a tesztelések körülményeit is. A probléma feloldására, egy objektív alapokra helyezett kalibrációs módszert fejlesztettem ki, amely képes a csatlakoztatott villogásmérők ellenőrzésére és egymással történő összehasonlítására. Az objektív összehasonlítás alapját, egy olyan rugalmas jelgenerálási eljárás adja, amely az előírásokban megadott bemeneti jelalakokat képes előállítani. Az új kalibrálási módszernek köszönhetően, saját és más flicker-mérési módszerek teljeskörű, dinamikus és statikus viselkedésre is kiterjedő analízist lehet elvégezni. Ezen kutatás-fejlesztés több járulékos eredményt is szolgáltatott (pl.: *optimális mintavételi frekvencia meghatározása F_1 és F_3 osztályra*).

4.5. Új mérés-adatgyűjtési módszer a hangfrekvenciás központi vezérlés hatásainak elemzéséhez

A HFK vezérléssel kapcsolatos új dekódoló, teljesítménydetektáló és a hőtárolós profilok meghatározására irányuló módszerek *valós mérési adatokon* alapulnak. A HFKV témakör leírása során az értekezés ún. „*reduktív módszert*” követ (mindez jól tükrözi kutatásaim időbeli előrehaladását), amelynek első lépése volt egy új mérés-adatgyűjtési módszer kidolgozása.

Az észak-magyarországi régió összes transzformátorállomásán (35 állomás, 46 transzformátor) több mint két hónapon keresztül történt mérés-adatgyűjtés, kifejezetten a HFKV tanulmányozására. A mérések során, egy általam megtervezett mérési módszer alapján megvalósított rendszer használatával történtek az adatgyűjtések, transzformátoronként átlagosan 3-

7 napon keresztül, amelynek eredményeként, összesen mintegy 150 mérési nap információi álltak rendelkezésre (kb. 650 GB adat). Ezeknek a valós mérési adatoknak a feldolgozásából történtek a további következtetések a hőtárolós fogyasztók és a HFK vezérelt hálózat viselkedésre.

4.6. Univerzális dekódoló módszerek kidolgozása

Olyan, új *univerzális* (hálózatüzemeltetőtől független) *dekódoló módszert* dolgoztam ki, amelynek segítségével a hálózati feszültségjelben megjelenő hangfrekvenciás vezérlőimpulzusok (üzenetek, táviratok) nagy megbízhatósággal azonosíthatók, ezzel pontosan behatárolva azon időpontokat, ahol a hálózatüzemeltető (az időprogramok alapján) a teljesítménykapcsolásokat végzi. Az impulzusok megbízható azonosítása különösen fontos a HFKV rendszerekben, hiszen a HF jel időbeli helye egyben kijelöli a várható teljesítményugrások időpontjait is, amely a hőtárolós teljesítményanalízis egyik alapeleme.

A HF impulzusok felismerése egy FFT-analízisen alapuló csúszó-időablakos megoldással történik, ahol az optimális mintavételi frekvencia, az alkalmazott időablak mérete, az időablak mozgatásának felbontása, a megfelelő detektálási szint egyszerre fontos kérdések, amelyeket külön részletességgel járok körül értekezésemben, a kiegészítő szimulációs eljárások eredményeinek bemutatásával.

4.7. Univerzális teljesítmény-detektálási módszer

Univerzális (távirati struktúrától független) teljesítménydetektálási módszert dolgoztam ki, amelynek segítségével, az általános fogyasztási adatokból (pillanatnyi háromfázisú teljesítményből) meghatározhatók a HF vezérlés okozta teljesítményváltozások. A detektálási módszer, egy megfelelően kiválasztott teljesítményátlagolási időalap után, a mérésekből származó áram- és feszültségadatokból számítja ki azon háromfázisú teljesítményértékeket, amelyeket bemeneti adatként használva, képes meghatározni a vezérlés hatására bekövetkező teljesítményváltozásokat. Ennek során, a helyesen megválasztott időalap kulcsfontosságú, ugyanis csak így lehet a hálózat sztochasztikus viselkedéséből származó ingadozásokat a lehető leghatékonyabb módon eliminálni.

A jelfogadó *vevőkészülékek önidejének* (az *analízis szempontjából inaktív időtartam*) és *vevőkészülékek késleltetésének* (analizálási időtartam) fogalmi bevezetése és optimális méretének kijelölése után, egy teljes mértékben gyakorlati megoldást hoztam létre. Ismerve ezen paramétereket és a vezérlő impulzus(ok) pontos helyét, a módszer ki tudja jelölni a

teljesítményadatok analizálásának helyét, amellyel a kapcsolt teljesítményváltozásokat meg lehet határozni.

4.8. Online mérési módszer a hangfrekvenciás impulzusok analizálására

Online mérési módszert fejlesztettem a HF impulzusok analizálására, amely professzionális „multitasking” módszerek alapján az előző alfejezetekben leírt, HF dekódoló- és teljesítménydetektáló módszereket alkalmazza. A fejlett adatfeldolgozásért három különböző végrehajtási szál (mérésadatgyűjtő-, dekódoló-, detektáló szál) felelős, ahol a szálak aszinkron működésének kompenzálására, FIFO memórián és nagyméretű adattároló bufferen keresztüli fejlett adatkommunikációt használva történik. Mérési módszerem kidolgozása során, olyan egyszerű interfészeket alakítottam ki, hogy az tetszőleges mérés-adatgyűjtési módszerhez könnyen illeszthető legyen.

4.9. Új közelítési módszer a tömegvezérlés okozta hőtárolás profilok meghatározására

Olyan új objektív profilközelítési módszert dolgoztam ki, amely a napi, diszkrét hőtárolós teljesítményadatokra automatikus módon képes görbét illeszteni. A módszert, bár a hőtárolós profilok felvételére fejlesztettem, az *sikeresen kiterjeszhető* más teljesítményhalmazból történő profilgenerálásra is. Objektív közelítési módszerem, a diszkrét, időben egymástól különböző távolságokra lévő hőtárolós teljesítményeket veszi alapul, lineáris approximációt, FFT- és inverz FFT-analízis módszerhármast alkalmazva az adatok approximációjára. A kidolgozott approximációs módszer jól közelíti a viszonylag kisszámú (1 nap/40 adat) hőtárolós teljesítményt. A módszer kezeli azt is, hogy a hálózatüzemeltető a nap délelőtti és délutáni időszakában, egyáltalán nem végez teljesítményvezérlést a hálózaton (azaz vannak többórás kapcsolásmentes időszakok, amikor az approximáció számára nincs bemeneti adat).

A hőtárolós profilok felvétele kulcskérdés a hálózatüzemeltető részére, hiszen ő a nap minden időszakában pontosan szeretné tudni, hogy milyen teljesítményvezérlési tartalék van a kezében, egyrészt optimalizálás, másrészt hálózat-tervezés érdekében (pl.: túlterhelés elkerülése). A felvett profilokkal a hálózatüzemeltető a változatlan időprogramok melletti teljesítménytartalékokra tud következtetni, azonban a dolgozatban további fontos következmények is megfogalmazásra kerülnek.

4.10. Kidolgozott módszer a fogyasztói szokások kategorizálására

A különböző teljesítményű (egymástól eltérő transzformátorok) hőtárolós profilok összehasonlításához, új (könnyen automatizálható) kétfázisú normalizálási módszert fejlesztettem, amely egyrészt elfedi a különböző teljesítményekből adódó eltérést (normálás), másrészt lineáris középérték korrekciót végez a profilok ofszet-eltéréseinek minimalizálására (profil-ofszet korrekció). Ezáltal kizárólag a jellegből eredő eltéréseket lehet analizálni a profilok között.

A különböző hőtárolós profilok jellegéből adódó eltéréseket átlagos abszolút- és négyzetes hibával elemeztem. Mivel a profilmenet, és a hőtárolós teljesítmények három szignifikáns részre oszthatóak, ezért célszerűnek tartottam mindhárom szakaszra kiszámolni a hibákat, amellyel az egyes napszakokat önállóan lehetett vizsgálni.

Olyan módszert dolgoztam ki az előzetesen normált hőtárolós profilok összehasonlítására, amelynek eredményeként a vizsgált profilokat kategorizálni tudtam, új fogyasztói viselkedéseket állapítva meg azokra. Az összehasonlítási módszer, végeredményként általános következtetésekhez vezetett, amelyet napjainkban is sikeresen alkalmaz a hálózatüzemeltető.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Legfontosabb új tudományos eredményeimet *öt tételben* fogalmaztam meg, amelyek a következők:

- 1. TÉZIS:** *Kidolgoztam egy tisztán digitális elven alapuló online flicker-mérési módszert.*

A mérési módszer, a modern többszálás („multitasking”) kommunikációs megoldást alkalmazva képes a csatlakoztatott feszültségjelek futásidőben történő analizálására, eleget téve a villogásra vonatkozó legszigorúbb követelményeknek. Kifejlesztett módszerem rugalmasságát a villogásmérés mintavételi frekvenciájának szabad megválasztása, univerzalitását a módszer egyszerű (későbbi) módosíthatósága és bővíthetősége, alkalmazhatóságát a hatékony kommunikációs megoldásai jellemzik.

- 2. TÉZIS:** *Kidolgoztam egy olyan kalibráló módszert, amellyel tetszőleges villogásmérő valós körülmények közötti objektív tesztelését és teljes körű ellenőrzését lehet elvégezni.*

Kidolgozott módszerem átfogó képet ad a csatlakoztatott villogásmérő statikus és dinamikus működéséről. Kifejlesztett kalibráló módszerem

alapján, olyan automatikus tesztelést támogató szimulációs módszert dolgoztam ki, amely az online flicker-mérési módszerem teljes körű ellenőrzését képes elvégezni, amely egyben visszacsatolást ad módszerem helyes működéséről, továbbá optimális mintavételi frekvenciákat határoz meg a szabványi előírásokban rögzített F_1 és F_3 osztályos villogásmérésekhez.

- 3. TÉZIS:** *Olyan, a hálózatüzemeltetőtől független, univerzális dekódoló- és teljesítménydetektáló módszereket dolgoztam ki, amelyek a villamosenergia-hálózat terhelésszabályozásában adnak új elméleti és gyakorlati megoldást.*

A kidolgozott módszerek tetszőleges hálózaton alkalmazhatóak, ahol a transzformátorok primer oldali feszültség- és áramjeleiből képesek a hangfrekvenciás vezérlőüzenetek (táviratok) időbeli behatárolására és nagy megbízhatóságú dekódolására, valamint az általuk kapcsolt teljesítményugrások amplitúdójának meghatározására. Olyan online mérési módszert dolgoztam ki, amely képes a villamos hálózaton bekövetkezett teljesítményugrások folyamatos detektálására, napjaink egyedi multiprocesszoros rendszereit támogató modern adatkommunikációs megoldások felhasználásával.

- 4. TÉZIS:** *Új approximációs eljárást dolgoztam ki, amely a transzformátorok mérési adataiból származtatott (detektált) teljesítményértékekből, objektív, könnyen automatizálható módon képes meghatározni a hőtárolós tömegvezérlés teljesítményprofiljait.*

Az objektív módon generált hőtárolós profilok összehasonlítására, új normalizálási eljárást hoztam létre, amellyel az egymástól különböző teljesítményű transzformátorok tömegvezérlés okozta (hőtárolós) teljesítményprofiljainak objektív összehasonlítására nyílik lehetőség, biztosítva a további elemzési- és kiértékelési módszerek alkalmazását.

- 5. TÉZIS:** *Új módszert dolgoztam ki a fogyasztók szokásainak kategorizálására, amely a mérési adatokból származtatott hőtárolós (normalizált) profilok segítségével, képes a felhasználói viselkedést különböző csoportokba sorolni.*

Módszerem objektív hibaszámítással hasonlítja össze az előzetesen normált hőtárolós profilokat, így következtetve a kizárólag görbejelleg-eltérések okozta eltérésekre. A módszer segítségével létrehozott új fogyasztói csoportok általános érvényű hőtárolós profilokkal jellemezhetők, amelyek a teljesítményszükséglet-validálást követően, egyrészt új, általános érvényű

következtetéseket eredményeznek a hőtárolós fogyasztókra, másrészt a hálózatüzemeltető menetrendi tervezését teszik közvetlenül kiszámíthatóbbá és mérhetően hatékonyabbá.

6. AZ ÚJ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA

6.1. A dolgozat beadásáig megvalósult hasznosítások

Az online villogásmérő- és HFKV-modulom, a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai- Elektronikai Tanszék munkatársaival [20] közösen fejlesztett, modern hálózatdiagnosztikai berendezésben kapott helyet, így laboratóriumi tesztelését követően ipari körülmények között is felhasználtuk.

A villogásmérő egységgel, a fent említett hálózatdiagnosztikai berendezés teljessé és alkalmassá vált az MSZ EN 50160:2010 [1] szabványban foglalt minden paraméter tesztelésére, amely a rendszer rugalmasságát és paraméteres módosíthatóságát tekintve egyedülálló.

A 2011-es év januárjában (tél) végzett ellenőrző mérések során mindkét online modul éles bevetésre került az észak-magyarországi régió egyik (hőtárolós szempontból is) nagykapacitású transzformátorállomásán, ahol egyhetes mérést végeztünk. A mérés értekezésem szempontjából is fontos szerepet játszott, hiszen a téli adatokkal a nyári-téli fogyasztói szokásokat lehetett összehasonlítani; egyben az elvégzett munka pozitív visszajelzésül szolgált a kifejlesztett modulok hasznosságára, ugyanis a hálózatüzemeltető kérésének maradéktalanul eleget tettünk, teljes körű információt szolgáltatunk számára a hálózat rövid- és hosszúidejű villogási szintjeiről és az általa működtetett HFKV hőtárolós teljesítményeiről és profiljairól.

6.2. Lehetséges jövőbeli hasznosítások

Az értekezésben bemutatásra került online villogásmérő-modul mai informatikai követelményeknek való megfelelőségét, egy komplex mérőszoftverbe történő (rutinszerű) beépítéssel igazoltam. A modul rugalmassága a változtatható mintavételezési frekvenciának köszönhető (F_1 és F_3 osztályos megfelelés), amelyet extrém nagy frekvenciák (≤ 40 kHz) beállítása esetén is ellenőriztem, amely alkalmassá teszi modult, az esetleges későbbi szabványi előírások szigorodása esetén történő vizsgálatokra is. A modul univerzalitását a legfőbb egység rugalmassága biztosítja, azaz a központi súlyozó karakterisztikát szolgáló IIR szűrő-modul cserélhetősége és módosíthatósága adja, amely létfontosságú a

flicker számítási eljárását változtató előírások módosítása esetén. Így tervező munkám során, a rugalmasság és az univerzalitás központi fontosságú volt számomra, ugyanis szakirodalmi áttekintéseim során megállapítottam, hogy a szabványok egyre szigorodó követelményei megkívánják a kialakított számítási módszerek módosíthatóságát és további finomhangolhatóságát. A napjaink gyorsan átalakuló világítástechnikai eszközei miatt, a közeljövőben is várhatóak további előírás-módosítások, amelyekre módszerem és kidolgozott moduljaim egyaránt fel vannak készítve.

A HFKV témakörében készített rugalmas detektálási- és teljesítményprofilokkal kapcsolatos módszerek és algoritmusok többsége már kifejlesztésük során magában hordozta a továbbfejleszthetőség lehetőségét. Az általános érvényű teljesítménydetektálási módszer a jövőben Magyarországon alkalmazandó RFKV- és SMART-megoldások esetén is sikeresen alkalmazható lehet és a hálózatüzemeltető segítségére szolgálhat. Ezen témát értekezésem külön részletességgel tárgyalja.

Az hőtárolós profilok meghatározására kidolgozott újfajta módszerek (normálási-, kategorizálási módszer) a teljesítményprofilok objektív alapokra helyezett összehasonlítását és általános érvényű megállapításokat eredményezett, amelyeket egy újfajta vezérlési stratégiák (RFKV, SMART) kialakítása esetén is jól fel lehet használni. A SMART-rendszerekben lévő lokális mérések óriási lehetőséget jelentenének munkám folytatásában, hiszen a már jelenleg is nagymennyiségű (650 GB) adattól jóval több mérési információra lenne szükség a még általánosabb megállapításokhoz és az energiamenedzsment további finomhangolásához.

7. AZ ÉRTEKEZÉS KERETÉBEN ÖSSZEFOGLALT KIEGÉSZÍTŐ EREDMÉNYEK

7.1. Univerzális, online villogásmérő modul (szoftver)

Kidolgoztam egy olyan szoftveres modult, amely az új villogásmérési módszeremen alapul, napjaink multiprocesszoros környezetéhez alkalmazkodva, több végrehajtási szálon történő adatkommunikációs módszereket használva a mérési-feldolgozásokhoz. A létrehozott szoftveres modult, egyik tanszéki kollégámmal közösen fejlesztett hálózatdiagnosztikai szoftverrendszerbe integráltam.

7.2. Univerzális kalibráló- és tesztelő rendszer villogásmérésekhez

Újronnan létrehozott kalibrálási módszerem alapján, olyan jelgenerátor szoftver- és hardverrendszert hoztam létre, amely képes a hozzá csatlakoztatott villogásmérő modulok teljes körű statikus és dinamikus tesztelésére. Ezen jelgenerátor-rendszer, az előírásoknak megfelelő referencia-jelsorozatokot hoz létre, ezáltal saját modulom, valamint más fekete-dobozként kezelt villogásmérő objektív összehasonlítására alkalmas.

7.3. Optimális mintavételi frekvencia meghatározása

A létrehozott kalibrátor szoftverrendszer saját flicker-mérő modulom belső tesztelésére is lehetőséget adott. A jelgenerálási folyamat iteratív végrehajtásával, az F_1 és F_3 osztályos villogásmérésekhez optimális mintavételi frekvenciát határoztam meg. Az optimális mintavételi frekvenciák beállításával külön teszteltem saját modulom.

7.4. Univerzális, online analizáló modul

A létrehozott HF dekódoló- és teljesítménydetektálási módszerek alapján, kidolgoztam egy olyan szoftveres modult, amellyel a hálózatüzemeltető aktuális információkat kaphat, a hálózatán üzemeltetett HF vezérlés okozta teljesítményváltozásokról. A modult egyik tanszéki kollégám diagnosztikai rendszerébe építettem be, amelyet ipari körülmények között, a korábban említett 2011-es év januárjában teszteltem. A létrehozott modul a szokványos teljesítménydetektáláson túlmenően, további analízálási információkat is ad a felhasználónak, pl.: HF jelszint.

7.5. Komplex (offline) analizátor szoftver

A lemért, nagymennyiségű mérési adat elemzésére önálló szoftverrendszert hoztam létre, amely nagyszámú funkciójának köszönhetően könnyíti meg a felhasználó elemzéseit. A szoftver tartalmaz minden eddigi ismeretet a hőtárolós kiértékelésekről, így lehetőség nyílik az impulzusok professzionális megjelenítésére, a hőtárolós teljesítmények ábrázolására, összesítések meghatározására, az időprogramok hatásainak elemzésére és a hőtárolós profilok normálással egybekötött összehasonlítására is.

8. AZ ÉRTEKEZÉSBEN FELHASZNÁLT LEGFONTOSABB FORRÁSMUNKÁK

Értekezésemben további fontos hivatkozások is megtalálhatók. A tézisfüzet korlátozott terjedelme miatt, itt csak a legfontosabb irodalmak kerültek felsorolásra.

- [1] MSZ EN 50160: *A közcélú elosztóhálózatokon szolgáltatott villamos energia feszültségjellemzői*. 2010.
- [2] IEC 61000-4-15: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 15: Flickermeter – Functional and design specifications*. 2010.
- [3] M. Rogoz, A. Bien, Z. Hanzelka: *The Influence of a Phase Change in the Measured Voltage on Flickermeter Response*. 11th International Conference on Harmonics and Quality of Power, 12-15 September 2004. pp.333-337.
- [4] J. J. Gutierrez, L. A. Leturiondo, J. Ruiz, A. Lazkano, P. Saiz, I. Azkarate: *Effect of the Sampling Rate on the Assessment of Flicker Severity Due to Phase Jumps*. IEEE Transactions on Power Delivery, October 2011. Vol.26(4). pp.2215-2222.
- [5] M. Halpin, R. Cai, E. de Jaeger, I. Papic, S. Perera, X. Yang: *A Review of Flicker Objectives Related to Complaints Measurements, and Analysis Techniques*. 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution - Part 1 (CIRED), 8-11 June 2009. pp.1-4.
- [6] L. Peretto, C. E. Riva, L. Rovati, G. Salvatori, R. Tinarelli: *Experimental Evaluation of Flicker Effects on Human Subjects*. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings (IMTC), 1-3 May 2007. pp.1-5.
- [7] Chau-Shing Wang, M. J. Devaney, Shih-Wei Yang: *Decomposition of the IEC Flickermeter Weighting Curves (Light Flicker due to Fluctuating Current)*. Proceedings of the 21st IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IMTC), 18-20 May 2004. Vol.2. pp.1378-1382.
- [8] M. Piekarz, M. Szlosek, Z. Hanzelka, A. Bien, A. Stankiewicz, M. Hartman: *Comparative Tests of Flickermeters*. 10th International Conference on Harmonics and Quality of Power, 6-9 October 2002. Vol.1. pp.220-227.
- [9] D. Gallo, C. Landi, N. Pasquino: *Design and Calibration of an Objective Flickermeter*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, December 2006. Vol.55(6). pp.2118-2125.
- [10] Kang Wei, Li He-ming, Yan Xiang-wu, Zhang Li-xia, Sun Fei-zhou: *A Modified Demodulation Method for Flicker Measurement*. International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM). 23-26 May 2006. pp.765-768.
- [11] J. Ruiz, A. Lazkano, E. Aramendi, L. A. Leturiondo: *Analysis of Sensitivity to the Main Parameters Involved in the Digital Implementation of the UIE Flickermeter*. 10th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 2000. Vol.2. pp.823-826.
- [12] P. Clarkson, P. S. Wright: *Sensitivity Analysis of Flickermeter Implementations to Waveforms for Testing to the Requirements of IEC 61000-4-15*. IET Science, Measurement & Technology, May 2010. Vol.4(3). pp.125-135.
- [13] J. C. Laurent, R. P. Malhame: *A Physically-Based Computer Model of Aggregate Electric Water Heating Loads*. IEEE Transactions on Power Systems, August 1994. Vol.9(3). pp.1209-1217.
- [14] R. E. Mortensen, K. P. Haggerty: *A Stochastic Computer Model for Heating and Cooling Loads*. IEEE Transactions on Power Systems, August 1988. Vol.3(3). pp.1213-1219.

- [15] Ning Lu, P. David, S. E. Widergren: *Modeling Uncertainties in Aggregated Thermostatically Controlled Loads Using a State Queueing Model*. IEEE Transactions on Power Systems, May 2005. Vol.20(2). pp.725-733.
- [16] M. U. Kobe, B.E., A. C. Tsoi: *Modelling of Domestic Hot-Water Heater Load from Online Operating Records and some Applications*. IEE Proceedings, September 1986. Vol.133(6).
- [17] I. Cohen, C. C. Wang: *An Optimization Method for Load Management Scheduling*. IEEE Transactions on Power Systems, 1988. Vol.3(2). pp.612-628.
- [18] P. L. William: *Energy Interactions of Electric Clothes Dryers and Heat Pump Water Heaters with Building Equipment Systems*. IEEE Transactions on Industry Applications, November 1984. Vol.IA-20(6). pp.1517-1524.
- [19] D. Raisz, A. Dán: *A hangfrekvenciás fogyasztói befolyásolásban rejlő lehetőségek*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, III. BMF Energetikai Konferencia, 2008. pp.21-31.
- [20] R. Bátorfi, A. Sz. Váradiné: *Nagy pontosságú villamos hálózati minőségvizsgálat új szinkronizáló eljárásokon alapuló mérőberendezéssel*. Elektrotechnika, April 2012. Vol.105(04). pp.5-9.

9. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ LEGFONTOSABB SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

A tézisfüzet kizárólag a legfontosabb és rangosabb publikációimat tartalmazza. A teljes lista megtalálható értekezésem utolsó fejezeteiben.

Idegen nyelvű folyóiratban megjelent, lektorált folyóiratcikk

1. **A. Unhauzer**, A. Sz. Váradiné: *Online Software Module for Measurement of Audio-Frequency Controlled Heat-Storage Power*. Journal of Computer Science and Control Systems (JCSCS, University of Oradea Publisher). May, 2012. Vol.5(1). P-ISSN 1844-6043, E-ISSN 2067-2101, CD-ISSN 2067-2098. pp.108-111.
2. **A. Unhauzer**, A. Sz. Váradiné: *New Approach for Power Profile Determination of Remote Controlled Electrical Consumers*. Elsevier Journal: Electric Power Systems Research. Impact Factor: 1.478 (submitted to journal, under review).

Magyar nyelvű folyóiratban megjelent, lektorált folyóiratcikk

3. **A. Unhauzer**, A. Sz. Váradiné: *A hangfrekvenciás központi vezérléssel kapcsolt villamosenergia-szolgáltatás új diagnosztikai rendszere*. Elektrotechnika: A Magyar Elektrotechnikai Egyesület Hivatalos Lapja, June 2012. Vol.105(06). pp.9-12.

Idegen nyelvű konferencia kiadványban megjelent konferencia-előadások

4. A. Sz. Váradiné, **A. Unhauzer**: *Development of Virtual Laboratory FieldPoint System*. XXI. microCAD International Scientific Conference, University of Miskolc (Hungary). 22-23 March 2007. ISBN 978-963-661-751-6. pp.79-84.
5. R. Bátorfi, **A. Unhauzer**: *Academia-Industry Cooperation for Energy Saving in North-East Hungary*. SEFI/IGIP Joint Annual Conference "Joining Forces in

- Engineering Education towards Excellence”, University of Miskolc (Hungary), 1-4 July 2007. ISBN 978-963-661-772-1, pp.199-201.
6. **A. Unhauzer**, R. Bátorfi: *Flicker Determination of Electrical Networks*. SEFI/IGIP Joint Annual Conference “Joining Forces in Engineering Education towards Excellence”, Miskolc (Hungary), 1-4 July 2007. ISBN 978-963-661-772-1, pp.411-412.
 7. **A. Unhauzer**, A. Sz. Váradiné: *Digital Filter Simulation for Development of Digital Flicker Meter*. International Conference on Renewable Energy and Power Quality (ICREPQ), Santander (Spain), 12-14 March 2008. ISBN 978-84-611-611-9289-2. DVD appendix.
 8. **A. Unhauzer**: *Diagnostics of Power Tools by Computerized Measurement and Data Processing of Electrical Parameters*. XXII. microCAD International Scientific Conference, University of Miskolc (Hungary), 20-21 March 2008. pp.89-94.
 9. **A. Unhauzer**, A. Sz. Váradiné: *Development of Virtual Laboratory at the Department of Electrical and Electronic Engineering*. XXIII. microCAD International Scientific Conference, University of Miskolc (Hungary), 19-20 March 2009. ISBN 978-963-661-875-9. pp.107-112.
 10. **A. Unhauzer**: *Development of Digital Flicker Meter and Specification of Disturbance Propagation Direction*. XIX. IMEKO World Congress (Fundamental and Applied Metrology), Lisbon (Portugal), 6-11 September 2009. ISBN 978-963-88410-0-1. pp.753-756.
 11. **A. Unhauzer**: *Analysis of Power Fluctuation by Voice Frequency Control with a New Diagnostics System*. XXIV. microCAD International Scientific Conference, University of Miskolc (Hungary), 18-20 March 2010. ISBN 978-963-661-915-2. pp.109-114.
 12. **A. Unhauzer**: *New Results in the Examination of Heat-Storage Power Profiles*. XXVI. microCAD International Scientific Conference, University of Miskolc (Hungary), 29-30 March 2012. ISBN 978-963-661-773-8. CD appendix.

Magyar nyelvű konferencia kiadványban megjelent konferencia-előadások

13. **A. Unhauzer**: *Digitális flickermérő fejlesztése és illesztése villamos energia hálózatok különleges követelményű diagnosztikai rendszeréhez*. VIII. ENELKO és XVII. SzámOkt, Nagyvárad (Romania), 11-14 October 2007. ISSN 1842-4546. pp.194-197.
14. **A. Unhauzer**: *Univerzális teszterendezés hardveres tervezése (Hardware Design of Universal Diagnostics System)*. IX. ENELKO és XVIII. SzámOkt, Csíksomlyó (Romania), 9-12 October 2008. ISSN 1842-4546. pp.85-89.
15. **A. Unhauzer**, R. Bátorfi, E. Kovács, Z. Borsody: *Hangfrekvenciás központi vezérléssel kapcsolt berendezéseket ellátó villamos hálózatok vizsgálata (Diagnostic of the Electrical Networks Supplying Equipment Controlled by the Voice-Frequency Switching System)*. X. ENELKO és XIX. SzámOkt, Marosvásárhely (Romania), 8-11 October 2009. ISSN 1842-4546. pp.151-155.
16. B. Nagy, K. Sarvajc, **A. Unhauzer**, A. Sz. Váradiné: *Interneten keresztül vezérelhető referencia laboratórium továbbfejlesztése Compact FieldPoint rendszerrel (Continued Development of Remote Controlled Reference Laboratory Using Compact FieldPoint System)*. X. ENELKO és XIX. SzámOkt,

Marosvásárhely (Romania), 8-11 October 2009. ISSN 1842-4546. pp.293-297.

17. **A. Unhauzer:** *A HFKV vezérlés okozta teljesítményváltozások vizsgálata az észak-kelet-magyarországi régióban.* Erősáram a Fiatalok Szemével 2010, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 7 April 2010. Proceedings.
18. **A. Unhauzer:** *A Hangfrekvenciás Központi Vezérléssel Kapcsolt (HFKV) villamos energiahálózat tanulmányozása az észak-kelet-magyarországi régióban.* Mechwart András Ifjúsági Találkozó (MAIT) Szakmai Konferencia 2011, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 13 April 2011.
19. **A. Unhauzer:** *Hangfrekvenciás központi vezérléssel kapcsolt villamos energia hálózat (HFKV) fogyasztói teljesítményprofiljainak meghatározása (Determination of Power Consumption Curves of Electrical Network Controlled by VFC).* XII. ENELKO és XXI. SzámOkt, Kolozsvár (Romania), 6-9 October 2011. ISSN 1842-4546. pp.103-108.
20. **A. Unhauzer:** *Online flicker-mérőmodul fejlesztése és illesztése komplex hálózatdiagnosztikai berendezéshez.* II. Mechwart András Ifjúsági Találkozó (MAIT) Szakmai Konferencia 2012, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 9 May 2012. ISBN 978-963-9299-18-4. DVD Proceedings.

Írásban meg nem jelent idegen nyelvű előadások

21. **A. Unhauzer:** *Open for all Demonstrative Virtual Laboratory on the Internet.* NI-WEEK 2009 (Worldwide Graphical System Design Conference and Exhibition), Austin Convention Center, USA (Texas), 4-6 August 2009. Poster Section.

Írásban meg nem jelent magyar nyelvű előadások

22. R. Bátorfi, **A. Unhauzer:** *Az észak-kelet magyarországi régió hálózati zavardiagnosztikáinak tapasztalatai.* Ifjú Szakemberek Fóruma 2008, Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest, 26 November 2008. Oral Presentation.
23. A. Sz. Váradiné, **A. Unhauzer:** *Laboratórium vezérlése Interneten szakembereknek és érdeklődőknek.* NI Oktatási és Kutatási Napok 2010, Holiday Inn Hotel (Budapest-Budaörs), 22 April 2010. Invited Presentation.

Oktatási jegyzet

24. A. Sz. Váradiné, J. Hegedűs, R. Bátorfi, **A. Unhauzer:** *Méréstechnika jegyzet.* HEFOP-jegyzet (Nemzeti fejlesztési terv).

Kutatási jelentések

25. Z. Borsody, A. Sz. Váradiné, T. Bodolai, **A. Unhauzer:** *Bojlercsoportok teljesítményprofiljának meghatározása a közép feszültségű hálózat betáplálási pontjain.* Kutatási jelentés (I. fejlesztési fázis), Miskolci Egyetem, Elektrotechnikai- Elektronikai Tanszék, November 2009. pp.1-40.
26. Z. Borsody, A. Sz. Váradiné, **A. Unhauzer,** A. Rónaföldi: *Bojlercsoportok teljesítményprofiljának meghatározása a közép feszültségű hálózat betáplálási pontjain.* Kutatási jelentés (II. fejlesztési fázis), Miskolci Egyetem, Elektrotechnikai- Elektronikai Tanszék, May 2010. pp.1-120.
27. E. Kovács, Cs. Blága, A. Rónaföldi, Z. Borsody, A. Sz. Váradiné, **A. Unhauzer,** R. Bátorfi: *Fogyasztói teljesítmény optimális vezérlése és a mérési veszteségek csökkentése.* K+F eredmények összefoglalása, GOP-1.1.2-08/1-2008-0002. UNI-FLEXYS Egyetemi Innovációs Kutató és Fejlesztő Közhasznú Nonprofit Kft. March 2012. ISBN 978-963-89509-0-1. pp.210-224.