

# Óbudai Egyetem

Doktori (PhD) értekezés  
tézisfüzet



## Big Data módszerek alkalmazása az áramszolgáltatásban

Pálfi Judith

Témavezető:

Dr. Kádár Péter egyetemi docens, PhD

Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai Doktori Iskola

Budapest  
2018

## I. BEVEZETÉS

A folyamatos villamosenergia-ellátás ma már szinte mindenhol természetesnek számít. A mindennapjainkat behálózó informatikai, telekommunikációs eszközök, a digitalizált munkahelyek, sőt egy egyszerű bevásárlás vagy egy gépjármű tankolása manapság elképzelhetetlen villamos energia nélkül. A modern világban magától értetődő, hogy szinte bárhol, laikus szemmel nézve korlátlan mennyiségű tiszta energiához juthatunk. Csak akkor érzékeljük e rendszer sérülékenységét, és csak akkor gondolkodunk el rajta, hogy milyen hihetetlenül összetett rendszerek gondoskodnak a zavartalan energiafogyasztásunkról, amikor egy-egy nem tervezett áramszünetnek, üzemzavarnak leszünk az elszenvedői [1, 2].

Egy üzemzavar – az általános bosszúságon kívül – igen komoly károkat és vészhelyzeteket tud okozni. Áramszünet alatt nem működnek a forgalomirányító jelző lámpák, megszűnhetnek a banki szolgáltatások, lemerülhetnek a telekommunikációs eszközök és átjátszó állomások akkumulátorai és nem működnek a vízáttemelő szivattyúk sem. Éppen ezért a villamosenergia-szolgáltatás folyamatosságának biztosítása nem csak elvárás, hanem nagy felelősség a szolgáltatás üzemeltetésére engedélyt kapott vállalatok számára [3, 4, 5].

A villamosenergia-szolgáltatás két részre osztható: a villamos energia előállítására (a primer energia villamos energiává alakítása) és ennek a felhasználási helyére történő szállítására [6, 7, 8, 9]. Kutatómunkám ez utóbbi területre fókuszál.

A villamos energiát szállító rendszer pókhálóként szövi át Magyarországot. A rendszer az európai (úgynevezett ENTSO-E) rendszerhez kapcsolódik, az országok, megyék, városok között futó nagyfeszültségű elosztó hálózaton (NAF), vagy más néven átviteli hálózaton keresztül. A városokon belüli, a kisvárosokat és falvakat összekötő hálózat a középfeszültségű elosztó hálózat (KÖF) [10]. Kutatómunkám során a „pókháló” legsűrűbben szőtt huzalozására fókuszáltam: a házak és épületek közötti kisfeszültségű elosztóhálózatra (KIF) [11]. Ennek az az oka, hogy – ahogy az a későbbiekben részletes bemutatásra kerül – e hálózat működtetése részben a legkevésbé a jelenkori technológiai vívmányok által

biztosított előnyökből, miközben, ha nem tervezett áramszünet keletkezik, azért jó eséllyel e hálózat típus meghibásodása a felelős [12, 13, 14].

Értekezésemben bemutatásra kerül a magyarországi villamosenergia-rendszer, kiváltképp az ELMŰ-ÉMÁSZ áramszolgáltató vállalat elosztóhálózata. Kutatómunkám során lehetőséget kaptam az ELMŰ-ÉMÁSZ Társaságcsoporttól arra, hogy adataikat kutatási célra felhasználjam. Ezen adatokból kiindulva tanulmányoztam a meghibásodott berendezések beazonosításának jelenleg alkalmazott folyamatait. A folyamatok leírása után új fejlesztési javaslatokat fogalmaztam meg.

Kutatásom során a KIF hálózaton található meghibásodott berendezések (más néven: hibahelyek) beazonosítási folyamatát vizsgáltam, és javaslatot tettem egy új hibahely beazonosítási eljárásra, mely az úgynevezett okos érzékelők (smart sensors) alkalmazására épül. Ezen okos érzékelők korszerű mérnöki-, matematikai-, informatikai-és infokommunikációs technológiákon alapuló eszközök, melyek a fogyasztási helyeken érzékelik a feszültség eltűnését és arról on-line üzenetet továbbítanak az áramszolgáltatók irányító központjába [15, 16]. A szporadikusan elhelyezett okos érzékelők jeleire alapozva, az általam kifejlesztett eljárás alkalmazásával a hibahelyek gyors beazonosítása válik lehetségessé [17].

Az új eljáráshoz egy üzenet-feldolgozó algoritmus (FLDa) kifejlesztésére volt szükség, melynek segítségével a smart érzékelők adatait felhasználva hatékonyan megállapítható egy esetleges üzemzavar kiterjedtsége, és annak hálózaton belüli pozíciója [18, 19]. Az FLDa kidolgozásának első lépéseként, az ELMŰ-ÉMÁSZ KIF hálózati nyilvántartási rendszeréből származó adatokból kiindulva, Big Data [20, 21, 22] elemzés alkalmazásával létrehoztam egy topológiához rendelt hibaválósínűségi adattárat. Az új adattár az elosztóhálózat azon elemeit tartalmazza, melyek esetlegesen meghibásodhatnak (transzformátorok, elosztószekrények, fogyasztók, kábelek). Ezen adattár a teljes ELMŰ-ÉMÁSZ KIF hálózatának validált mintája.

Az új hibalokalizációs eljárás kidolgozásához gráfelméleti módszerek alkalmazását választottam [23, 24, 25].

A módszer előnye, hogy a gráfelméleti megközelítés alkalmazásával a hálózat villamos paramétereit elhagyva, a hálózat fa struktúrájú gráfként matematikailag modellezhetővé válik. Ez azért kulcsfontosságú, mert a villamos paraméterek elhagyása lehetőséget teremt a kidolgozott eljárás más, nem villamos hálózatokon való alkalmazására [26].

A meghibásodásokat nem csak érzékelni, hanem javítani is szükséges. Ehhez megfelelő szakember, azaz szerelői állományra van szükség, akik számára a hibák (szakzsargonban: hibacímek) kioszthatóak. A hibacímek szerelőknek történő kiosztása egy olyan ütemezési feladat, melyet különböző feltételek teljesülésének vizsgálatával kell megvalósítani. Ilyen feltétel lehet adott szerelők hibajavításra való képzése, alkalmassága vagy a rendelkezésére álló eszközök, anyagok listája [27, 28]. Ezen kívül nem elhanyagolható, hogy az adott szerelő milyen fizikai, földrajzi távolságra van a hibahelytől. Mivel rendszerint egynél több szerelő alkalmas egy adott hiba elhárítására, a hibacímek kiosztása egy feltételrendszer menti, távolságra optimalizált ütemezési feladatként kezeltem [29, 30].

A KIF hálózatot felügyelő diszpécserok e feladatot jelenleg okos érzékelők nélkül végzik. Kutatásom során elemeztem, hogy az FLDa üzenetei hogyan integrálhatóak a jelenlegi ütemező rendszerbe és az milyen módon tud pozitív hatást gyakorolni az áramszünetek összegzett idejére, azaz azt csökkenteni.

A disszertációban részletesen bemutatom az általam elvégzett kutatómunkát, melynek célja az áramszünetek hosszának csökkentése és ezáltal a villamosenergia-szolgáltatás minőségének javítása.

### III. JELENLEGI KUTATÁSI IRÁNYOK A VILLAMOSENERGIA RENDSZER MINŐSÉGÉNEK FEJLESZTÉSÉRE

Magyarországon és nemzetközi szinten egyaránt léteznek a villamosenergia-szolgáltatás minőségének javításáért folytatott kutatások és fejlesztések a különböző feszültség szinteken.

Értekezésem szempontjából az optimális hibahely keresési eljárás kifejlesztése a NAF hálózatra vonatkoztatva nem releváns törekvés. Ennek oka a NAF hálózat kiépítésénél figyelembe vett  $n-1$  (vagy akár  $n-2$ ) elv, melynek köszönhetően a hibahely beazonosításának időkénszere megszűnik. Faludi-Szabó megfogalmazásában: „A biztonságos üzem feltétele, hogy teljesüljön az úgynevezett  $(n-1)$  kritérium, azaz a rendszer valamely elemének meghibásodása, kiesése ne okozzon fogyasztói kiesést, nem kiszabályozható áram vagy feszültség határérték túllépést, illetve ne veszélyeztesse a többi berendezés biztonságos üzemét. Léteznek körzetek, ahol fokozott biztonságot követelnek meg az  $(n-2)$  kritérium teljesülésének előírásával. Az  $n$  a mindenkor tervezett és a követelményeket kielégítő rendszer elemszámát jelenti.” [31]

Dán-Hartmann-Kis „Hálózati áramellátás és feszültségminőség” c. tudományos munkájukban bemutatják a közepfeszültségű elosztóhálózaton alkalmazott hibahely behatárolás klasszikus módszereit. Ezen módszerek azonban olyan villamos paraméterek mérésén és elemzésén alapulnak, amelyek a KÖF hálózatba beépített egyéb eszközök alkalmazásával működnek, de ezek a KIF hálózaton nincsenek, nem alkalmazhatóak (pl. Petersen tekercs) [32, 33].

A kisfeszültségű elosztóhálózat szolgáltatási minőségének növelésére az ELMŰ-ÉMÁSZ Társaságcsoporthoz is tett lépéseket. A Geometria Kft.-vel együttműködve kidolgozták a kisfeszültségű kábelhálózatok kockázatalapú fenntartás-tervet [34]. Ez a rendszerterv nyújt alapot a kábelhálózatok éves szintű

fenntartásának tervezéséhez. A rendszerterv egyik kiemelendő aspektusa az az alapkoncepció, hogy a gyakorlati probléma megoldásába bevonják a matematikai módszerek nyújtotta lehetőségeket. A kifeszültségű kábel hálózatra kidolgozott kockázatalapú fenntartási-terv ugyanis a fuzzy logikára épül. A fuzzy logika bizonytalan, úgynevezett elmosódott halmazok logikájának leképezésére jött létre [35]. A tanulmányban a fenntartástervezésre fuzzy módszereket alkalmaznak, azonban a rendszertervben maradtak még potenciális fejlesztési területek, mint például a rendszer adattárának paraméterezése vagy az alkalmazott Mamdani rendszer [36] kidolgozottsága és pontossága.

A dokumentum a klasszikus Mamdani-féle irányítási rendszert javasolja [37, 38], amely bár alátámasztottan alkalmas bizonyos következtetések levonására, azonban számos gyenge pontja van. Az egyik ilyen gyenge pont, hogy a munkában javasolt trapéz alakú tagsági függvény lineáris szakaszokat eredményez, ugyanakkor a gyakorlatban a nyelvi változók eredményesebben közelíthetők meg szigmoid típusú tagsági függvénnyel [39].

További problémát jelenthet, hogy a tanulmányban vizsgált hibaterület nagy kapcsolatszámú hálózatot érint, és egy-egy hibaterület kiértékelésére és a hibabehatárolásra vonatkozó redukciós módszerre ez a tanulmány nem ad javaslatot. A fuzzy következtetéshez csak/és műveleteket használ és a minimum operátort. Ezzel nem használja ki a következtetési rendszer és más fuzzy operátor nyújtotta lehetőségeket, ami pontosabb következtetéseket eredményezne. Például a kábelszegmens hosszát [34] két szegmensre osztja, de a pontosabb kiértékeléshez finomabb fuzzyfikálás előnyösebb lenne. Egy másik példa, hogy bár az üzemzavari rátát [34] fuzzyfikálja és súlyozza, miután kellő nagyságú adatmennyiség áll rendelkezésre, a fuzzy súlyok helyett inkább a valós a priori valószínűségeket lenne célszerűbb figyelembe venni a következtetési rendszer tervezésekor [22]. A kockázatalapú fenntartás-rendszerterv alapján bevezetett fuzzy logikára épülő módszer további hátránya, hogy csak kábel típusú

kisfeszültségű elosztóhálózati berendezésre specializálódott, és szabadvezetékekre, elosztószekrényekre stb. nem készült el.

A nemzetközi kutatások közül kiemelendő a portugál EDP Distribuição és QEnergia tagjaiból álló munkacsoport „Getting real-time fault location information from multi-vendor legacy protection systems” című tanulmánya [40]. Munkájuk során bemutatnak egy középfeszültségű elosztóhálózati rendszerre kifejlesztett algoritmust, melynek segítségével a hibahely beazonosítását 10% körüli hiba rátával képesek elvégezni. A portugál elosztóhálózaton, pilot projekt keretein belül üzemeltetett rendszer hátránya, hogy villamos paraméterek elemzésével végzi el a hibahely beazonosítását, így – hasonlóan a Magyarországon pilot programként bevezetett módszerekkel – nem alkalmazható a kisfeszültségű elosztóhálózatokra.

A nemzetközi szakirodalomban a hibahely beazonosítása mellett hálózati adatokból építkező adattárház is fellelhető. A University of Sheffield és a Northern Powergrid munkatársai által készített „Smarter Business processes resulting from Smart Data” című munkájukban olyan modellt mutatnak be, amely az intelligens villamos energia fogyasztásmérő [41, 42, 43, 44] különböző periódus idejű és valós idejű adataiból épül fel. A munka a modell felhasználási lehetőségeiként nevezi meg a terheléselosztási [45], hálózattervezési [46] és hibadetektálási feladatokat. A bemutatott hálózat egy leegyszerűsített modell, amelyen korlátozott fogyasztói számra végeznek tesztelést. A realisztikus modellezés érdekében a teszteléshez azonban érdemes az eredeti hálózat valós adataiból készíteni a modellt, mivel a valós hálózat részletes információi magas szintű befolyással bírnak a pontos hibahely behatárolásában. Huang, Q. és munkatársai által készített munkában a hibabehatárolás folyamata nem kellő mélységű. A munka a villamosfogyasztás mérők által mért villamos mennyiségek adatainak gyűjtésére, továbbítására és feldolgozására fókuszál. [ 47, 48]

A „Research of Smart Distribution Network Big Data Model” című munkában amerikai és kínai kutatók által készített, a kínai villamosenergia-rendszer adatain alapuló adattárház kerül bemutatásra [49], amelyet Big Data szemléletben [50, 51] készítettek a China Electric Power, a Stanford University és az Észak-Amerikai Smart Grid Research Institute munkatársai. A létrehozott adattárház tulajdonságait tekintve elosztott, többretegű és dinamikus. Az adattárház adatait osztályozták és funkcionálisan strukturálták, amely megoldás figyelemre méltó [52, 53].

### III. HIPOTÉZISEK ÉS KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Kutató munkám célja egy olyan új módszer kidolgozása, amely a KIF elosztóhálózati elemek okozta áramszünetek időtartamának csökkentését és ez által a villamosenergia-szolgáltatás minőségének javulását eredményezi. A KIF elosztóhálózat fejlesztése ma már nem nélkülözheti a korszerű mérnöki-, matematikai-, informatikai-, és infokommunikációs technológiákon alapuló eszközök alkalmazását. Ilyen eszközök lehetnek például a smart érzékelők.

A kisfeszültségű villamos elosztóhálózat jelenlegi üzemirányítási rendszerének vizsgálata során az alábbi hipotéziseket állítottam fel:

**Hipotézis 1.** A kisfeszültségű elosztóhálózat üzemirányítás nyilvántartási rendszeréből származó adatokból, Big Data eszközök alkalmazásával létrehozható egy olyan hibavalószínűségi adattár, amelynek felhasználásával kidolgozható egy új, automatikus, a meghibásodott berendezés legvalószínűbb helyének meghatározására irányuló eljárás.

**Hipotézis 2.** Hipotézisem szerint kidolgozható olyan algoritmus, amely szporadikusan elhelyezett smart érzékelők és a fogyasztói bejelentések adatait felhasználva lehetővé teszi a kisfeszültségű elosztóhálózatban fellépő üzemzavar



kiterjedtségének, és hálózaton belüli lokalizálásának gyors és automatikus detektálását.

**Hipotézis 3.** Hipotézisem szerint az üzemzavar lokalizáló algoritmus eredményeit a jelenlegi hibaütemező rendszerbe integrálva létrehozható egy olyan új ütemező rendszer, amely a jelenleginél hatékonyabb hiba kiosztást tesz lehetővé.

**Hipotézis 4.** Hipotézisem szerint létrehozható az új kifeszültségű elosztóhálózati hibaütemezési rendszerben egy olyan új hiba rangsorolási-, súlyozási rendszer, amely bevezetésével a hibacímek kiosztási hatékonysága javítható.

Értekezésemben egy új hibalokalizációs eljárást ismertetek. Az új metódus célja, hogy a KIF hálózaton bekövetkezett üzemzavar esetén az üzemzavar kiterjedtségét - azaz az érintett fogyasztók számát - és a meghibásodott berendezés hálózat topológiájában betöltött pozícióját minél gyorsabban és pontosabban meghatározza. Disszertációm részét képezi az új eljárás jelenlegi hibaütemező rendszerbe való integrálása is. Az így létrejövő új hibaütemező rendszerben vizsgálom azon lehetőségeket, amelyek a KIF hálózat minőségi mutatóit pozitív irányba befolyásolják.

## IV. A KUTATÁSBAN ALKALMAZOTT TUDOMÁNYOS MÓDSZEREK

Kutatásom során egy olyan új hibalokalizációs eljárást dolgoztam ki, amelynek a segítségével a KIF elosztó hálózatban az üzemzavar kiterjedtsége (azaz az érintett fogyasztók száma) és a meghibásodott berendezés pozíciója gyorsan és pontosan meghatározható.

A feladatot matematikai-informatikai kérdésként kezeltem [56, 57]. A kidolgozott módszer nem csak feszültség szint független, hanem multidiszciplináris is, ezáltal nem csak a villamos elosztóhálózaton, hanem más közmű hálózatok esetében is felhasználható. Az egyes iparágak közötti átjárás biztosítása a hibajelzés (pl. nyomás csökkenés vagy esetemben: a feszültség eltűnése) központi adatfeldolgozásával és speciális kiértékelésével lehetséges [58].

A KIF villamosenergia-rendszert a *gráfelmélet* [59, 60] segítségével modelleztem. A villamos elosztóhálózat egy hierarchikus gráfnak felel meg [61].

Az áramszolgáltatók tervei [62] és az Európai Unió energiatakarékosági törekvések [63] következtében a háztartásokban a közeljövőben várhatóan lecserélik a jelenlegi elavult fogyasztásmérőket smart érzékelővel ellátott fogyasztásmérőkre (ezekkel a smart mérőkkel a fogyasztók jobban tudják monitorozni saját villamosenergia-fogyasztásukat, amelytől a fogyasztás csökkenése várható [64]). Az erre vonatkozó hazai pilot program már nyújtott tapasztalatokat [55]. A gyakorlatban ez úgy működik, hogy a kihelyezett smart érzékelők – az arra alkalmas kommunikációs csatornákon keresztül – hiba jelzéseket küldenek az üzemeltető központba. Egy szélsőségesebb időjárás esetén azonban olyan óriási adatmennyiség keletkezik, amelynek a feldolgozásához a Big Data módszerek alkalmazása elengedhetetlen [54].

Az áramszolgáltató által eddig felhalmozott információ további tudományos elemzéssel és feldolgozással beépíthető az általam kifejlesztett új eljárási gyakorlatba. Az új modellben *a priori valószínűség* [65, 66] számítást alkalmaztam.

## V. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÉS TÉZISEK

### 1. Tézis: A kifeszültségű elosztóhálózati topológiához rendelt új adattár

A kifeszültségű villamos elosztóhálózat-nyilvántartási rendszeréből származó adatokból létrehoztam egy topológiához rendelt hibavalószínűségi adattárat, amely lehetővé teszi a hibazóna behatárolását a kifeszültségű villamos elosztóhálózaton. Az adattár paramétereit a priori valószínűségekkel finomítottam, amelyek bevezetése által lehetőséggé vált a meghibásodott berendezés legvalószínűbb helyének meghatározása. [PH04][PHT06][PHTM07][PH12] [PHN15]

#### Az 1. Tézis leírása:

A kifeszültségű villamos elosztóhálózat-nyilvántartási rendszeréből származó adatokból kiindulva, Big Data elemzés alkalmazásával, Magyarországon elsőként létrehoztam egy hibavalószínűségi adattárat. Az új adattár az elosztóhálózat azon elemeit tartalmazza, amelyek a potenciálisan meghibásodó eszközöket jelölik (transzformátorok, elosztószekrények, fogyasztók, kábelek). A következő adatfeltárási-, és adattár kialakítási folyamat mentén haladtam: első lépésben az áramszolgáltató nyilvántartási rendszereiben rendelkezésre álló forrás adatokat elemeztem, majd megterveztem és megalkottam az új adattár sémáját, célirányosan a hiba lokalizáció feladatnak megfelelően. Ezt követően a nyilvántartási rendszerből leválogatott és előkészített adatok adattárba való betöltésén keresztül létrehoztam az új adattárat. Az új adattár a következőket tartalmazza:

- a logikai gráf csomópontjait, amelyek a kifeszültségű elosztóhálózati rendszer elemei (transzformátorok, elosztószekrények és fogyasztók)  $LvnGraphVertex(V_i)$ , ahol  $i=1, 2, \dots, n$ , a hálózatban betöltött szerepek szerint súlyozva,
- a csomópontokhoz rendelt  $LvnGraphVertex(n_1, n_2, \dots, n_n)$  a priori meghibásodási valószínűséget,

- a csomópontok között lévő éleket,  $LvnGraphEdges(E_j)$ , ahol  $j=1, 2, \dots, m$ , továbbá
- a kapcsolatok hierarchikus  $(1:N)$  összefüggését, és
- az élekhez műszaki paraméterek (él hossz, kötegszám az élhosszon, kábel/szabadvezetés) alapján rendelt meghibásodási valószínűségeket  $LvnGraphEdges(e_1, e_2, e_n)$ .

Az új adattár tükrözi a hálózati struktúra szubsztanciális mutatóit, mint például a legtöbbször használt *átlagos foksám* mutatót és a foksám eloszlás reprezentálására a gráf Laplace spektrumot. Az adattár lehetővé tette a hibalokalizációs algoritmus tesztelését.

## 2. Tézis: Az FLDa

Kidolgoztam egy új kifeszültségű elosztóhálózati hibahely beazonosító algoritmust (FLDa - Fault Location Determination algorithm). Az FLDa a szporadikusan elhelyezett smart érzékelők adataira és a kommunikációs csatornákon beérkező fogyasztói jelzésekre épül. Az algoritmus lehetővé teszi a kifeszültségű elosztóhálózatban fellépő üzemenzavar kiterjedtségének és annak hálózaton belüli lokalizálását, automatikus detektálását. A gráfon a  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  pontos behatárolást segítő faktorokon alapuló hibazóna redukcióval, és az abból előállított hibafán szintvektor analízissel és hálózati hibahely asszociációs logikai szabály alapján az algoritmus lokalizálja a hibahelyet, így jelentősen csökkentve a hibacím beazonosítás komplex folyamatának időigényét. [PH04][PHTM07] [P08][PH09][PHN14]

## 2. Tézis leírása:

Az új eljárás létrehozásához a kifeszültségű elosztóhálózaton fellépő hibazóna behatárolásához készített adattárat, a logikai gráf *a priori* meghibásodási valószínűséggel felruházott csomópontjait:

$$P(\text{Vertex}(V_i)) = \{P(A), P(B), \dots, P(X)\},$$

a csomópontok között lévő éleket és a kapcsolatok összefüggését (is) használtam fel ahhoz, hogy a hibahely behatárolása minél pontosabb legyen. A hálózat vizsgálata során első lépésként redukciós módszerrel leszűkítettem a topológiai mintára

vonatkozó izolált enumerációs részhalmaz hibateret(ek)  $(P(C,B))$ , amely a hibazóna részgráfot eredményezte. A hibazóna minél pontosabb behatárolására a  $\delta_1$ : *Laplace spektrumot* és a  $\delta_3$ : *WEdge él súlyokat* használtam azért, hogy meg tudjam határozni azokat a pontokat, amelyek mentén elvágva a gráfot megkapom a hibazónát. Második lépésként *szintvektoranalízist* és  $\delta_2$ : *Redukció alap szabályrendszert* vezettem be, amelyek segítségével tovább csökkenthető a hibacím beazonosítás komplex folyamatának időigénye.

Az FLDa-ból kapott eredményt hibahely attribútum tábla formájában alakítottam ki. Ez tartalmazza a meghibásodott eszköz egyedi azonosítóját, a hibahely címét ( $H$ ), illetve a hibahely megállapítás pontosságának valószínűségét %  $p(H)$ . Alacsony hibacím valószínűségi mutató esetén az algoritmus a valószínűségi érték mellett egy üzenetet küld, hogy „ellenőrizd a smart érzékelőket”.

### **3. Tézis: Kisfeszültségű hibacím ütemező rendszer egyszerűsített matematikai modellje**

Az FLDa eredményeként kapott hibahely attribútum táblát integráltam a kisfeszültségű elosztóhálózati üzemirányítás folyamatába és megalkottam a kisfeszültségű dinamikus hibacím ütemező rendszer (LFS – Low-voltage Fault-sheet Scheduling system) matematikai modelljét. Bizonyítottam, hogy az LFS rendszer bevezetése optimálisabb hibacím kiosztást tesz lehetővé, ezáltal a hibaelhárítási folyamatok teljes rendszerre összegzett időtartama csökken.

[PM01][PH02] [PH04][PTH05][PNH11][PH10]

#### **A 3. Tézis leírása:**

Az FLDa eredményeként kapott lokalizált hibacím attribútumok alkalmasak egyrészt a napi szintű diszpécseri döntéstámogatásra, ugyanakkor az áramszolgáltatói munkairányítási rendszer automata-ütemező moduljának inputjaként is szolgálhatnak.

A kifeszültségű elosztóhálózati hibacímek ( $H$ ) és a szerelőegységek ( $B$ ) paraméterezett mátrixaiból kiindulva (erre korábbi példa nincs), különböző egyéb paraméterek figyelembevételével lehetővé vált a hatékony és gyors hibacím kiosztás. Ilyen paraméterek a járulékos gerjesztések, amelyek olyan döntést befolyásoló tényezőket jelentenek, mint például az időjárás előrejelzés adatai, a tervezett karbantartási munkákkal járó magas prioritású feladatokkal kapcsolatos információk, a magasabb üzemirányítási szinteken bekövetkezett eseményekre való reagálás (a közép- és kifeszültségű üzemzavarok elhárítását ugyanazon szerelőcsapatok végzik), egyéb humán tényezők, mint például szerelők, diszpécserek stb. által beérkezett hétköznapi impulzusok (például egy fáradtabb szerelő kritikusabb szituációba való küldése nem előnyös). Ezen tényezők és a hibacímek paraméterei alapján a nem tervezett események fontossági sorrendje meghatározható.

Az újonnan létrehozott hibacím ütemező rendszer modell tulajdonságai: aktív, MIMO („multiple input, multiple output”), nem lineáris, véges, variáns, időfüggő, dinamikus, determinisztikus, komplex, részben öntanuló (a humán rész). Az új rendszer többváltozós bemenetű ( $H$ ,  $SzE$ ) és sokválaszú kimenetű ( $E$ ) eredménymátrixot ad.

#### 4. Tézis: az LFS

Az LFS rendszer kidolgozásánál a hiba-információk alapján bevezettem a  $\beta$  rangsorolás súlyozási rendszert és súlyfüggvényt. A normál üzemmód helyreállításához szükséges hibaegység kompetenciákra  $k$  paraméterezést vezettem be. Ezen rendszer bevezetésével lehetővé válik a hibacímnek egy előnyösebb kiosztása, azaz a hiba elhárításához optimálisabb paraméterekkel rendelkező hibaelhárító egységekhez történő rendelése. Az LFS rendszer kimenete egy, a hibaelhárítási idők összegére minimalizált dinamikus méretű  $E$  ütemezési eredmény mátrix. [PM01][PH02][PH04][PTH05][PNH11][PTH13]

#### A 4. Tézis leírása:

A gyakorlatban, a kifeszültségű elosztóhálózaton földrajzilag elkülönülten és időben egyszerre, egymástól függetlenül több helyen is keletkeznek hibák, így a modellben több hibacím együttes jelenlétét is figyelembe kell venni. Az egyidőben keletkezett hibacímek ütemezésekor a hibaelhárítási feladatok rangsorolása és súlyozása szükséges, mivel legtöbbször egy időben több az ütemezésre váró hibacím, mint a rendelkezésre álló szerelőegység.

A hiba információk alapján bevezetett  $\beta$  rangsorolás súlyozás az alábbi kategóriák szerint történik:

$\beta_1$ : Élet és balesetveszély

$\beta_2$ : Magas prioritású cím (pl. kórház)

$\beta_3$ : Magas fogyasztói számot érintő üzemzavar

$\beta_4$ : Kis fogyasztói számot érintő üzemzavar

$\beta_5$ : Egy fogyasztót érintő üzemzavar

Az új  $\beta$  rangsorolás-súlyozás szerint a hibaelhárítás a szükséges képesítéssel rendelkező és az adott hibahely címhez földrajzilag leoptimálisabb helyen tartózkodó szerelőegységnek kerül kiosztásra. A hibák súlyfüggvénye:

$$\sum_{j=1}^n \beta_j * T_j$$

ahol  $\beta_j$  – a hiba rangsorolás súly,  $T_j$  – a  $j$  hibacím optimális kiosztása esetén a  $j$  hiba elhárítási folyamatának ideje.

Az LFS rendszerben tehát miután minden  $\beta_1$  cím kiosztásra kerül (valamennyi  $k$  paraméter figyelembe vételével) a  $\beta_2$  rangú címeket a szabad kapacitású szerelő egységek fogják megkapni. Miután valamennyi  $\beta_3$  rangú cím kiosztásra került a  $\beta_4$  rangsorolású hibacím kerül kiosztásra és így tovább. Az ütemezés annyiszor fog lefutni, ahány rangú cím van a rendszerben.

## VI. AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGE

Disszertációmban megvizsgáltam a kifesztésű villamos elosztóhálózat jelenlegi üzemirányítási rendszerét és fejlesztési javaslatokat dolgoztam ki a hálózati szolgáltatás minőségének javítása érdekében.

A javaslatok peremfeltétele a szporadikusan elhelyezett smart érzékelők beépítése a KIF hálózatba. A smart érzékelők – a fa struktúrájú KIF hálózat csomópontjain bekövetkezett hiba esetén – on-line jelzést küldenek az üzemirányítási központokba.

Kutatásom során elemeztem e szenzorok hibaüzeneteit és a jelenlegi csatornákon (jellemzően telefonon) beérkező fogyasztói jelzések feldolgozásában rejlő lehetőségeket.

Elemeztem a KIF hálózat topológiáját, amely alapján felállítottam a kifesztésű elosztóhálózat gráfelméleti modelljét. Az ELMŰ-ÉMÁSZ teljes hálózat adatainak vizsgálatával bizonyítottam a modell megfelelőségét.

A gráf modell alapján, Big Data eljárást alkalmazva megalkottam egy a topológiához rendelt hibavalószínűségi adattárat, amely lehetővé teszi a meghibásodott berendezés hibazóna behatárolását a KIF elosztóhálózaton belül. A hibahely meghatározásához *a priori* valószínűségi paramétereket vezettem be.

Az adattár felhasználásával egy olyan új eljárást dolgoztam ki (FLDa - Fault Location Determination algorithm), amelynek segítségével a KIF hálózaton a meghibásodott berendezés – a szporadikusan elhelyezett smart érzékelőkből és a fogyasztói bejelentésekből érkező jelzések alapján – gyorsan beazonosítható. Az FLDa kimenete az üzemirányító felé egy olyan hibahely attribútum tábla, amely a meghibásodott berendezés egyedi azonosítóját is tartalmazza.

Az FLDa hibahely attribútum táblát integrálva az üzemirányítási rendszerbe elemeztem a KIF üzemirányítás ütemező rendszerét.

A kutatás során azon lehetőségeket vizsgáltam melyek a KIF hálózat minőségi mutatóit pozitív irányba befolyásolják. Felállítottam egy KIF dinamikus hibacím ütemező rendszer (LFS – Low-voltage Fault-sheet Scheduling system) matematikai



modelljét. Az LFS bevezetése hatékonyabb hibacím kiosztást tesz lehetővé; ezáltal a hibaelhárítási folyamatok időigénye csökken.

A kutató munkám során kiemelt figyelmet fordítottam arra, hogy a várható eredmények minél szélesebb körben alkalmazhatóak legyenek. Az FLDA előnye, hogy villamos paraméter független. Ennek következtében univerzális, azaz minden olyan fa struktúrájú hálózaton alkalmazható, ahonnan online távjelzések érkeznek egy adatfeldolgozó központba.

## VII. JAVASLATOK A KUTATÁS FOLYTATÁSÁRA

A kutatómunkám során számos olyan problémára derült fény, amely indokolja a kutatás folytatását. Ezen témák közül a legfontosabbak az alábbiak.

I. Gyakorlati tapasztalatok alapján felállítható az a hipotézis, miszerint bizonyos időjárési tényezők elősegítik az üzemzavarok keletkezését. Azaz az időjárési adatok egyes paramétereit, és az üzemzavarok típusait egyes földrajzi területeken korrelálnak. Ezt a külső gerjesztést szükséges figyelembe venni és az ütemező rendszerrel gyakorolt hatásait vizsgálni. A külső gerjesztések az ütemező rendszerre gyakorolt hatása egy következő kutató munka témája lehet.

II. Ma már adott az a technológiai fejlesztés, amelynek segítségével egy olyan KIF eszközt lehetne előállítani, amely - a meghibásodott berendezés beazonosítása után - az átmeneti zárlatokat — a szerelő helyszíni jelenléte nélkül — képes kezelni. Például a kiolvadt biztosítók cseréje kiváltható megszakítók és automatikák alkalmazásával. Magyarországon hasonló elven működő eszközöket a NAF és a KÖF hálózatokon már alkalmaznak. Javaslom annak megvizsgálását, hogy vajon e technológiák honosíthatóak-e a KIF elosztó hálózaton is.

Továbbá javaslok olyan technológiai megoldások keresését, illetve eszközök implementálását, amelyekkel további SAIDI és/vagy SAIFI javulás érhető el.

III. Javaslom a hibacím ütemező rendszer (LFS rendszer) genetikus algoritmussal történő megoldását.

IV. Javaslom a dinamikus hibacím ütemező rendszer (LFS rendszer) végtelen memóriájú rendszerré való továbbfejlesztését. Jelenleg a rendszerre igaz az, hogy a  $\tau_i$  időpontbeli,  $y(\tau_i)$  válasz csak az  $u$  gerjesztésnek a  $\tau_i - \Delta\tau < \tau \leq \tau_i$ , illetve  $\tau_{i-L} < \tau \leq \tau_i$  intervallumbeli értékeitől függ, ahol  $\Delta\tau$  és  $L$  véges értékkel bír. Azaz a rendszer véges memóriájú. Jelen rendszer végtelen memóriájúvá tétele után olyan döntést befolyásoló, mért adatokat is fel lehetne használni  $k$  paraméterként, mint például „ $x$  brigád reggelente a belvárosi címeket lassabban végzi” vagy „ $y$  brigád Fót városában az átlagosnál sokkal gyorsabban végzi el a címeket”. A végtelen memóriájú rendszer lehetőséget teremthet arra is, hogy egyfajta öntanuló (MI - Mesterséges Intelligencia), vagy gépi tanuló (ML - Machin Learning) LFS rendszer valósuljon meg.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Novothny, F. (2010). *Villamosenergia-rendszerek I.*, jegyzet, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest
- [2] Dr. Morva, Gy. (2012). *Villamosenergetika*, Digitális Tankönyvtár, Edutus Főiskola
- [3] Molnár, J. (szerk) (1981). *Villamos művek üzemvitele*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- [4] Szabó, L. Zs. és Balikó, S. (1997). *Energiagazdálkodás I.* (Alapismeretek), szakjegyzet, MÁV Rt., Budapest
- [5] D\_UU-006/4/2016 ELMŰ Hálózati Kft. és ÉMÁSZ Hálózati Kft. irányelve a hálózatok, hálózati berendezések üzemeltetéséhez
- [6] Demeter, K. és Dén, G. (2010). *Villamosságtan II., 1. füzet*, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest
- [7] Demeter, K. és Dén, G. (2010). *Villamosságtan II., 2. füzet*, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest

- [8] Demeter, K. és Dén, G. (2010). *Villamosságtan III., Útmutató*, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest
- [9] Demeter, K. és Székér, K. (2010). *Villamosságtan II., 3. füzet*, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest
- [10] Dr. Kiss, L. (1998). *Villamos hálózatok és alállomások*, Phare Program HU-94.05, Budapest
- [11] Beleon, K. (2015). *Kisfeszültségű hálózat és üzemirányítás jövőképe*, szakdolgozat, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Elektrotechnikai-Elektronikai Intézeti Tanszék, Villamosmérnöki szak, Villamos energetikai szakirány, Miskolc
- [12] Fazekas, A.I. (2006). *Villamosenergia-rendszerek rendszerszintű tervezése I.*, Akadémiai Kiadó, Budapest, ISBN 978-963-05-8131-8
- [13] Fazekas, O. (szerk) (2010). *A magyar villamosenergia-szektor működése és szabályozása I.*, Complex Kiadó Jogi és Üzleti Tartalomszolgáltató Kft., Budapest
- [14] Demeter, K., Dén, G., Székér, K. és Varga, A. (2010). *Villamosságtan I.*, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Villamosmérnök és műszaki menedzser szak, Budapest
- [15] Hunter, G.W., Stetter, J.R., Hesketh, P.J. and Liu, C.-C. (2011). Smart sensor systems, *Interface Magazine, Electrochemical Society Inc*, Vol. 20, No. 1, Winter, pp.66-69.
- [16] Chaudhari, M. and Dharavath, S. (2014). Study of Smart Sensors and their Applications, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 3, No. 1, pp.5031-5034.
- [17] Szadyl, A. (2015). Az „okosmérők” hálózatba integrálása, szakdolgozat, Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Villamosenergetikai Intézet, Budapest
- [18] Iványi, A. (szerk.) (2013). *Informatikai algoritmusok III.*, Mondat Kft, Vác
- [19] Galántai, A. (2015). *Algoritmus elmélet*, előadás vázlat (2015/2016 I. félév), Óbudai Egyetem, NIK Alkalmazott Informatikai Intézet, Budapest

- [20] Bógel, Gy. (2015). *A Big Data ökoszisztémája*, 2. kiadás, Typotex Kiadó, Budapest, ISBN 978 963 279 831
- [21] Mayer-Schönberger, V. és Cukier, K. (2014). *Big Data (Forradalmi módszer, amely megváltoztatja munkánkat, gondolkodásunkat és egész életünket)*, HVG Kiadó Zrt., Budapest
- [22] Tan, P.-N., Steinbach, M. és Kumar, V. (2012). *Adatbányászat (Alapvetés)*, Panem Könyvek, Taramix Kft, Budapest
- [23] Vágó, I. és Hollós, E. (1971). *A gráfelmélet alkalmazása villamos hálózatok számítására*, Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest
- [24] Vágó, I. (2014). *Villamos hálózatok számítása a gráfelmélet alkalmazásával*, Akadémiai Kiadó, Budapest
- [25] Andrásfai, B. (1983). *Gráfelmélet (folyamok, mátrixok)*, Akadémiai Kiadó, Budapest
- [26] Kádár, P. (2011). *Korszerű számítási módszerek a villamosenergia-rendszer irányításában*, Tézisek habilitációhoz, Széchenyi István Egyetem, Győr
- [27] Bakos, I. és Balczó, Z. (1994). *Villamosságtan erősáramú üzemmérnököknek*, 3. kiadás, Kandó Kálmán Műszaki Főiskola, Budapest
- [28] Kádár, A. (szerk) (2007). *Elektromosipari kézikönyv*, 4. kiadás, Magyar Mediprint Szakkiadó Kft., Budapest
- [29] Pokorádi, L. (2008). *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Campus Kiadó, Debrecen
- [30] Pokorádi, L. (2013). *Rendszertechnika*, TERC Kft., Budapest
- [31] Faludi, A. és Szabó, L. (2011). *Villamosenergia-rendszer üze me és irányítása [on-line]*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszék. Elérhetőség:  
<https://vet.bme.hu/sites/default/files/tamop/vivem265/ou t/html/vivem265.html> [olvasva: 2017.08.10]
- [32] Dán, A., Hartmann, B. és Kiss, P. (2011). *Hálózati áramellátás és feszültségminőség*, [on-line], Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszék. Elérhetőség:

- <https://vet.bme.hu/sites/default/files/tamop/vivem178/ot/html/vivem178.html> [olvasva: 2017.10.11.]
- [33] Geszti, P. O. (1983). Villamosenergia-rendszerek I., Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest, ISBN 963-17-6987-9
- [34] Álmos, A., Cseke, I., Dunay, A., Majsai, J., Szécsy, T. és Csank, A., (2012). SEPLAND-RBM2 Kisfeszültségű kábelhálózatok kockázatalapú fenntartás-tervezése, Geometria Kft., Budapest
- [35] Dombi, J. (2012). Intelligens rendszerek, [on-line], Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Informatikai Tanszékcsoporthoz. Elérhetőség: <http://www.inf.u-szeged.hu/~dombi/lib/downloads/school/resources/ai2/mi2.pdf> [olvasva: 2017.10.14.]
- [36] Iancu, I. (2012). A Mamdani Type Fuzzy Logic Controller, In: Prof. Elmer Dadios (Ed.), Fuzzy Logic - Controls, Concepts, Theories and Applications, InTech, ISBN 978-9 53-51-0396-7
- [37] Novák, V., Ramík, J., Mares, M., Cerný, M. and Nekola, J. (1992). Fuzzy Approach to Reasoning and Decision-Making, Springer: Science + Business Media, ISBN 978-0792313588
- [38] Pedrycz, W., Ekel, P. and Parreiras, R. (2010). Fuzzy Multicriteria Decision-Making: Models, Methods and Applications, Wiley, ISBN 978-0470682258
- [39] Johanyák, Zs. Cs. és Dr. Kovács, Sz. (2004). A fuzzy tagsági függvény megválasztásáról, GAMF Közleményei, Kecskemét, XIX. évfolyam, pp. 73-84., ISSN 0230-6182
- [40] Louro, M., Fortunato, C., Almeida, B., Veríssiomo, M., Pinto Pereira, L. and Pimenta, F. (2015). Getting real-time fault location information from multi-vendor legacy protection systems, 23rd International Conference on Electricity, Distribution, CIRED, Lyon, 15-18. 06. 2015.

- [41] Huang, Q., Jing, S., Yi, J., Zhen, W. (2015). Innovative Testing and Measurement Solutions for Smart Grid, Wiley-IEEE Press, ISBN 978-1118889923
- [42] Weranga, K.S.K., Kumarawadu, S. and Chandima, D. P. (2013). Smart Metering Design and Applications, Springer, ISBN 978-9814451819
- [43] Schafer, C. (2014). Smart Metering: Evaluation Effizienter Architekturen Und Technologien, Disserta verlag, Hamburg, ISBN 978-3954254705
- [44] Borlase, S. (Ed.) (2012). Smart Grids: Infrastructure, Technology, and Solutions, CRC Press, ISBN 978-1439829059
- [45] Powell, L. (2004). Power System Load Flow Analysis, McGraw-Hill Education Press, ISBN 978-0071447799
- [46] Das, J.C. (2017). Power System Analysis: Short-Circuit Load Flow and Harmonics, 2nd edition, CRC Press, ISBN 978-1138075047
- [47] Tleis, N. (2008). Power Systems Modelling and Fault Analysis: Theory and Practice, Newnes, Elsevier, Oxford, ISBN 978-0750680745
- [48] Major, L., Bölöni, P. (szerk.), Gellérthegyi, J., Horváth, E. (szerk.), Mersich, I., Molnár, J. és Nagy J. (2010). Méréstechnika, jegyzet, Óbudai Egyetem, Azonosító: 1161
- [49] Poursharif, G., Brint, A., Holliday, J., Black, M. and Marshall, M. (2015). Smarter Business processes resulting from Smart Data, 23rd International Conference on Electricity, Distribution, CIRED, Lyon, 15-18. 06. 2015.
- [50] Liu, G., Yu, Y., Gao, F., Zhu, W. (2015). Research of Smart Distribution Network Big Data Model, 23rd International Conference on Electricity, Distribution, CIRED, Lyon, 15-18. 06. 2015.

- [51] Xhafa, F., Barolli, L., Barolli, A. and Papajorgji, P. (eds) (2015). Modeling and Processing for Next-Generation Big-Data Technologies: With Applications and Case Studies, Series: Modeling and Optimization in Science and Technologies (Book 4), Springer, ISBN 978-3319091761
- [52] Yu, S. and Guo, S. (2016). Big Data Concepts, Theories, and Applications, Springer, ISBN 978-3319277615
- [53] Meng, Z.-W., Lu, Z. and Song, J. (2004). Comparison analysis of the small-world topological model of Chinese and American power grids, Automation of Electric Power Systems, Vol. 28, No. 15, pp.21-29.
- [54] Moser, P. K. (ed.) (1987). A Priori Knowledge, Oxford University Press, ISBN 978-0198750833
- [55] Pálfi, J., Tompa, M. and Holcsik, P. (2017). Analysis of the Efficiency of the Recloser Function of LV Smart Switchboards, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA, Vol. 14, No. 2, pp.131-150.
- [56] Stark, I. (2014). E.ON okos mérési pilot projektek 2011-2014, *Okos Jövő Fórum*, 2014, Budapest
- [57] Sembery, P. (1987). *Alkalmazott villamosságtan*, Agrártudományi Egyetem, Gödöllő
- [58] Attia, J.O. (1999). Electronics and circuit analysis using MATLAB, CRC Press
- [59] Kemény, S. (2004). *Kísérlettervezés*, oktatási segédanyag, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Master of Business Administration szakirányú továbbképzés, Budapest
- [60] Barabási, A.-L. (2016). *A hálózatok tudománya*, Libri Kiadó, Budapest
- [61] Chen, W.-K. (1997). *Graph theory and its engineering applications*, Advanced Series in Electrical and Computer Engineering- Vol.5, World Scientific Publishing Company, ISBN 978-9810218591
- [62] Pálfi J., Holcsik P., Tompa M. (2016). Network Science Tools applied to Low Voltage Networks, *11th IEEE International*

*Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, SACI, 17-19.11.2016., Timisoara

- [63] ELMŰ (2013). Éves jelentés 2012, ELMŰ-ÉMÁSZ Társaságcsoport, pp. 45-50, Elérhetőség: [https://bet.hu/newkibdata/113949751/ELMU\\_ZLETI.pdf](https://bet.hu/newkibdata/113949751/ELMU_ZLETI.pdf) [2017.10.14.]
- [64] Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (2007). Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius – The way ahead for 2020 and beyond, Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0002:FIN:EN:PDF> [2017.10.14.]
- [65] Fábíán, A. és Dr. Morva, Gy. (2014). Mi van veled, okos mérés? [on-line], [www.villanylap.hu](http://www.villanylap.hu), Elérhetőség: <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2014/aprilis/2993-2014-04-18-11-20-39> [2017.10.14.]
- [66] Reichenbach, H. (1965). *The Theory of Relativity and a Priori Knowledge*, University of California, Berkeley and Los Angeles, ISBN-13 978-0520010598



## Pálfi Judith közleményei

### 2018

20. Pálfi Judith: Korszerű hibabehatárolás a kifeszültségű elosztóhálózaton, *Elektrotechnika*, a MEE hivatalos lapja, 2018/1-2, 11. évfolyam, pp. 9-11., [P20]

### 2017

19. Judith Pálfi, Hajdu Balázs: Egyszerű mérőből okos mérők - egy IoT projekt ismertetése, *XII. Óbudai Energetikai Konferencia 2017*, 2017, pp. 71-79., ISBN:978-963-449-062-3, [PH19]
18. Judith Pálfi, Molnár Tamás, Péter Holcsik: Decentralizált villamosenergia termelés napelem-parkkal közcélú hálózaton, *XII. Óbudai Energetikai Konferencia 2017*, pp. 119-131., ISBN:978-963-449-062-3, [PMH18]
17. [PH17]: Judith Pálfi, Hajdu Balázs: Energiamonitoring rendszer építése ESP8266 alapon, *XXXIII. KANDÓ KONFERENCIA 2017*, Paper 4., ISBN: 978-963-7158-08-7
16. Judith Pálfi, Molnár Tamás, Péter Holcsik: Research of a solar panel park's impact connected to a public network in the interest of optimal electricity supply, *XXXIII. KANDÓ KONFERENCIA 2017*, Paper 1., ISBN: 978-963-7158-08-7, [PMH16]
15. Judith Pálfi, Péter Holcsik, Ferenc Novothny: Creating a representative model for low voltage distribution network, *XXXIII. KANDÓ KONFERENCIA 2017*, Paper 2., ISBN: 978-963-7158-08-7, [PHN15]
14. Judith Pálfi, Péter Holcsik, Ferenc Novothny: Development of a new fault-localization algorithm for low voltage networks, *XXXIII. KANDÓ KONFERENCIA 2017*, Paper 3., ISBN: 978-963-7158-08-7, [PHN14]
13. Judith Pálfi, Miklós Tompa, Péter Holcsik: Analysis of the Efficiency of the Recloser Function of LV Smart Switchboards,

*ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA*, Vol. 14, No. 2, pp. 131-140., [PTH13]

12. **Judith Pálfi**, Péter Holcsik: New Database and Theoretical Model for Power Distribution Networks, *ELEKTROENERGETIKA* &: pp. 539-541., [PH12]
11. **Pálfi Judith**, Novothny Ferenc, Holcsik Péter: A kisfeszültségű villamos elosztóhálózat hibacím ütemező rendszerelméleti megközelítése, *GRADUS*, Vol. 4, No.1, pp. 219-226., [PNH11]

## 2016

10. Péter Holcsik, **Judith Pálfi**: Emergency Situations Management with the Support of Smart Metering, *ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA*, Vol. 13, No.3, pp. 195-198., [PH10]
9. Holcsik Péter, **Pálfi Judith**: Meghibásodott berendezés beazonosítása a kisfeszültségű elosztóhálózaton, In: Erdélyi Magyar Műszaki Társaság (szerk.) *XXVI. Nemzetközi Számítástechnika és Oktatás konferencia*. Konferencia helye, ideje: Kolozsvár, Románia, 2016.10.08 Kolozsvár: Erdélyi Magyar Tudományos Társaság, 2016. pp. 127-129., [PH09]
8. **Judith Pálfi**: Localization of faults in low voltage networks by the graph method, In: Szakál Anikó (szerk.), *Proceedings of the 11th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics SACI 2016*. 412 p. Konferencia helye, ideje: Timisoara, Románia, 2016.05.12-2016.05.14. Budapest: IEEE, 2016. pp. 397-400. (ISBN:978-1-5090-2379-0), [P08]
7. **Judith Pálfi**, Péter Holcsik, Márta Takács, Zsolt Mitrik: Determination of the fault identification accuracy in LV networks using the Fuzzy method, In: Szakál A (szerk.) *2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics Conference Proceedings: SMC 2016*. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2016.10.09-2016.10.12. Budapest: IEEE, 2016. p. &1-3. (ISBN:978-1-5090-1897-0), [PHTM07]
6. **Judith Pálfi**, Péter Holcsik, Miklós Tompa: Network Science Tools applied to Low Voltage Networks, In: Szakál Anikó (szerk.) *17th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2016)*. 370 p. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2016.11.17-2016.11.19. Budapest:

IEEE Hungary Section, 2016. pp. 41-47. (ISBN:978-1-5090-3908-1), [PHT06]

5. **Judith Pálfi**, Miklós Tompa, Péter Holcsik: Intelligens elosztószekrények reclose funkciójának hatása a kifesztésű elosztóhálózat üzemzavari mutatóira, (szerk.) *XXXII. Kandó konferencia: Kandó a tudomány hajóján*. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2016.11.17 Budapest: Óbudai Egyetem, 2016. pp. 57. (ISBN:978-963-7158-07-0), [PTH05]
4. **Judith Pálfi**, Péter Holcsik: Szinergiák az AD&TE kutatócsoportban, *XXXII. Kandó konferencia: Kandó a tudomány hajóján*. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2016.11.17 Budapest: Óbudai Egyetem, 2016. pp. 59., (ISBN:978-963-7158-07-0), [PH04]
3. **Pálfi Judith**, Kádár Péter: Előre vagy hátra?: Lakóépületek energiamérlege két évszázaddal ezelőtt, In: anon (szerk.), *XI. Óbudai Energetikai Konferencia 2016: "Az épület energiája - a fenntartható ház"*. 91 p. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2016.11.08 Budapest: Óbudai Egyetem, 2016. pp. 69-80. (ISBN:978-963-449-004-3), [PK03]

## 2015

2. Holcsik Péter, **Pálfi Judith**: SCADA funkciók használata a kifesztésű hálózati üzemirányításban, In: Szakál Anikó (szerk.) *10. Jubileumi Óbudai Energetikai Konferencia - Smart Cities*. 156 p. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2015.11.10-2015.11.11. Budapest: Óbudai Egyetem, 2015. p. &1-5. (ISBN:978-615-5460-57-9), [PH02]

## 2014

1. **Judith Pálfi**, György Morva: Optimisation of the work management system of electrical energy providers by coaching, In: Temesvári Zsolt (szerk.) *30. Kandó Konferencia [30th Kandó Conference]*. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2014.11.21 Budapest: Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, 2014. p. 1. (ISBN:978-615-5460-24-1), [PM01]