

# Elektrotechnika

A MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET HIVATALOS LAPJA  
JOURNAL OF THE HUNGARIAN ELECTROTECHNICAL ASSOCIATION

■ ALAPÍTVÁ: 1908  
■ FOUNDED: 1908



A holnap villamos hálózatának új elemei



Vizualizáció szerepe az adatalapú döntéstámogatásban



A PÁGISZ



Kisfeszültségű üzemirányítási rendszer az E.ON Hungária áramhálózati társaságainál



Áramlás alapú és NTC alapú kapacitásaukciók összehasonlító vizsgálata, Első rész



Részvétel a felsőfokú oktatásban a Glóbusz túloldalán



Szabadvezeték vagy kábel a megoldás középfeszültségű hálózatokon?

**INNOVATÍV MEGOLDÁSOK A JÖVŐ  
VILLAMOENERGIA-ELLÁTÁSÁBAN**

112. ÉVFOLYAM

**2019/1-2**

[www.mee.hu](http://www.mee.hu)



**6. VÉDELMI ÉS**   
**IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI**  
**FÓRUM SIÓFOK**  
**2019. MÁJUS 28–30.**



6. ALKALOMMAL KERÜL MEGRENDEZÉSRE A MAGYAR  
ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET VÉDELMI ÉS IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI  
FÓRUMA. BŐVEBB INFORMÁCIÓ: [WWW.MEE.HU/VEDELMES](http://WWW.MEE.HU/VEDELMES)



**Felelős kiadó:** Haddad Richárd

**Szerkesztőbizottság elnöke:**

Hatvani György

**Tagok:**

Dr. Berta István, Béres József,  
Günthner Attila, Haddad Richárd,  
Dr. Horváth Tibor, Dr. Madarász György,  
Orlay Imre, Dr. Vajk István, Dr. Varjú  
György, Vinkovits András

**Témafelelősök:**

**Automatizálás és számítástechnika:**  
Farkas András  
**Energetika, atomenergia:** Hárfás Zsolt  
**Energetikai informatika:**  
Woynárovich András  
**Energetikai hírek:** Dr. Bence János  
**Oktatás:** Dr. Tóth Judit  
**Szabványosítás:** Somorjai Lajos  
**Szakmai jog:** Arató Csaba  
**Technikatörténet:** Dr. Antal Ildikó  
**Világítástechnika:**  
Némethné Dr. Vidovszky Ágnes  
**Villamos fogyasztóberendezések:**  
Dési Albert  
**Villamos gépek:** Marcsa Dániel  
**Tiszteletbeli rovatszerkesztő:**  
Jakabfalvy Gyula

**Tudósítók:**

Arany László, Kovács Gábor, Lieli György

**Szerkesztőségi titkár:** Andrassy Katalin

**Korrektor:** Fejér Petra

**Grafika:** Kőszegi Zsolt

**Nyomda:**

Innovariant Nyomdaipari Kft. Szeged

**Szerkesztőség és kiadó:**

1075 Budapest, Madách Imre u. 5. III. e.

**Telephely:**

1075 Budapest, Madách Imre u. 5. III. e.

Telefon: 788-0520

Telefax: 353-4069

E-mail: elektrotechnika@mee.hu

Honlap: www.mee.hu

**Kiadja és terjeszti:**

Magyar Elektrotechnikai Egyesület

Adóigazgatási szám: 19815754-2-42

**Előfizethető:**

A Magyar Elektrotechnikai Egyesületnél

Előfizetési díj egész évré: 6000 Ft + áfa

Kéziratokat nem őrzünk meg és nem  
küldünk vissza.

A szerkesztőség a hirdetések és a PR-  
cikkek tartalmáért felelősséget nem  
vállal.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Zrt.

1900 Budapest, tel.: 06-1-767-8262

**Index: 25 205**

**HU ISSN: 0367-0708**

## TARTALOMJEGYZÉK 2019/1-2

## CONTENTS 1-2/2019

<b>Gelencsér Lajos:</b> Előszó .....	<b>4</b>	<b>Lajos Gelencsér:</b> Editorial
<b>ENERGETIKAI INFORMATIKA</b>		
<b>Beke Tamás, Szirtes Máté:</b> A holnap villamos hálózatának új elemei .....	<b>5</b>	<b>Tamás Beke, Máté Szirtes:</b> New Components of Tomorrow's Electricity Network
<b>Dr. Rácz Georgina, Bálint Lilla, Vas Gergely:</b> Vizualizáció szerepe az adatalapú döntéstámogatásban .....	<b>8</b>	<b>Dr. Georgina Rácz, Lilla Bálint, Gergely Vas:</b> The Role of Visualization in Data Based Decision Support
<b>Hegedűs József:</b> A PÁGISZ .....	<b>11</b>	<b>József Hegedűs:</b> The PÁGISZ
<b>Berecz Gábor, Albert Zoltán, Dr. Vokony István:</b> Kiszűrésű üzemi irányítási rendszer az E.ON Hungária áramhálózati társaságainál .....	<b>13</b>	<b>Gábor Berecz, Zoltán Albert, Dr. István Vokony:</b> Low Voltage Operational Control Systems at the Electric Network Companies of E.ON Hungária
<b>Sütő Bence, Divényi Dániel, Sörös Péter Márk:</b> Áramlás alapú és NTC alapú kapacitásaukciók összehasonlító vizsgálata, Első rész .....	<b>17</b>	<b>Bence Sütő, Dániel Divényi, Péter Márk Sörös:</b> Comparative Examination of Flow Based and NTC Based Capacity Auctions
<b>Dr. Timár Peregrin László:</b> Részvétel a felsőfokú oktatásban a Glóbusz túloldalán .....	<b>21</b>	<b>Dr. László Timár Peregrin:</b> Participation in Higher Education on the Other Side of the Globe
<b>VILLAMOS ENERGETIKA</b>		
<b>Orlay Imre:</b> Szabadvezeték vagy kábel a megoldás középfeszültségű hálózatokon? .....	<b>22</b>	<b>Imre Orlay:</b> Overhead Line or Cable Solution on Medium Voltage Networks?
<b>TECHNIKATÖRTÉNET</b>		
<b>Dr. Kiss László Zoltán:</b> GANZ 750/420 kV transzformátorok tervezése és működése .....	<b>26</b>	<b>Dr. Zoltán Kiss László:</b> Design and Operation of GANZ 750/420 kV Transformers
<b>OKTATÁS</b>		
<b>Maza Gábor, Péli Balázs:</b> E.ON tanszék a PTE Műszaki és Informatikai Karán .....	<b>33</b>	<b>Gábor Maza, Balázs Péli:</b> E.ON Department at the Technical and IT Faculty of PTE
<b>INNOVÁCIÓ</b>		
<b>Novák Balázs:</b> Nemlineáris félvezetőréteg dielektromos modellezése véges elemes módszerrel .....	<b>34</b>	<b>Balázs Novák:</b> Dielectric Modeling of a Non-Linear Semiconductor Layers Using Finite Element Analysis
<b>ÚJ GENERÁCIÓ</b>		
<b>Visnovszky Lilla:</b> Napelemek volatilis termelésének kvalitatív vizsgálata .....	<b>38</b>	<b>Lilla Visnovszky:</b> Qualitative Examination of the Photovoltaic Generation of Solar Batteries
<b>EGYESÜLETI ÉLET</b>		
<b>Kovács Gábor:</b> Évzáró, tisztújító Pécsett .....	<b>20</b>	<b>Gábor Kovács:</b> Closing of the Year and Election of New Officials in Pécs
<b>Arany László:</b> Szakmai előadás: az „e-mobilitásról” .....	<b>43</b>	<b>László Arany:</b> Technical Presentation on E-Mobility
<b>Arany László:</b> Évértékelők, évzárók, „Hírlevél” és hogyan tovább (?) .....	<b>44</b>	<b>László Arany:</b> Annual Progress Reports, End of Year Events, “Newsletter”, and Next Steps (?)
<b>Orlay Imre:</b> EMT konferencia Tusnádfürdőn 2018-ban .....	<b>45</b>	<b>Imre Orlay:</b> EMT Conference in Tusnádfürdő in 2018
<b>NEKROLÓG</b>		
<b>Lernyei Péternek, az ő emlékére .....</b>	<b>46</b>	<b>In Memory of Péter Lernyei</b>
<b>HÍREK</b>		
<b>Megjelent a szabványossági (tűzvédelmi) felülvizsgálóknak szóló új jegyzet .....</b>	<b>12</b>	<b>New Memorandum Published for Standardization (fire safety) Inspectors</b>

## Kedves Olvasó!

Nagy megtiszteltetés, és egyben komoly kihívás számunkra, hogy az Elektrotechnika idei első száma az ÉDUKO és DÉDUKO közös mentorálása mellett jelenhet meg. A tartalom összeállításánál igyekeztünk e két régió aktuális szakmai fejlesztéseiről, egyesületi életéről szóló cikkeket is bemutatni, megőrizve a lap évtizedek során kialakított igényes, tudományos, informatív, szakmai tájékoztató, és közösségépítő szerepét.

Az elosztóhálózat hatékony fejlesztése és üzemeltetése állandó feladat számunkra, különösen a mai viszonyok között, amikor az informatikai, az energiatermelő technológiák, és a felhasználói igények kiszolgálása terén rengeteg új ötlettel, tervvel, lehetőséggel találkozunk. Ezen a területen a stratégiai döntéseknek évtizedekre kihatása van. De vajon van elég üzemi tapasztalaton is alapuló, strukturált információ a döntések meghozatalához? Ebben is segít bennünket az Elektrotechnika, amikor például az éppen kézben tartott példányban – vagy elektronikusan megnyitva – a holnap villamos hálózatának új elemeiről vagy a vizualizáció döntéstámogató szerepéről olvashatunk.

Mára Magyarországon eljutottunk arra a szolgáltatási szintre, amikor az elosztóhálózat kifizetésű, a legtöbb ügyfélkapcsolatot biztosító szegmensét vesszük távfelügyelet alá. Itt most megismerkedhetünk egy e területen megvalósított projekttel, melynél a szerzők számos gyakorlati információt osztanak meg egyebek mellett a funkciókról, fejlesztési és üzemeltetési tapasztalatokról.

Szabadvezetékes vagy kábeles hálózat megépítését tervezzük? Figyelembe vettünk minden jelentős befolyásoló tényezőt? Jól jönne némi megerősítés vagy



vélemény? Ebben a számban ilyen jellegű segítséget is kapunk.

Ritkán találkozunk életünk során olyan pillanattal, amikor magyar mérnökök munkájának eredményét a nagyvilág fejlesztőmérnökei számára is hasznos, tanulságos információként adhatjuk közre. Most, amikor a Ganz 750/420 kV-os transzformátorai már negyven éve megbízhatóan működnek, van okunk a csodálatra és az ünneplésre.

A jövő technológiáinak, működésmodelljeinek tudományos vizsgálata elengedhetetlen a bonyolult

gazdálkodási feltételekkel terhelt környezetünkben. E lapszámban kollégáink erről is gondoskodtak. Gondoljunk csak a napelemek termelésének becslésére, a félvezetőkben lezajló változások számíthatóságára vagy az áramlás alapú explicit kapacitáskalkulációs módszerekre.

Az iparág talán legnagyobb mai kihívása a képzettség és terület szerinti megfelelő elosztású szakemberutánpótlás kinevelése. Szerencsére vannak pozitív példák és kezdeményezések. A Magyar Elektrotechnikai Egyesület évek óta támogatja e folyamatot, most a győri és a pécsi eredményekből kapunk ízelítőt. Inspiráció lehet számunkra, hogy miként kezelik ezt a kérdést a „Glóbusz túlóldalán”.

Szakmai feltöltődést, hasznos információszerzést kívánok a cikkek olvasása közben!

Gérencsér Lajos  
DÉDUKO-elnök

A Magyar  
Elektrotechnikai  
Egyesület  
kiemelt támogatói:



Beke Tamás, Szirtes Máté

## A holnap villamos hálózatának új elemei

### Beszámoló az Energetikai Szakkollégium előadásáról

**Bevezető: 2018. október 4-én rendezte meg az Energetikai Szakkollégium az őszi, VET125 emlékfélévének harmadik előadását. Az esemény során a résztvevők Pintér Lászlótól, az E.ON Hálózati Innovációs Osztályának vezetőjétől hallhattak előadást arról, milyen innovatív megoldásokat tervez, illetve hozott létre a cég a közelmúltban, hogy a villamosenergia-hálózatot ért változásokhoz minél jobban alkalmazkodjon.**

a hatalmas méretű adathalmazok kezelési módjainak gyűjtőneve) vagy a mesterséges intelligencia alkalmazása. Szintén fontos tényező, hogy a mai társadalmunk egy elöregedő társadalom, így a fogyasztói szokások is nagymértékben változnak. A hálózatot érő változó hatásokon túl további kihívások is jelen vannak, úgymint a hálózat öregedésének problémaköre, valamint a szakképzett, jó munkaeőre egyre égetőbb hiánya. Ez utóbbi fő okai között szerepel a nagymértékű fluktuáció, a tradicionális technikus képzés megszűnése, vagy maga a szakma iránti érdeklődés hiánya. Ennek egyik megoldása lehet a digitalizáció, azaz az algoritmizálható feladatok esetén a humánerőforrások gépi kiváltása. Szintén problémaként jelentkezik az elosztott energiatermelés integrálása a meglévő rendszerbe. Napjainkban olyan új fogyasztói magatartások jelennek meg, melyeknek szerves részei az egyre inkább teret nyerő okos eszközök, melyek megfelelő beállításával a lakások energiát spórolhatnak, hatékonyabban működhetnek.



1. ábra Modern otthoni hálózat és eszközei

### 1. MIÉRT IS VAN SZÜKSÉG AZ ÚJÍTÁSOKRA?

Az E.ON csoport nemcsak Magyarországon, de egész Európában jelentős szerepet vállal az elosztói villamosenergia-hálózat felügyeletében, karbantartásában és megújításában. Ez csak itthon közel 84 500 km hosszú hálózatot jelent. Emiatt az E.ON, valamint a hozzájuk hasonló, nagy hálózati engedélyes cégek számára is létkérdés alkalmazkodni a hálózatot érő új hatásokhoz. Ilyen új kihívás például a klímaváltozás hatásainak kezelése, valamint az egyre jobban teret nyerő dekarbonizáció és a zöldenergia-termelés részarányának növekedése is. A fogyasztók közül egyre többen törekszenek függetlenségre, energetikai önellátásra, melynek eredményeképp kevésbé használják a hálózati infrastruktúrát, igényeik átalakulnak.

Fontos továbbá megemlíteni, hogy a digitalizáció napjainkra már az energetika területén is egyre jobban teret nyer. Nem ritkák az olyan technológiai megoldások, mint az IoT (az angol „Internet of Things” rövidítéséből) vagy BigData (amely

nek. Mindezek megfelelő kezelésére a cég egy adaptív döntési struktúrát is kidolgozott különböző forgatókönyvekkel. A jövőben elképzelhető scenáriók egyik véglete, hogy a zöldenergia iránti igény teljesen megszűnik (fúziós erőmű, vagy például a szupravezetős tárolás megvalósításával), míg egy másik lehetséges véglet az, hogy egyáltalán nem lesz szükség hálózatra, mivel az emberek a jövőben majd önállóan vagy kis közösségekbe rendeződve termelik meg a számukra szükséges energiát. A módszer lényege, hogy a különböző forgatókönyvek hálózatra gyakorolt hatásai ismertek, így a környezet időszakos felülvizsgálatával egy pontosabb kép határozható meg a hosszú távú kilátásokkal kapcsolatban.

A stratégiát 20-25 évvel előre tervezik, azonban a konkrét döntéseket csak az elkövetkezendő 2-3 évre hozzák meg. Az aktuális döntésekhez először is csoportosítani kell a hatásokat, meg kell nézni a jelenlegi hatékonyságot, majd ennek fényében kell meghozni a stratégiai lépéseket a beruházások jellegét és mértékét illetően.

## 2. MEGVALÓSULT INNOVATÍV FEJLESZTÉSEK

A konvencionális hálózatfejlesztések közé tartozik például a villamos táppontok sűrítése, a villamos távvezetékek keresztmetszeteinek növelése vagy a hálózati elemek cseréje. A cég ezeken felül számos innovatív megközelítést is alkalmaz/tervez tesztelni, mint például a hálózati energiatároló használata, a terhelés alatti fokozatszabályozásra alkalmas közép-/kisfeszültségű transzformátorok, inverterek szabályozása, vonali feszültség szabályozó avagy fogyasztói befolyásolás.

Energiatárolásra a számos szóba jövő megoldás közül lítiumion technológiájú akkumulátortelep választottak Levelek térségében, melyek telepítése ma még viszonylag magas költségekkel jár, de a jövőben ezek csökkenése várható, ezáltal a konvencionális hálózatfejlesztési megoldások egy valós alternatívája lehet.

Egy másik innovatív megoldás lehet a fogyasztói befolyásolás, mely többféle módon is megvalósítható: alkalmazhatunk például smart mérőket, ahol a tarifa változtatható annak fényében, mikor vételezzük a villamos energiát.



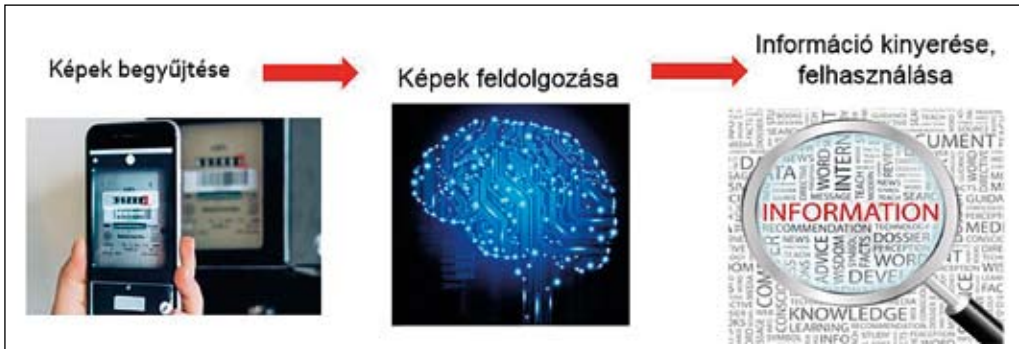
2. ábra Energiatároló Levelek térségében



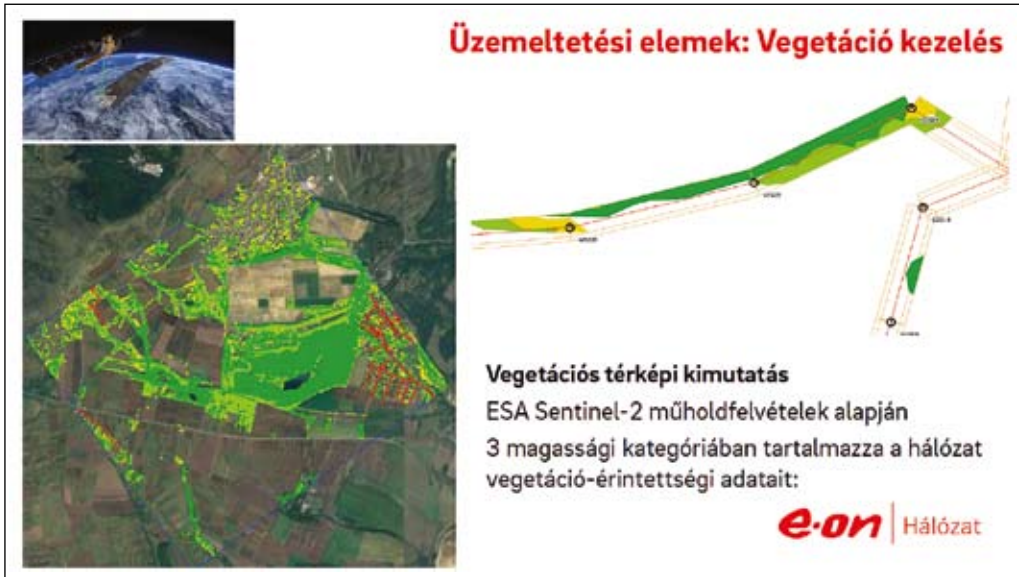
3-4. ábra Microsoft HoloLens a karbantartási munkák segítésére

Ezek működését segítik az okos eszközök, amelyeknél alapvető tulajdonság a pillanatnyi fogyasztás gazdaságosságának mérlegelése. Ez a megoldás az előadó elmondása szerint csak olyan esetekben kivitelezhető, ahol az adott tevékenység elvégzésének ideje nem élvez prioritást a fogyasztó szempontjából. (Pl.: az, hogy az adott lakossági fogyasztó hétvégén melyik napszakban töltsse az elektromos autóját, ha az egyébként egész nap a garázsban áll.)

A fogyasztói befolyásolási rendszer kialakításának első lépése – melyet az előadó a 3SMART Interreg által támogatott nemzetközi projekten keresztül mutatott be – egy olyan épület-energiamenedzsment rendszer kialakítása, amely a komfortérzet figyelembevételével optimalizálja az épület működését úgy, hogy az energiafelhasználás szempontjából hatékony is legyen. Az energiamenedzsment rendszer három modulból épül fel. A legelső szint az épület szint modul, amely biztosítja az optimális energiaellátást az épületrészek között. A hierarchiában az úgynevezett HVAC modul a második szint, ez a fogyasztói hűtési/fűtési energiaigények teljesülését biztosítja. A legfelső szintnek a microgrid modul felel meg, amely az energiatárolók és -termelők vezérléséért felel, illetve kapcsolatot teremt a hálózattal energiamenedzsment rendszerrel. A fogyasztói befolyásolás pedig épp ezen a kapcsolaton alapul, ugyanis, ha az egyetemes szolgáltató a fogyasztási profilnak megfelelő, mindkét fél számára kedvező ajánlattal tud szolgálni, a fogyasztó „rábíráható” arra, hogy megfelelő ellenszolgáltatás érdekében akkor (ne) fogyasztson, amikor az a hálózat számára kedvező.



5. ábra Mérőhelyi fotókat ellenőrző rendszer koncepció



6. ábra Műholdas rendszer a növényzet potenciális problémáinak felfedezésére

### 3. IT AZ ELOSZTÓHÁLÓZATON

Az üzemeltetési és üzemirányítási rendszerekben szintén alkalmaznak újításokat. A hibabejelentések hatékonyabb kezelése érdekében született meg a műholdas rendszer, amely utca szinten ábrázolja, hol futnak az adott területen vezetékek. A kifeszültségen is alkalmazott üzemirányítási rendszer segítségével az E.ON képes számos folyamat együttes kezelésére.

Ezek a rendszerek különféle információkkal szolgálnak a hálózat állapotával kapcsolatban. Szintén újításnak számít az ún. Hololens (Microsoft) szoftver alkalmazása is. Ez egy terepi szerelők számára kifejlesztett eszköz, amely segítségével a karbantartó a valóságra „rövetítve” látja, hogy hol futnak az egyes kábelek a föld alatt, valamint azt, hogy az adott helyeken milyen feladatot kell épp ellátnia. Segítségül lekérhet online rendszerekben elérhető dokumentációkat, útmutatókat is. Ezen felül tájékoztatást kap az aktuális hálózati paramétereiről, valamint akár a legutóbbi karbantartás időpontjáról is.

A jövőben számos előnnyel kecsegtet a hálózati bejárás automatizálása. A terepen kollégák által végzett bejárást helyettesíti majd olyan eljárás, amely során drónképek, illetve személyautóról készített képek elemzése történik meg. Ez a rendszer kiegészíthető egy neurális hálózaton alapuló szoftverrel, amely képes a készített felvételekből álló tanító

adathalmaz segítségével tanulni. A drón vagy autó menet közben felismeri a tárgyakat, beméri azokat, majd egy 3D modellt alkot belőlük, melyek alapján következtetéseket lehet levonni az egyes hálózati elemek állapotáról.

Szintén az automatizálás felé mutató lépés, hogy egy mérőhelyi fotókat elemző rendszer is kifejlesztésre került. A projekt keretében a mérőórákról készített képekről algoritmusok automatikusan felismerik az elemzéshez szükséges adatokat. A rendszer hatékonysága jelenleg 99,9% körüli, amely egyben azt is jelenti, hogy hatékonyabb, mint az emberi munkaerő által készített elemzés.

Végül, de nem utolsósorban, a vegetáció kezelése is kiemelten fontos feladat a vállalat számára. Ennek keretében azt vizsgálják, a növényzet milyen potenciális problémákat okozhat a hálózati infrastruktúra működésében. A módszer

lényege, hogy egy műholdas felvétel alapján a hálózatról kép készül, melynek megfelelő kiemzésével csökkenthető a hálózati üzemzavarok száma, automatizáltan meghatározható a vegetáció kezelésre szoruló helyszínek listája.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Pintér László:** A holnap villamos hálózatának új elemei, Energetikai Szakkollégium nyilvános előadása, Budapest, 2018. 10. 04. – előadás diasora ([https://www.eszk.org/files/A\\_holnap\\_villamos\\_.pdf](https://www.eszk.org/files/A_holnap_villamos_.pdf)), letöltve: 2018. 11. 26.
- [2] **Beke Tamás:** Beszámoló: A holnap villamos hálózatának új elemei, beszámoló az Energetikai Szakkollégium nyilvános előadásáról ([https://www.eszk.org/files/A\\_holnap\\_villamos\\_beszamolo.pdf](https://www.eszk.org/files/A_holnap_villamos_beszamolo.pdf)), letöltve: 2018. 11. 26.



**Beke Tamás**  
Energetikai Szakkollégium  
beke.tamas@eszk.org



**Szirtes Máté**  
Energetikai Szakkollégium  
szirtes.mate@eszk.org

# Vizualizáció szerepe az adat-alapú döntéstámogatásban

Tanulmányunk célja a szekunder adatbázisokon végzett elemzési lehetőségek ismertetése. A szekunder adatbázisok definiálása után egy konkrét üzleti problémát mutatunk be. A KÖF üzemzavari térképek példáján keresztül ismertetjük az adatelemzési módszerek és a szekunder adatbázisokban tárolt információk viszonyát. Esettanulmányunkban bemutatjuk, hogy az üzemzavari események rendhagyó megjelenítésével hogyan teremthető üzleti érték a vállalati adatvagyon feldolgozásával. Gyakorlati példánkban a következő elemzési fázisok tapasztalatait összegezzük: (1) adattisztítás és hibakategóriák képzése, (2) üzemzavar darabszámok meghatározása, (3) adatbázis kapcsolatok megteremtése és ábrázolási adatstruktúra kialakítása, (4) XML struktúra leképzése és megjelenítés.

A bemutatott elemzési eljárás eredményeként két fő megállapításra mutatunk rá: (1) az adatelemzési módszertant a rendelkezésre álló információkhoz igazítva, korszerű megjelenítési formát alkalmazva jelentős üzleti érték teremthető; (2) a szekunder adatbázisok feldolgozásával kijelölhetők azok az adatbázis fejlesztési irányvonalak, amelyek a jövőben lehetővé teszik a gyors és pontos beavatkozások tervezését, az egyre hatékonyabb erőforrás allokációt.

## 1. BEVEZETÉS

A vállalati szférában legtöbb esetben szekunder adatbázisokkal dolgozunk amikor adatelemzést végzünk. Az ilyen típusú adatbázisok, sajátosságukból adódóan számos előnyük mellett, sokszor olyan struktúrában tárolják a vállalati információt, amely megnehezíti az adatelemzési cél megvalósítását. Tanulmányunkban a szakirodalom alapján röviden összefoglaljuk a szekunder adatbázisok fő jellemzőit, ismertetjük a rendelkezésre álló információ és az adatelemzési módszerek kapcsolatát. Az elméleti keret alapján egy olyan gyakorlati esetet mutatunk be, amely jól szemlélteti a szekunder adatbázisok pozitív és negatív jellemzőit. A feldolgozott esettanulmányban a KÖF (középfeszültségű) szabadvezetékes hálózat üzemzavari adataiból kiindulva ismertetjük, hogyan módosulhat az adatelemzésre cél a rendelkezésre álló információknak megfelelően, és milyen hozzáadott értékkel bír az elemzéssel támogatott döntéshozatal, ha nem prediktív modellezésről beszélünk.

## 2. ADATELEMZÉS A MODELLEZÉSEN TÚL

### 2.1. Elméleti kitekintés

Az adatelemzési eljárások alapvetően két csoportba sorolhatók: primer és szekunder kutatás. Primer kutatás esetében az adott témával kapcsolatos információk még nem állnak rendelkezésre, azokat adott helyen és időben, a kutatás céljának megfelelően vesszük fel (pl. kérdőíves megkérdezés). A szekunder kutatások jellemzője ugyanakkor, hogy az információ már rendelkezésre áll, ugyanis más célból, már korábbi időpontban tárolták azt. A szekunder információk közé sorolhatók a vállalat belső adatai, ezért mikor vállalati adatvagyonról beszélünk, az alatt a szekunder adatokat értjük. (Lehota, 2001)

A vállalatnál felhalmozott szekunder információk az elemzési feladat szempontjából számos előnnyel és hátránnyal rendelkeznek. Előnyök közé sorolható (Tamus, 2011):

- a gyors elemzési lehetőség,
- a kedvező költség (primer kutatás adatfelvételéhez viszonyítva),
- és az időbeli összehasonlítás lehetősége.

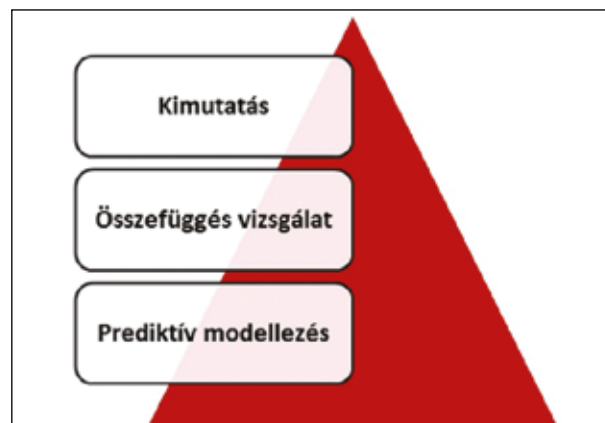
A szekunder adatok hátrányai:

- az elemzési céltól eltérő szempontok szerint gyűjtötték,
- megbízhatósága, aktualitása kérdéses,
- nem mindig releváns és pontos,
- az adatok struktúrája, részletessége nem mindig elegendő.

A vállalati adatelemzés során a szekunder adatok sajátosságai mellett gyakran tapasztaljuk, hogy az elemzési célt szolgáló információkat egymástól függetlenül működő, eltérő struktúrával rendelkező adatbázisokban tárolják. Így a legtöbb elemzési projekt adatbányászati feladatnak tekinthető, ahol az elsődleges teendő a különböző adatbázisok összekapcsolásával a rejtett struktúrák és interakciók feltárása.

Legtöbb esetben az adatbázisok összefűzése után konkretizálható, hogy az elemzési célhoz képest milyen jellegű statisztikai vizsgálatok végezhetőek el a keletkezett adatkörön. Az adatok struktúrájától, mennyiségétől és minőségétől függően három elemzési típusról beszélhetünk (1. ábra):

- kimutatás – különböző rendszerekben tárolt adatok strukturált megjelenítése,
- összefüggés vizsgálatok – ok-okozati kapcsolatok értékelése és
- prediktív modellezés – előrejelzések, kockázati modellek felállítása.



1. ábra Adatelemzési módszerek és a rendelkezésre álló adatok kapcsolata Forrás: Saját szerkesztés, 2019

Tanulmányunk további részében egy gyakorlati példán keresztül mutatjuk be, hogy a modellezési adatigényekhez viszonyítva kevésbé részletes és mély információk megfelelő strukturálása hogyan képes hozzáadott értéket teremteni a vállalati folyamatokban.

### 2.2. Esettanulmány: KÖF üzemzavari térkép

Az E.ON elosztó társaságainál a KÖF üzemzavari eseményeket az üzemirányítási rendszerben rögzítik hálózatfejlesztési és adatszolgáltatási céllal. Az adatbázis struktúrája kötött, több évre visszamenőleg elérhető a hibajelentések. 2017-ben célul tűztük ki a kockázatos KÖF szabadvezetékek műszaki jellemzőinek meghatározását, tehát egy kockázati modell felállítását.

Az elemzési alapadat struktúra két szekunder adatbázis összekapcsolásával alakult ki:

- az üzemirányítási rendszerben tárolt hibaesemények,



– a térinformatikai rendszerben tárolt KÖF hálózati műszaki jellemzők.

A szekunder adatbázisokra jellemzően a két alaprendszer egymástól függetlenül, eltérő céllal üzemel, adatelemzési szempontból viszont nélkülözhetetlen a két rendszerben tárolt adatok egymáshoz rendelése. Az üzemirányítási rendszerből ismerjük a hiba

időpontját, az okát, a meghibásodott hálózati elemet és a hibával érintett műszaki helyet (hálózatszakaszok mérettől és felhasználói igénytől függő azonosítója, ez esetben a hiba térbeli pozícióját határozza meg). Térinformatikai rendszerünk tartalmazza a KÖF hálózat már említett műszaki paraméterein túl a nyomvonal törésponti koordinátáit, és a műszaki helyet. A két adatbázis közötti kapcsolatot tehát a műszaki hely teremti meg, így annak pontos rögzítése mindkét oldalon elengedhetetlen az adatvesztés elkerülése céljából.

Az elemzési alapadat struktúra építése során megtapasztaltuk a szekunder adatbázisok előnyeit és hátrányait. Fő előny a gyors elérhetőség volt strukturált formában. Legnagyobb hátránya pedig, hogy nem az elemzés céljából gyűjtötték (kockázatos vezetékszakaszok műszaki paramétereinek azonosítása). A két adatbázis együttes vizsgálatakor a következő, modellezést nehezítő tényezőket állapítottuk meg:

- a műszaki okból bekövetkező hibák száma a KÖF szabadvezetékes hálózaton alacsony (külső környezeti okra visszavezethető hiba nem jelezhető előre),
- a térinformatikai rendszer nem kezeli a történetiséget (ha a hiba óta cserélték a hálózati elemet, nem ismerjük a hiba időpontját jellemző műszaki paramétereket),
- a hibák kevesebb mint 10%-át okozza olyan hálózati elem, amely műszaki paraméterei a térinformatikai nyilvántartás alapján ismertek.

A fenti szempontok ismeretében a műszaki kockázati modell kialakítását elvetettük, az elemzést viszont tovább folytattuk. Új adatelemzési célként megtartottuk a szekunder adatforrások eredeti funkcióját, a hálózatfejlesztés támogatását. A rendelkezésre álló információk a kimutatások készítését tették lehetővé. Ez esetben a kimutatás egyediségét a megjelenítési mód adta, azaz nem Microsoft Excel alapú statisztikai mutatókat állítottunk elő, hanem térben helyeztük el az információt.

Ahhoz, hogy a vállalati folyamatokat támogatni képes üzemzavar térképeket állítsunk elő, a következő adatbányászati és elemzési lépéseket tettük meg:

1. adattisztítás,
2. hibakategóriák képzése,
3. üzemzavar darabszámok meghatározása,
4. adatbázis kapcsolatok megteremtése,
5. ábrázolási adatstruktúra kialakítása,
6. XML struktúra leképzése,
7. megjelenítés.

### Adattisztítás és hibakategóriák képzése

Minden adatelemzési feladat első fázisa az adattisztítás, hogy minimalizáljuk a rendszerszinkronokból és kézi adatbevitelből adódó esetleges hibákat, adatvesztéseket. Ahogy már említettük, a KÖF üzemzavar térképek elkészítéséhez az üzemirányítási rendszerben nyilvántartott adatok közül az üzemzavar időpontját, az okát, a meghibásodott hálózati elemet és az üzemzavar helyét meghatározó műszaki helyet



2. ábra Hibakategóriák szerepe a térképi megjelenítésben (Forrás: Saját szerkesztés, 2019)

használtuk. Az adattisztítási fázisban tehát ezen elemek vizsgálatára koncentráltunk. Két fő adathiba csoportot különítettünk el, az egyik a műszaki helyekre, a másik az üzemzavar okára vonatkozott.

Az adathibákat természetesen az automatizálhatóság szempontjából vizsgáljuk, tehát ami kézi adatfeldolgozás során értelmezhető (pl. egy mezőben több műszaki hely veszővel elválasztva), az az automatizálásnál hibának számít és kezelni kell. A műszaki helyek esetén két típushibát azonosítottunk. Az egyik, amikor teljesen hiányzott a műszaki hely megjelölése, ezeket az eseteket az ábrázolásból ki kellett zárni, hiszen nem tudjuk lokalizálni. A másik, amikor a műszaki hely kódja elütést tartalmazott, vagy több kód került egy mezőbe, esetleg kiegészítő információkat is tartalmazott a mező a műszaki hely mellett. A második típusú hibákat algoritmusmal kezeltük, így nem okoz adatvesztést, későbbi adatfeldolgozás esetén az algoritmus képes az azonnali javításra.

A hibakategóriák képzése során hat gyűjtőkategóriát képeztünk, amelyek egyértelműen orientálnak a hiba típusára. A műszaki kategória olyan hibákat tömörít, amelyet a hálózati elem állapota okozott, míg a környezeti a külső, pl. időjárási eseménnyel összefüggő üzemzavarokat tartalmazza. Az adattisztítási fázis során feltártunk olyan eseteket, ahol a hiba oka nincs meghatározva, a műszaki hely viszont azonosítható. Hogy az adatvesztést elkerüljük, létrehoztunk egy nem kategorizálható csoportot, amely a hiányosan kitöltött üzemzavari eseteket tömöríti.

Ahogy a 2. ábrán látható, a térképi megjelenítésnél a képzett kategóriák teszik lehetővé az elsődleges szűrést. A választó négyzetek használatával állíthatjuk be, milyen típusú hibát szeretnénk megjeleníteni, pl. csak műszaki vagy csak környezeti hibát.

### Üzemzavar darabszámok meghatározása

Az üzemzavar darabszámok meghatározásánál elsődleges kérdés volt az időszak megválasztása, azaz milyen időintervallumon összesítsük az üzemzavari eseményeket. Ebben az esetben a hálózatfejlesztési dossziéknál használt időszakot választottuk alapul, így az elmúlt három év összesített hibaszámait állítottuk elő négy csoportban:

- összes hiba a szakaszon 2016-2018,
- összes hiba a vonalon 2016-2018,
- képzett kategóriánkénti összes hiba a szakaszon 2016-2018,
- képzett kategóriánkénti összes hiba a vonalon 2016-2018.

A fenti hibaszám bontás lehetővé tette, hogy a térképi megjelenítés során egy műszaki helyet kiválasztva négy hibaszám kategóriában nyújtsunk információt (3. ábra).

### Adatbázis kapcsolatok megteremtése és ábrázolási adatstruktúra kialakítása

Az adatbázis kapcsolatok megteremtésének célja a térinformatikai rendszerben és üzemirányítási rendszerben

tárolt információk együttes kezelése. Láthatjuk, hogy az üzemirányítási rendszerből kinyerhető az üzemzavarokkal kapcsolatos adatok. Ezeket az adatokat a térinformatikai rendszerből olyan információkkal egészítettük ki, amelyek lehetővé teszik a térképi megjelenítést, illetve a gyakorlati munka során támogatják a nagyobb környezet gyors azonosítását. Ezek az információk a következők:

- KÖF szakasz nyomvonalának törésponti koordinátái,
- műszaki hely megnevezése (kódszám helyett),
- áramkör,
- üzemi feszültség.

A kiegészítő információkkal teljessé vált az ábrázolási adatstruktúra, amely tartalmazta a szűrési feltételeket (2. ábrán megjelenített módon) és a szakasz szinten megjeleníthető kiegészítő információkat (3. ábra).

### XML struktúra leképzése és megjelenítés

Az ábrázolási adatstruktúra Excel exportja után egy saját készítésű, automatizált folyamat teszi lehetővé az XML struktúra képzését. Ehhez Excel makrókat használunk, amely előre definiált módon leképezi azt a „kmz” állományt, amely a Google Earth programmal megnyitható, és a KÖF üzemzavari térkép használatba vehető. Ez az eljárás lehetővé teszi, hogy az üzemzavari térképeket személyre szabjuk, hiszen bármely eleme könnyen változtatható.

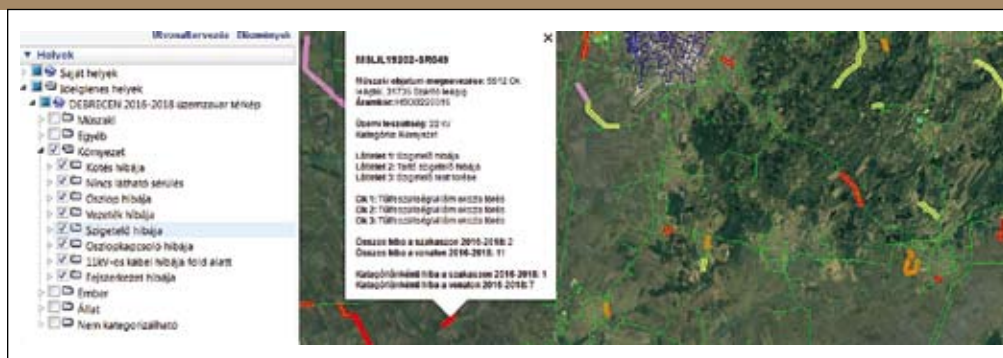
A 3. ábrán látható, hogy két egymástól független rendszerben tárolt adathalmaz elemzésével lehetőségünk van a terepi munkát nagy mértékben támogató elemzés készítésére. A KÖF üzemzavari térképek ereje az Excel táblákban és egyéb adatbázisokban tárolt adatok térbeli elhelyezésében van. A térképi megjelenítésnél a szűrő mezők egyszerű kezelése (jelölő négyzetek használata) lehetővé teszi a kívánt hibatípusok gyors elérését. A színezés segíti a további tájékozódást, hiszen itt a meghibásodott hálózati elem típusát jelöli (pl. a szigetelő hibája minden fő kategóriában ugyanolyan színnel jelenik meg). A szövegbuborék lehetővé teszi, hogy a térkép átlátható maradjon, viszont olyan kiegészítő információt tartalmazzon, amelyekre a terepi és fejlesztési munka során szükség van (pl. áramkör kód).

A térképi megjelenítés biztosítja tehát, hogy a gyakorlati munka során (hálózatfejlesztési tervek készítése, üzemi gyakorlat) ne csak összesített üzemzavar számokat lássunk, hanem konkrétan a hálózathoz rendelve értékelhessük azokat. A megjelenítési struktúra az automatizált folyamatoknak köszönhetően bármikor, rövid időn belül módosítható, így az egyedi térképek készítése megvalósítható (pl. negyedévenként összeállított hibaszámok megjelenítése – időben láthatóvá válik adott területen a hibák alakulása; normál és rendkívüli üzemzavari állapotok kiemelése; csak bizonyos hálózati elemek ábrázolása).

A saját fejlesztéseknek köszönhetően, az esettanulmány témáján túl, számos, a hálózati gyakorlatban támogató funkciót betöltő megjelenítést alkalmazunk: gallyazási térkép, hálózati bejárások térképes támogatása, KÖF/KIF transzformátor állomások üzemzavari térképe.

### 3. ÖSSZEFOGLALÁS

A KÖF üzemzavari térkép kialakításának folyamata jól szemlélteti a szekunder adatbázisokban rejlő lehetőségeket és



3. ábra KÖF üzemzavari térkép Forrás: Saját szerkesztés, 2019

akadályokat. A szükséges információk ugyanis strukturált formában tároltak, gyorsan elérhetőek. Mind az üzemirányítási, mind a térinformatikai rendszert jellemzi, hogy az ott tárolt adatokat nem elemzési célból gyűjtötték. Az esettanulmány igazolja, hogy a szekunder adatbázisokon végzett adatbányászati és elemzési projektek során maga a gyűjtött információ fogja meghatározni az elemzési módszertant, tehát a szakértőnek igazodnia kell az adathoz. Az üzemzavari térképek, vagyis az információ térbeli ábrázolása a hálózati gyakorlatban meghatározó értékkel bír, mind a hálózatfejlesztési, mind a beruházási döntéshozatal során. Az esettanulmány az elemzési módszertan helyes megválasztása mellett még egy elemzési aspektusra hívja fel a figyelmet. Az üzemzavari állapotok értékelésével láthatóvá vált, hogy a jövőben milyen feladatok állnak előttünk. Amennyiben kockázat alapú karbantartási munkákat szeretnénk folytatni, a rendelkezésre álló adatainkat kell a célhoz alakítanunk. Ez tudatos hálózati adatépítést és a rendszerkapcsolatok tudatos kialakítását jelent. Ennek érdekében új térinformatikai rendszerünket úgy tervezzük, hogy mind a történetiség, mind az elemzési eredmények, mind pedig a külső adatbázisok integrált megjelenítése kiemelt funkcióként jelenjen meg.

#### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Lehota J.:** Marketingkutató az agrárgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2001
- [2] **Tamus A.:** Marketingkutató gyakorlata. Saldo Kiadó, Budapest, 2011



#### Dr. Rác Georgina

Adatelemzési szakreferens  
Eszközinformációs osztály  
E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt.  
[georgina.racz@eon-hungaria.com](mailto:georgina.racz@eon-hungaria.com)



#### Bálint Lilla

Friss diplomás munkatárs  
Eszközinformációs osztály  
E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt.  
[lilla.balint@eon-hungaria.com](mailto:lilla.balint@eon-hungaria.com)



#### Vas Gergely

Eszköz információs szakreferens  
Eszközinformációs osztály  
E.ON Tiszántúli Áramhálózati Zrt.  
[gergely.vas@eon-hungaria.com](mailto:gergely.vas@eon-hungaria.com)

Hegedűs József

## A PÁGISZ

**PÁGISZ. Győrben elég ennyit mondani. És az ország valamennyi villamos szakképző intézményében is. Alig több mint ötven év alatt az ország egyik legjobb szakképző iskolájává vált a Győri Műszaki SZC Pattantyús-Ábrahám Géza Ipari Szakgimnáziuma és Szakközépiskolája. Most az Elektrotechnika olvasóinak szeretnénk bemutatni az iskolát, a szakképzést, a közösséget, a nevelést, vagyis azt, amit mindenki úgy ismer, hogy PÁGISZ.**

### AZ ISKOLA BEMUTATÁSA

1963-ban, az akkor fellendülőben lévő ipar igényelt Győrben egy villamos szakképző iskolát. Megalakult a Gárdonyi Géza utcai Gimnázium, amelyben ismert gimnáziumokból, mint például a Révai Gimnázium, és az iparból, mint a Győri Vagongyár, érkeztek az első generáció tanárai. Talán már ekkor eldőlt a színvonal!

A változás és az állandóság az iskolánk két legfontosabb jellemzője. Változott az oktatott szakmák összetétele: volt gépészet, autóvillamosság, épületvillamosság, erőáram, gyengeáram, automatika, de a villamos képzés örökös. Változtak a tanárok is, de mindig voltak, és vannak ma is kiemelkedő, az egész országban ismert kollégák. Változott a fenntartó és változott a helyszín is, ma már nem a Gárdonyi Géza utca 10.-ben, hanem az Ikva utca 70.-ben van az iskola épülete, de Győr a városunk. Változnak a pedagógiai módszereink is, ma már oktatási portál is segíti a szakképzést, de változatlan a nevelés. Nálunk köszönnek a diákok és a tanárok, tisztelik és becsülik egymást, ami nagy szó manapság! És változnak az érkező diákjaink is, de változatlan a távozó, végzett diákjaink szeretete! Akár az utcán találkozunk velük, akár ők látogatnak el az almaméterbe, akár segítséget kérünk egymástól, az mindig bensőségesen zajlik. Az ország számos – a régió szinte valamennyi – villamos tevékenységet folytató üzeme, vállalkozása nélkülözhetetlen mérnökei, technikusai a nálunk végzett szakemberek. És ez azt jelenti, hogy ebben az intézményben több van, mint egy „átlagos” iskolában. Talán a tanárok, talán a vezetés, talán a diákok, talán a hely? Mi magunk sem – és ez a cikk sem – tudjuk jól megfogalmazni, hogy miért? Talán nem is ez a fontos!

### A KÉPZÉSI KÍNÁLAT

2019 őszétől az alábbi szakmákban hirdettünk felvételt:

- Erőáramú elektrotechnikus (OKJ 54 522 01)
- Automatikai technikus (OKJ 54 523 01)
- Elektronikai technikus (OKJ 54 523 02)
- Infokommunikációs hálózatépítő és üzemeltető (OKJ 54 481 03)
- Villanszerelő (OKJ 34 522 04)

Ötéves képzést biztosítunk. A technikus szakmáknál 4+1, a villanszerelőnél 3+2 rendszerben. A leendő technikus végzettséget adó szakgimnáziumi osztályoknál az első négy év fő célja a sikeres érettségire való felkészítés, illetve a szakma alapjainak elsajátítása. A tanulóknak a magyar nyelv és irodalom, a történelem, matematika, idegen nyelv tantárgyak

mellett szakmai érettségi vizsgát is kell tenniük. A tanulók szakképesítést is kaphatnak az érettségi bizonyítvány mellé. A technikus bizonyítvány megszerzéséhez az érettségit követő technikus évfolyam elvégzése, illetve a szakmai vizsga sikeres teljesítése szükséges.

### AZ OKTATOTT SZAKMÁK RÖVID BEMUTATÁSA:

Az erősáramú elektrotechnikusok (és nagyrészt ez jellemző a villanszerelőre is) mérési és gyakorlati feladataikban egyre nagyobb szerepet játszik a teljesítményelektronika, az ipari számítástechnika. Ismerik a különböző technológiai folyamatokat kiszolgáló erősáramú villamos berendezések, gépek tulajdonságait és működését, az ezeket felügyelő és irányító villamos automatikákat és védelmeket. Képesek az ipari számítógépek (PLC), intelligens épületek (KNX) programozására, működtetésére is.

Az automatikai technikusok az elektronikai szakiránynak megfelelően alaposan foglalkoznak az analóg és digitális technikával. A gazdasági élet különböző területein mérnöki felkészültséget nem igénylő, önműködő, automatizált vagy ipari számítógéppel vezérelt berendezések irányítási, karbantartási, üzemeltetési, ellenőrzési feladatainak ellátására lesznek alkalmasak.

Az elektronikai technikusok részletesen foglalkoznak az elektronikai technológiával, az ipari elektronika területével. Részt vesznek analóg és digitális elektronikai, teljesítményelektronikai, műszertechnikai, irányítástechnikai áramkörök, készülékek tervezésében. Elvégzik az áramkörök, készülékek, berendezések gyártását, szerelését és üzembe helyezését.

Az infokommunikációs hálózatépítő és üzemeltetők feladata a fizikai hálózatok kiépítése. Ebben a körbe tartozik az összeköttetések kiépítése, a kábelek behúzása, a kötések és a végpontok szerelése. A kiépített hálózathoz a végberendezések csatlakoztatása, üzembe helyezése, és az igényeknek megfelelő installálás. Képes detektálni a keletkező hibahelyeket, feltárni, és kijavítani a hibákat.

### DUÁLIS PARTNEREK

Már az elmúlt „évezredben” is vettünk részt nemzetközi versenyeken, de 2006 óta, amikor Magyarország csatlakozott a szakmák nemzetközi versenyéhez (Eurosikills, Worldskills), figyelünk mi is jobban más országok szakképzésére. Ausztria, Németország az utóbbi időben rendre jól teljesít ezeken a versenyeken. Megnéztük, ők hogyan készítik fel a diákjaikat, és láttuk, hogy az ipar segítségével. A duális képzés lehetővé tette, hogy mi is segítőt keressünk. Mára az alábbi partnerek segítik szakképzésünket úgy, hogy saját tanműhelyeikben és üzemeikben végzik a diákok gyakorlati képzését:

- AUDI Hungaria Zrt.,
- NEMAK Győr Kft.,
- ENGINEERINSTRUMENTS Kft.,
- Busch-Hungária Kft.,
- Melecs Győr,
- VILL-KORR Hungária Kft.

De nem csak közvetlenül segítenek a gyakorlati oktatásban az ipari szereplők. Többben, mint pl. a Legrand Zrt., a Schneider Electric, a NEMAK Győr Kft., a Vill-Korr Hungária Kft. stb., az iskolai tanműhelyek felszerelésében nyújtanak hathatós segítséget. És az eredményeink? A hazai országos szakmai tanulmányi versenyek állandó résztvevői és gyakran előkelő helyezettei a diákjaink. Emellett Dózsa Gábor (WS, ES), Losonczy László (ES-aranyérem), Kemenes Roland (WS), iskolánk tanuló képviselhették Magyarországot a nemzetközi versenyeken.



## A „PÁGISZ” BEMUTATÁSA

Csak a jéghegy csúcsát tudjuk megmutatni, azt is csak néhány kiragadott példával. Annyira sokszínű, tagolt, összetett, hogy a megismeréséhez legalább öt év kell!

Pattantyús Nap. A legjelentősebb esemény. Ekkor emlékezünk névadónkra, Pattantyús-Ábrahám Géza professzor úrra; rendezzük országos versenyeinket: évtizedek óta a NYÁK-versenyt, néhány éve a KNX-versenyt; meghívott előadóink színvonalas szakmai előadásokat tartanak.

Beiskolázást segítő rendezvények. Valamennyi országos kezdeményezéshez csatlakoztunk (mint. pl. az MEE Mi a pálya? rendezvénye), emellett a térség lehetőségeit is kihasználjuk (Szakképzési kiállítás), és természetesen iskolánkban a Nyitott Kapuk Napjain is szeretettel várjuk a szakmákról tájékozódni vágyókat, de igény esetén iskolákba is kilátogatunk.

Diákélet. Az utóbbi években jelentős fejlődés tapasztalható az iskola diákjainak közösségi munkájában. A korábbi érdektelenség („Már megint DÖK-gyűlésre, diákparlamentre kell menni?”) helyett egy tudatos építkezés és cselekvés jellemzi

a diákéletet. És még számos színházi előadás, hangverseny, túranap, kirándulás, sportnap, verseny stb., amiről most nem esik szó, adja azt a valamit, amitől PÁGISZ vagyunk!

Versenyhelyzet. Ez is a cikk elején jelzett egyik állandó-változó jellemzője a PÁGISZ-nak. Újabban az érettségi vizsgán már szakmai tantárgy is szerepel, amihez természetesen országos verseny is kapcsolódik, ezért ide is beneveznek diákjaink. 2018-ban Horváth Tamás a döntőben ért el nagyon szép eredményt. A számos országos szakmai verseny nem elég fiainknak (és az egyetlen lány tanulónknak), a közismereti tantárgyakban és egyéb (pl. környezetvédelem) területen is megmérik önmagukat, számos szép eredménnyel gazdagítva önmagukat és az iskolát.

És egy másfajta verseny: verseny a színvonalas oktatásért. Nagyon nehéz ma tiszteletudó, jól felkészült szakembert kibocsátani az iskolapadból. Már-már lehetetlen. Erre a lehetetlenre vállalkozunk mi, a PÁGISZ. A PÁGISZ, amely a tanár-nem tanár-diák-szülő-partner-szakmai szervezet-fenntartó-...-szövetsége, egysége, és sokszor erején felül teljesít ebben a versenyben.

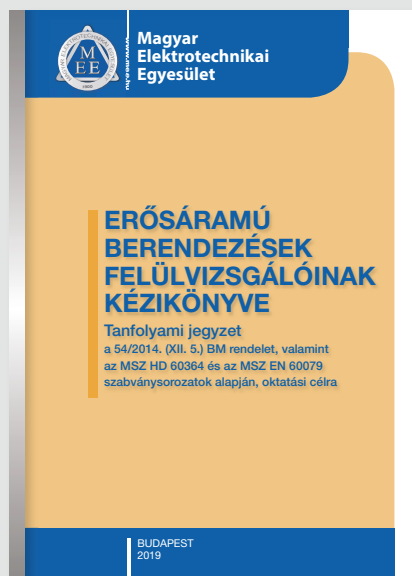
*Hegedűs József, szaktanár*

## Megjelent a szabványossági (tűzvédelmi) felülvizsgálóknak szóló új jegyzet

2019 januárjában a Magyar Elektrotechnikai Egyesület kiadásában megjelent az „Erősáramú Berendezések Felülvizsgálóinak Kézikönyve” címmel a villamos berendezések (tűzvédelmi jellegű) szabványossági felülvizsgálóknak szóló legújabb, átdolgozott és korszerűsített tanfolyami jegyzet, mely elsősorban az erősáramú villamos berendezések szabványossági (tűzvédelmi jellegű) felülvizsgálóinak oktatására szolgál.

Az új jegyzet három fő részből áll: az **ELSŐ RÉSZ** tartalmazza a felülvizsgálói munkához alapvetően szükséges műszaki, szakmai ismereteket, továbbá részletesen foglalkozik a közelmúltban kiadott **40/2017.(XII.4.) NGM** rendelettel és 1. mellékletével, amely a *Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzatot (VMBSZ)* tartalmazza.

A **MÁSODIK RÉSZ** tájékoztatást ad a kapcsolódó ismeretekről: A mérés-technikai tájékoztató utáni jegyzet az erősáramú villamos berendezések felülvizsgálata és ellenőrzési feladatait tisztázza. Továbbiakban a szabványrendszerekről, előszabványokról, hatósági és vizsgáló intézetekről, tanúsítási rendszerekről, mérésügyi kérdésekről, feliratokról, jelölésekről, figyelmeztető táblákról, és védettségi fokozatokról



ad tájékoztatást a jegyzet. Külön táblázatokban foglalja össze a tárgykörhöz kapcsolódó hatályos jogszabályok és érvényes szabványok listáját.

A **HARMADIK RÉSZ tudáspróba:** szokásos módon összefoglaló ellenőrző és tesztkérdések egészítik ki a jegyzetet, ezekre válaszolva ellenőrizhetjük az elsajátított ismereteinket. A jegyzet ára: bruttó 6 200 Ft.

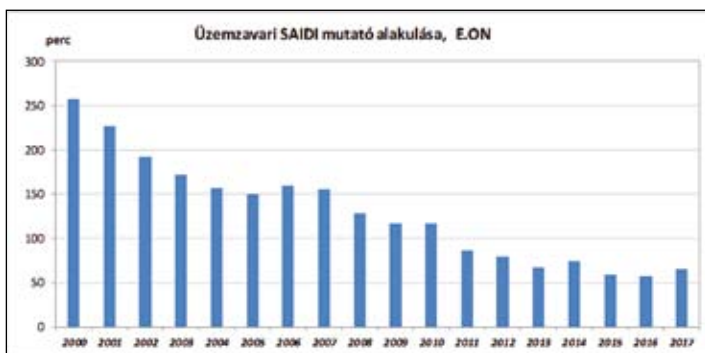
Berecz Gábor, Albert Zoltán, Dr. Vokony István

## Kisfeszültségű üzemirányítási rendszer az E.ON Hungária áramhálózati társaságainál

**Az E.ON előre mutató, egyszerűen használható megoldásokkal törekszik arra, hogy ügyfelei igényeinek egyre jobban megfeleljen. Az ügyfélközpontú szemlélet azt is jelenti, hogy a villamosenergia-szolgáltatással járó tervezett és nem tervezett üzemszünetek időtartama a lehető legrövidebbre csökkenjen, ugyanakkor az érintettek tájékoztatása aktuális, pontos és könnyen elérhető legyen. Ezt a célt szolgálja az E.ON Hungária cégcsoportnál megvalósított kisfeszültségű üzemirányítási rendszer.**

### 1. BEVEZETÉS

Nagy- és középvezetési áramhálózati társaságok régóta alkalmaznak azokat a komplex üzemirányítási rendszereket (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition), melyek egyrészt az üzemeltetési szempontból lényeges hálózati jelzések felgyűjtésével távfelügyeletet biztosítanak, másrészt lehetővé tesznek távműködtetésű beavatkozásokat is. Az üzemirányítási rendszert kezelő diszpécser szolgálat folyamatos működésű, így a személyzet nem tervezett események, üzemzavarok esetén is képes azonnal beavatkozni. A SCADA és a távműködtetés fejlesztése döntő mértékben hozzájárult ahhoz a látványos javuláshoz, ami az egy ügyfélre jutó átlagos évi üzemzavari időtartamban (SAIDI) mutatkozott meg az ezredforduló óta. (1. ábra)



1. ábra E.ON üzemzavari SAIDI trend, 2000 – 2017

Kisfeszültségen azonban nem beszélhetünk sem efféle támogató rendszerről, sem egységes áramszolgáltatói gyakorlatról. Az E.ON Hungária áramhálózati társaságainál a kisfeszültségű hálózat üzemirányítója a hálózati koordinátor, aki egyúttal az irányítása alá tartozó üzemviteli szerelők munkavégzését is szervezi és felügyeli. Ezen a feszültség szinten egyelőre nincs távjelzés és távműködtetés.

Felmerült az igény, hogy kisfeszültségen is megteremtjük a hálózati események aktív irányításának mind technikai, mind személyi feltételeit. Előbbihez egy erre alkalmas IT rendszert találtunk szükségesnek, utóbbihoz pedig egyfajta szemléltetést, hogy érintett kollégáink valóban „kisfeszültségű üzemirányító” szerepkörben működjenek. Átgondoltuk azt is, hogy e két célt úgy tudjuk együtt elérni, ha már a rendszer fejlesztésébe is bevonjuk a majdani felhasználókat, ezzel biztosítva, hogy valóban az ő munkavégzésüket leghatékonyabban támogató funkciókat alakítsunk ki.

### 2. A KIFÜR PROJEKT

A kisfeszültségű üzemirányítási rendszer (későbbiekben: KIFÜR) fejlesztését 3 ütemre bontottuk. Az első ütemben egy szűkebb funkcionalitású alkalmazás készült el, 2016-ban. E rendszerbe csak az üzemzavari események kerültek. Egyrészt vizuális támogatást, térképi megjelenítést biztosított a hálózati koordinátorok számára, másrészt megteremtette a naplózás lehetőségét. Minden egyes üzemzavarhoz megjegyzéseket lehetett írni, amit időbélyeggel és a felhasználó nevével eltárolt a rendszer, csakúgy, mint az adott üzemzavar összes jellemző adatát. Az első ütemben elkészült rendszert gyakran „KIF Napló”-nak neveztük. A társaságon belüli egységes naplózási lehetőség megteremtésével, a kisfeszültségű eseményekre fordított nagyobb figyelemmel már akkor elindultunk a kultúráváltás útján.

2017 elején kezdtük meg a második ütem fejlesztését, ami mintegy másfél éves folyamat volt. Ez egy integrált, számos funkciót magában foglaló alkalmazást eredményezett, amit már irányítási rendszernek tekinthetünk – bár egyelőre nem vonja maga után az aktív, távvezérelhető eszközök tömeges telepítését a kisfeszültségű hálózaton. Az új rendszerben a kisfeszültségű hibák az ügyfél bejelentésének regisztrálásával egyidejűleg megjelennek, a nagyobb feszültségű ellátatlanság miatti kisfeszültségű hatások pedig a felesleges rendszerből érkező online módon. Itt már megjelenítésre kerülnek a tervezett munkavégzések miatti kiesések is. A rendszer alkalmas a kisfeszültségű hálózati események irányítására és nyomkövetésére, a folyamat során szükséges beavatkozások indítására, és az adatok teljes körű nyilvántartására.

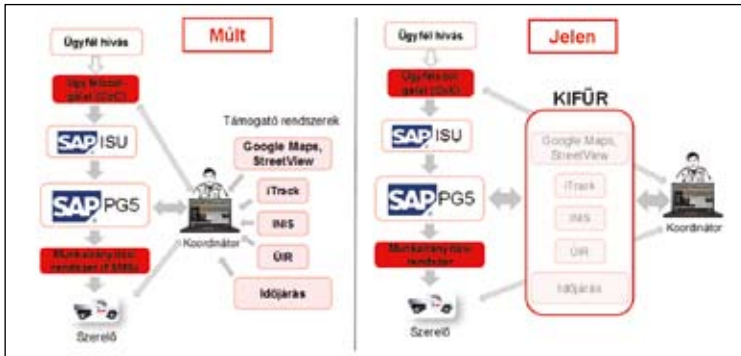
A fejlesztést mindkét ütemben az E.ON IT társasága, az EBSHU végezte, kizárólag hazai szakemberekkel. A projekt „félagilis” módszerrel működött, ami sprintekben történő fejlesztést, workshopok során keresztüli pontosítást, heti státuszolást és egyeztetést jelentett, de nem járt az IT csapat és a megrendelői, felhasználói csoport folyamatos, egy helyszínen történő közös munkavégzésével. Ugyanakkor mind a funkciók, a megjelenítések megtervezésében, mind az elkészült részeredmények véleményezésében, tesztelésében a felhasználók széles köre mindvégig aktívan részt vett. Észrevételeik, kéréseik jelentős mértékben alakították a fejlesztés menetét. Ezzel a módszerrel nem csupán a lehető legjobb végeredményt értük el, de az ütemezési terveink szerinti ambíciózus határidőket is tartani tudtuk.

A harmadik ütem műszaki tartalmának részletes megtervezésével 2019-ben indulunk el. Fő célunk a kisfeszültségű hálózatról érkező távjelzések kialakítása és rendszerbe integrálása, mellyel a beavatkozási, üzemzavar-elhárítási időtartamok további csökkentését kívánjuk elérni. Egyúttal aktív eszközök bevonása is megtörténhet a kisfeszültségű hálózaton.

Jelen cikk a továbbiakban a KIFÜR projekt második ütemében elkészült alkalmazást mutatja be.

### 3. A KIFÜR FUNKCIÓI

A KIFÜR előtti időkből a hálózati koordinátor az a vállalati erőforrástervező rendszer inboxába érkező új tétel megjelenéséből, illetve bizonyos esetekben az ezt kiegészítő, ügyfélszolgálati munkatárstól kapott telefonhívásból értesült az ügyfelek által bejelentett kisfeszültségű hibákról. Az elhárítás során pedig egyszerre több rendszert és támogató alkalmazást futtatva, azok között a képernyőjét váltogatva dolgozott: erőforrástervező, munkairányító rendszer, hálózati térképek, Google Maps és StreetView, gépjármű-nyomkövetés, középvezetési hálózat üzemirányítási adatai, időjárás előrejelzések és térképek stb.



2. ábra Kisfeszültségű üzemirányítás folyamata – múlt és jelen

A KIFÜR mindezeket a támogató alkalmazásokat egy rendszerbe integrálja, és egyidejűleg jeleníti meg a szükséges adataikat, egy képernyőn.

Ez már önmagában jelentősen egyszerűsíti és gyorsítja a koordinátor munkáját, rövidítve ezáltal a hibaelhárítás időtartamát. (2. ábra)

Az új rendszert az érintettek saját feladataiknak, szerepüknek megfelelő testreszabással tudják használni. Egyrészt különböző jogosultságok léteznek, melyekhez különböző felhasználói lehetőségek tartoznak, másrészt a figyelni kívánt földrajzi terület egyetlen koordinátori egységtől az E.ON Hungária csoport teljes szolgáltatási területéig szabadon beállítható, az illetékességhez igazodóan. Emellett minden megjelenítés ki- és bekapcsolható, legyen az hálózati térkép, különböző típusú üzemzavar, gépjármű pozíciója, vagy akár időjárás előrejelzés. A táblázatosan megjelenő adatok pedig mindig összhangban vannak a térképi megjelenítéssel, miközben ott is minden jellemző értékre rendelkezésre áll a szűrés lehetősége.

Ha ránézünk a KIFÜR képernyőjére, akkor a felhasználó illetékességének megfelelően beállított működési terület térképét, alatta pedig a táblázatos részt látjuk. Megjelennek a különböző típusú kisfeszültségű és közvilágítási hibák pajzs formájú ikonjai, melyek melletti számok egyúttal a kiválasztott terület aktuális hibastatisztikáját is megmutatják. A felül látható ikonokkal lehetséges az egyes hibatípusok, ill. egyéb megjelenített jellemzők már említett ki- és bekapcsolása. A térképen a megfelelő pajzs formájában jelennek meg az egyes hibahelyek, melyekre kattintva a képernyő jobb oldalán egy részletes hibaablak nyílik, ahol az adott esemény összes lényeges jellemzője megtekinthető. A kiválasztott hiba pajzsikonja a térképen nagyobbá válik és kissé pattogó mozgást végez, hogy a hibahely és az adatok összerendelése mindenkor egyértelmű legyen. (3. ábra)

Ez a méretbeli növekedéssel és pattogással járó kiemelés nem csupán hálózati eseményeknél van, hanem a gépjármű-



3. ábra Kisfeszültségű hibahely megjelenítése térképen és részletes adatai a hibaablakban

vek kiválasztásánál is, aminek adatai szintén egy külön megnyíló ablakban jelennek meg: rendszám, gépjármű fajtája, sofőr, aktuális sebesség, mobiltelefon és URH hívószám, gyújtás állapota.

Az egyes hálózati elemek (transzformátorok, oszlopkapcsolók, csatlakozási objektumok) szintén „megnőnek”, ha kattintással kiválasztjuk őket, és jellemző adataikat ez esetben is a megnyíló ablakban találjuk. Pl.: egy transzformátornál az azonosító száma, megnevezése, feszültségszintje, teljesítménye, az illetékes területgazda neve, és az adott körzethez tartozó ügyfélszám. Ez utóbbi különösen fontos, hiszen azonnal látszik, hogy pl.: egy KÖF/KIF transzformátor meghibásodása esetén mennyi ügyfél válik ellátatlanná.

A fogyasztói csatlakozók és az adott kisfeszültségű áramkörök egyre pontosabb összerendelésének köszönhetően az érintett ügyfélszám áramköri szakaszonként meghatározható, vagyis még egy szakaszbiztosító kiolvadása esetén is. (4. ábra)



4. ábra Szakaszhiba által érintett ügyfélszám meghatározása

A KIFÜR nem csupán az üzemzavari események kezelését könnyíti meg, hanem a tervezett munkavégzéseket is. A területgazda e rendszerben tudja kijelölni a feszültségmentesítésre kerülő hálózatszakaszt és összeállítani az utca-házszám szintű kiértékelési tervet.

A térképen különböző színnel megjelennek mind a már be tervezett, mind az éppen folyamatban lévő munkák ikonjai, azokra kattintva pedig megtekinthetők a részletes információk is: a munka időpontja, érintett hálózati szakaszok és csatlakozási objektumok, kiesett ügyfelek száma stb. (5. ábra)



5. ábra Tervezett munka a KIFÜR felületen, az érintett fogyasztói csatlakozókkal

A KIFÜR az eseményekhez tartozó adatokat eltárolja, naplózási és riportolási funkciói által nyilvántartási rendszerként is szolgál. A riportált adatok a rendszerből exportálhatók, biztosítva a könnyű, Excel-es kezelést, további feldolgozást.

A csatlakozási objektumoknak egyszerű pontosítását is lehetővé teszi egy fontos funkció. A felhasználó pár kattintással meg tudja jelölni, ha egy csatlakozó a valóságban nem a nyilvántartott ponton, hanem attól valamivel távolabb van, vagy ha nem ahhoz a kisfeszültségű áramkörhöz tartozik, hanem a szomszédoshoz. Ezeket a jelzéseket a



6. ábra Időjárési térképek és kistérségi riasztások megjelenítése

KIFÜR heti gyakorisággal továbbítja az E.ON hálózati információs rendszerét üzemeltető csapatnak, akik ellenőrzés után átvezetik a módosításokat. Ezek a változások, csakúgy, mint a teljes kis- és középfeszültségű hálózat egyéb változásai, szintén heti gyakorisággal kerülnek vissza a KIFÜR-be.

A KIFÜR legfontosabb funkciói, címszavas felsorolásban:

- KIF hálózat térképes megjelenítése, aktuális hálózati térképadatok alapján
- KÖF hálózat térképes megjelenítése, aktuális hálózati térképadatok alapján
- Hálózati elemek részletes adatainak megjelenítése
- Pillanatnyi hiba statisztikák megjelenítése
- KIF hibahelyek térképi megjelenítése
- Részletes hiba adatok megjelenítése
- Nyilvántartott rendelésszámok és alrendelések megjelenítése
- KIF KFMU-k létrehozásának támogatása
- Érintett ügyfélszám meghatározása
- KÖF/KIF trafóállapotok megjelenítése
- Google Street View funkció
- Hálózati ellátottság térképi megjelenítése
- Vélelmezett szakaszhibák figyelése
- Közvilágítási hibák kezelése
- Hibák naplózása
- Koordinátori üzemviteli napló
- Vizuális döntéstámogató funkció (munkarendelés indításához)
- Tervezett munkák megjelenítése
- Szűrő és kereső funkciók
- Gépjármű flotta nyomonkövetése, adatok megjelenítése
- Szerelői navigációt segítő GPS koordináta meghatározás
- Kézi hibabejelentési lehetőség kapcsoló rendszer üzemszünet esetén
- Riasztások, alarm funkciók (GSZ, időjárás)
- Időjárési adatok megjelenítése
- Garantált szolgáltatási (GSZ) esetek riportolása
- Ügyféltájékoztató adatok átadása ERP modulnak
- Hálózati térkép eltérés jelentés
- Csatlakozási objektum pontosítás (Hálózati térkép adatbázis pontosítása)
- Érintésvédelmi vázlat megjelenítése
- Felhasználói profilok és jogosultságok kezelése
- Felhasználói tevékenységek naplózása
- Rendszer események naplózása

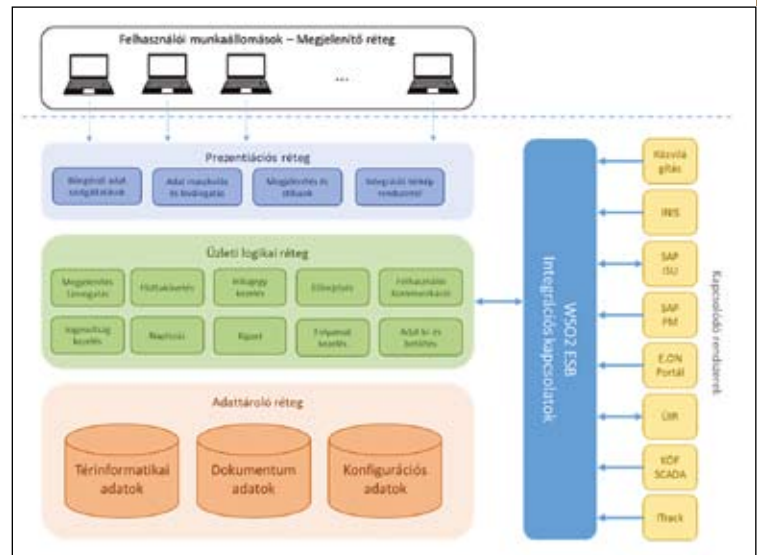
#### 4. A KIFÜR FELÉPÍTÉSE

Az adatok jelentős része elérhető volt különálló rendszerekben, alrendszerekben, azonban egyszerre, egy időben, egy felületen nem. A hozzáadott értéket az integrálással, valamint a felhasználó sok éves tapasztalata által lehetett kézzel

foghatóvá tenni. A rengeteg rendszer hatékony együttműködését – egy ESB (Enterprise Service Bus) – alapú integrációs megoldás tette lehetővé.

A KIFÜR rendszer megvalósításához modern böngésző alapú webes, moduláris és SOA (Service Oriented Architecture) elvű architektúrát választottunk. A böngésző rétegbe modern Javascript és HTML5 alapú webes felhasználói felület töltődik le. A felhasználói felület sávszélességre optimalizált REST (Representational State Transfer) szolgáltatásokon keresztül éri el a szerver prezentációs rétegét. A szerver prezentációs rétege pedig a mögöttes rétegek segítségével szolgálja ki a böngésző felől érkező kérést. Az információs elemek térbeli vizuális megjelenítésének alapját egy webes térkép technológia adja (pl.: Google Maps).

Az alap térkép technológia a böngészőben kapcsolódik össze a KIFÜR alkalmazás rendszerspecifikus képességeivel, a webes mashup SOA technológiák megfelelő alkalmazásával. A böngészőben futó KIFÜR Javascript réteg a térkép szolgáltatótól tölti le a kívánt térkép részletet, a térkép szolgáltató nyílt API-jait használva. A 7. ábrán látható a teljes architektúra.



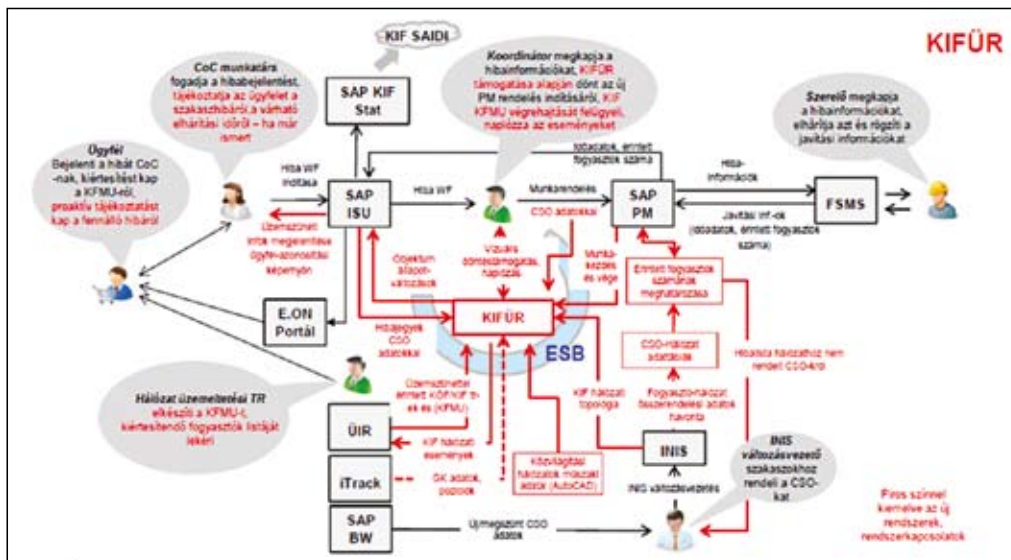
7. ábra A KIFÜR rendszer IT architektúrája

A rendszer IT architektúrájára alapozva az üzleti folyamat talán jobban megvilágítja a felhasználók eddigi nehézségeit, és az ESB alapú platform, valamint maga az üzleti gondolat létjogosultságát.

A 8. ábrán jól látható, hogy ennyi alrendszer által szolgáltatott, és heterogén performanciájú alkalmazás egyidejű használata mind technológiai, mind biológiai határokat feszeget. Az IT technológiát kiaknázva azonban jelentős előrelépés, pontosabb döntéshozatal és hatékonyabb beavatkozás vált lehetővé a koordinátorok, azaz a kistérségi üzemirányítók számára.

#### 5. KEZDETI TAPASZTALATOK

A fejlesztés 2018 júniusának végén fejeződött be, július 1-től pedig fél éven keresztül éles tesztüzemet tartottunk. Az összes felhasználó – több mint 200 hálózati és ügyfélkapcsolati kollégánk – elkezdte alkalmazni a KIFÜR-t, akik az ismerkedéssel együtt a szükséges finomhangolásokra is felhívták a fejlesztői és az üzemeltetői csapat figyelmét. Kiseb módosítások, funkcióbeli bővítések történtek ebben az időszakban, és 2018 végére készen álltunk a normál üzemeltetés megkezdésére. Érintett munkatársainktól 2019 januárjától várjuk, hogy teljes körűen és a szükséges jártassági szintet elérve használják a KIFÜR-t.



8. ábra Üzleti folyamat koncepcionális leírása a KIFÜR projekt második ütemében

Az éles teszüzem időszakában a koordinátorok fokozatosan megismerték és megszerették a rendszer funkcióit. Visszajelzéseik alapján az egyszerűbb átláthatóságot és a gyorsabb munkavégzést tekintik a legnagyobb előnynek. Különösen praktikus az a vizuális döntéstámogatási lehetőség, aminek segítségével közvetlenül a KIFÜR-ből tudják indítani az erőforrástervező rendszeren belüli hibaelhárítási munkarendelést, így nem kell átlépniük a rendszermodulba és kikeresni az adott tételt az inbox-ban.

Az irányítói és vezetői pozíciókat betöltő kollégák könnyen rá tudnak tekinteni a saját működési területükön történt eseményekre, azok aktuális állapotára, az esetleges függőben lévő, további beavatkozást igénylő ügyekre. Ez a lehetőség igen hasznosnak bizonyul a hálózatüzemeltetésben dolgozó kollégák együttműködésében is. A koordinátori bejegyzések alapján egyrészt a területgazda is folyamatosan értesül a felelősségi körébe tartozó hálózat aktuális eseményeiről és azok státuszáról, másrészt a bejegyzések a koordinátori készenléti szolgálat váltásakor is megkönnyítik az információk átadását.

Ügyfélszolgálati kollégáink is hamar megszerették az új rendszert, hisz megtekintői jogosultságukkal elve pontosabb tájékoztatást tudnak adni betelefonáló ügyfeleinknek, mind a hibával érintett területről, mind az elhárítás aktuális állásáról.

A rendszeresemények naplózása azt mutatja, hogy jelenleg egy átlagos munkanapon 1000 db felett van a KIFÜR-ben végzett bármilyen felhasználói munkalépések száma.

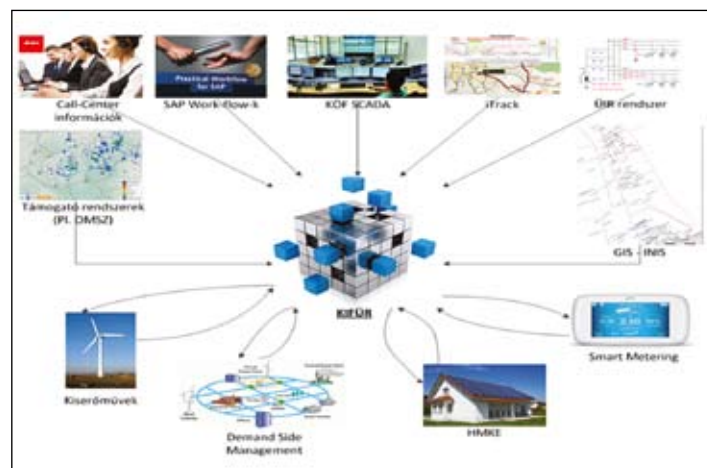
## 6. HOGYAN TOVÁBB?

Az interneten elérhető E.ON portálon már jelenleg is megtekinthető az áramszünettel járó tervezett hálózati beavatkozások ütemezése és földrajzi elhelyezkedése. A közeljövőben ezt fogja kiegészíteni a folyamatban lévő üzemzavarokról szóló tájékoztatás, melyhez az adatokat szintén a KIFÜR szolgáltatja. Ügyfeleink így tájékozódhatnak az őket érintő hálózati eseményekről. A KIFÜR-re alapozva fejleszteni tudjuk e-mailés és telefonos (SMS) értesítési rendszerünket is, hogy az erre igényt tartó ügyfeleink ilyen módon is azonnali tájékoztatást kapjanak.

A további lépési lehetőségek kapcsán már megemlítésre került a kisfeszültségű hálózatra telepítendő mérőpontok által szolgáltatott extra információ, amelynek mérése, feldolgozása és adattovábbítása, kommunikációs megoldása is előremutató, fenntartható, modern technológiát alkalmaz. Az újonnan telepítendő HMKE (háztartási méretű kiserőmű)

egységek mind smart/okos mérővel kerülnek csatlakoztatásra. Ezáltal egy újabb adattal bővíthet a KIFÜR, amely eszközök csoportja kétirányú kommunikációra is alkalmas, azaz a rendszer állapotától és terhelési viszonyaitól függően beavatkozás is eszközölhető, csakúgy, mint egy hagyományos SCADA rendszerben.

Akár az e-autó töltőoszlopok, akár a magán- vagy közcélú tároló eszközök is integrálhatók a KIFÜR-be. Így egy monitoring rendszerből indulva, egy üzemszüneti menedzsment rendszeren át, a sokat emlegetett smart grid (okos hálózat) koncepció kézzel fogható valóságáig juthat el az E.ON csoport a közeljövőben. (9. ábra)



9. ábra Smart grid koncepció a KIFÜR alapján



### Berecz Gábor

üzemirányítási vezető  
okl. villamosmérnök  
E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt.  
MEE-tag  
gabor.berecz@eon-hungaria.com



### Albert Zoltán

távközlési szolgáltatási menedzser  
okl. villamosmérnök  
E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt.  
MEE-tag  
zoltan.albert@eon-hungaria.com



### Dr. Vokony István

okl. villamosmérnök, -közgazdász  
E.ON Business Services Hungary Kft.  
Strategy & Architecture / Enterprise  
Architecture  
MEE-tag  
istvan.vokony@eon.com



Sütő Bence, Divényi Dániel, Sörös Péter Márk

# Áramlás alapú és NTC alapú kapacitásaukciók összehasonlító vizsgálata

## Első rész

Jelen cikk a hálózati átviteli kapacitások kiosztásához kapcsolódó NTC és áramlás alapú explicit kapacitáskalkulációs módszereket mutatja be két részben. Az első részben az elemzési módszertan matematikai megfogalmazását ismertetjük, melyben a teljesítményáramlások mellett az árak is szerepet játszanak.

Később teszhálózatot, illetve teszteseteket definiálunk, amelyek segítségével a kapacitászámítási módszerek vizsgálhatók. A második részben ismertetett kapacitásaukciós szimulációkat MATLAB és AMPL CPLEX programokkal végeztük el, majd az eredményül adódó társadalmi jólét értékeket és az árakat vizsgáltuk.

This two-part paper describes the use of NTC-based and flow-based methodologies for the explicit power transmission capacity allocation. In the first part a detailed mathematical formulation is presented along with a proof (based on primal-dual framework of the two methodologies) to get an interpretation of the price signals. Then, a test network is defined in which the process of the two capacity calculation methodologies can be examined. As closure, test cases are determined for the investigation of the two methodologies. In the following, second part of the paper simulations are carried out using MATLAB and AMPL CPLEX software.

A comparative study is presented with regard to the welfare increase while the analysis of the price signal is also included.

## 1. BEVEZETÉS

Az Európában létrejött összekapcsolt piaci rendszerek széles körű villamosenergia-kereskedelmi lehetőséget biztosítanak az országok árzónái között. A hosszú távú (éves és havi) kapacitásaukciókon azonban a határkeresztező szállítási kapacitásokat még mindig az energiától függetlenül, ún. explicit módon értékesítik.

A kiosztható átviteli kapacitások mennyiségének meghatározása úgynevezett snapshotokra, azaz a számításokhoz alapesetnek tekintett reprezentatív hálózati állapotokra támaszkodik. A kapacitások megállapítására jelenleg két módszer van használatban:

- a nettó átvihető kapacitás alapú (net transfer capacity – NTC) módszer és
- az áramlás alapú módszer (flow-based – FB).

Az explicit aukciókon kiosztott kapacitások NTC alapon számíthatók, míg a másnapi kereskedésben jellemző implicit kapacitásallokációhoz a közép-európai (Core) régióban már fejlesztés alatt áll a fejlettebb, áramlás alapú megközelítés [1].

Az Európai Unió előírta, hogy a tagállamok a másnapi és napon belüli kereskedésekhez az áramlás alapú, míg a hosszú távú kapacitásallokációhoz az NTC alapú módszert alkalmazzák [2][3]. Emellett az Europex (Európai Villamosenergia-tözsde Szervezete), illetve a Nemzetközi Üzemi és Kereskedelmi Szabályzat is elvárja, hogy a rendszerirányítók és a villamosenergia-piac üzemeltetői, azaz Magyarország esetén a MAVIR

és a HUPX, ismerjék, monitorozzák és fejlesszék a piac-összekapcsolási és kereskedési algoritmusokat [4][5].

A jelen cikk célja az NTC és FB metódusok összehasonlítása a hosszú távú kapacitásaukciók esetére, illetve egy lehetséges kutatási irány kijelölése a kapacitáskalkulációs módszertan dinamizálására. Ennek megfelelően a 2. fejezet a módszerek matematikai modelljét ismerteti. A 3. fejezet egy négy árzónából álló nagyfeszültségű mintahálózatot mutat be, amelyen a vizsgálatok készültek. A 4. fejezetben a módszerek összehasonlításához alkotott tesztesetek meghatározására kerül sor, amelyeket kétdimenziós, ún. nomogramok segítségével ismertetünk. Az 5. fejezet összefoglalja az eddig bemutatott munkát.

## 2. MATEMATIKAI MODELL

A fejezet az NTC és áramlás alapú kalkulációs módszerek matematikai megfogalmazásait mutatja be, explicit aukciókat feltételezve. Mindkét esetben azonos bemenetű (kapacitásigények) lineáris programozási feladatról beszélhetünk. A különbség a korlátokban jelentkezik. Mivel hosszú távon csak a kapacitások egy része osztható ki, ezért a továbbiakban rendelkezésre álló átviteli kapacitás (available transmission capacity – ATC) kerül használatra NTC helyett.

### 2.1. A mennyiségi (primál) optimalizációs feladat

#### 2.1.1. Bemeneti paraméterek

Kapacitásjogra vonatkozó ajánlatok  $p_{k,b}^+$  –  $q_{k,b}^+$  illetve  $p_{k,b}^-$  –  $q_{k,b}^-$  igényelt mennyiség – egységár párokkal definiáltak, ahol:

- $q$  – kapacitásmennyiség,
- $p$  – ár,
- $k$  – ajánlat indexe,
- $b$  – metszék indexe ( $A \rightarrow B$  zónák között),
- $\pm$  – ajánlat irányítottsága (a  $b$  irányítottságának megfelelő szállítási irány „+”, az ellenkező „-“).

#### 2.1.2. Változók

Minden ajánlathoz definiálható egy  $ACC_{k,b}$  elfogadási arány, ami megmutatja, hogy az adott hálózati korlátok mellett elfogadható-e az ajánlat teljesen, részben, vagy egyáltalán nem. Számítása pozitív irányban:

$$ACC_{k,b}^+ = \frac{q_{k,b,elfogadott}^+}{q_{k,b}^+} \quad (1)$$

#### 2.1.3. Korlátok

Az elfogadott mennyiség nem lehet sem negatív, sem több, mint az eredetileg adott ajánlat. Emiatt:

$$0 \leq ACC_{k,b} \leq 1 \quad (2)$$

minden ajánlatra érvényes összefüggés.

##### 2.1.3.1. Az ATC alapú módszer megkötései

A maximálisan kiosztható átviteli kapacitás értéke előre definiált minden  $b$  metszékre:  $ATC_b^+$ ,  $ATC_b^-$

Az ATC-t a fizikai hálózat figyelembevételével határozzák meg. Mivel az explicit kapacitásjogok nem szaldósíthatók, ezért a két irány külön kezelendő:

$$\sum_k ACC_{k,b}^+ \cdot q_{k,b}^+ \leq ATC_b^+ \quad (3)$$

$$\sum_k ACC_{k,b}^- \cdot q_{k,b}^- \leq ATC_b^- \quad (4)$$

##### 2.1.3.2. Az áramlás alapú módszer megkötései

A következőkben a [6]-ban ismertetett megfogalmazást mutatjuk be explicit kapacitásaukciók esetére.

A vezeték rendelkeznek maximális átvihető teljesítményvel:  $AMF_l^+$ ,  $AMF_l^-$ , ahol  $l$  a vezeték indexe.

Minden vezetékhez és metszékhez rendelhető egy teljesítményeloszlási tényező (power transfer distribution factor – PTDF), ami megmutatja, hogy az adott vezeték milyen mértékben terhelődne az adott irányú átviteli jog megvalósulása következtében. (Egy pozitív ajánlat és  $PTDF_{l,b}^+$  megvalósulása „b” metszékre pozitív áramlást eredményez „l” vezetéken.)

$$\sum_b PTDF_{l,b}^+ \sum_k ACC_{k,b}^+ \cdot q_{k,b}^+ \leq AMF_l^+ \quad (5)$$

$$\sum_b PTDF_{l,b}^- \sum_k ACC_{k,b}^- \cdot q_{k,b}^- \leq AMF_l^- \quad (6)$$

#### 2.1.4. Célfüggvény

A kapacitásjogok kiosztásának célja, hogy az általuk létrejövő energiakereskedelem a lehető legjobb társadalmi többletet, jólétet (social welfare – SW) eredményezze. Ez a következőképp fejezhető ki:

$$\max \left\{ \begin{array}{l} \sum_k ACC_{k,b}^+ \cdot q_{k,b}^+ \cdot p_{k,b}^+ + \\ \sum_k ACC_{k,b}^- \cdot q_{k,b}^- \cdot p_{k,b}^- \end{array} \right\} \quad (7)$$

#### 2.2. A duális, árazási probléma leírása

A lineáris programozás egy alaptétele alapján minden primál optimalizációs problémának megfogalmazható a duális párja, amelyben duális változók jelennek meg [7]. Ha nem-triviális esetet tekintünk, akkor egy változó és duálisa nem lehet nulla egy időben [7][8].

Erre a szabályra alapozva származtathatók a fent említett optimalizációs probléma változóihoz és korlátaihoz tartozó duálisok. Ezek segítségével kiszámítható az egyes metszéken kialakuló torlódási ár, ami a megfogalmazott hálózati korlátok érvényesülésének indikátora és egyben árjelzője.

##### 2.2.1. Az ATC alapú allokáció duális feladata

Mivel változó és duálisa nem lehet egy időben nulla, ezért meghatározhatók az alábbi relációk (pozitív és negatív irányra egyaránt érvényesek):

$$ACC_{k,b} > 0 \Rightarrow p_{k,b} \geq CP_b \quad (8)$$

$$ACC_{k,b} < 1 \Rightarrow p_{k,b} \leq CP_b \quad (9)$$

ahol  $CP_b$  a torlódási árat jelenti, ami a duális keretrendszer egy változója.

Ugyanezt más formában kifejezve:

$$CP_b > 0 \Rightarrow \sum_k ACC_{k,b} \cdot q_{k,b} = ATC_b \quad (10)$$

Az összefüggés továbbra is mindkét irányra érvényes és azt jelenti, hogy torlódási díjat kell fizetni minden olyan esetben, amikor a kapacitásjogok kereslete magasabb, mint az ATC értéke.

##### 2.2.2. Az áramlás alapú allokáció duális feladata

Ez a probléma analóg az előzőekben ismertetettel, habár az eltérő hálózati korlátok miatt kismértékben eltérő duális változók adódnak.

$$ACC_{k,b}^+ > 0 \Rightarrow p_{k,b}^+ \geq \sum_l PTDF_{l,b}^+ \cdot SHF_l^+ \quad (11)$$

$$ACC_{k,b}^+ < 1 \Rightarrow p_{k,b}^+ \leq \sum_l PTDF_{l,b}^+ \cdot SHF_l^+ \quad (12)$$

ahol az  $SHF$  jelentése árnyékár, ami minden vezetékre definiálható és irányfüggő (azaz a negatív irányra hasonlóan megfogalmazható relációk).

Az ATC alapú módszer leírásához hasonlóan itt is alkalmazhatunk más kifejezést:

$$SHF_l^+ > 0 \Rightarrow \sum_b PTDF_{l,b}^+ \cdot \sum_k ACC_{k,b}^+ \cdot q_{k,b}^+ \quad (13)$$

ami azt jelenti, hogy az árnyékárak kijelölik a torlódás szempontjából kritikus vezetéseket.

Ebben az esetben a torlódási árak is származtathatók az árnyékárakból a PTDF mátrix segítségével:

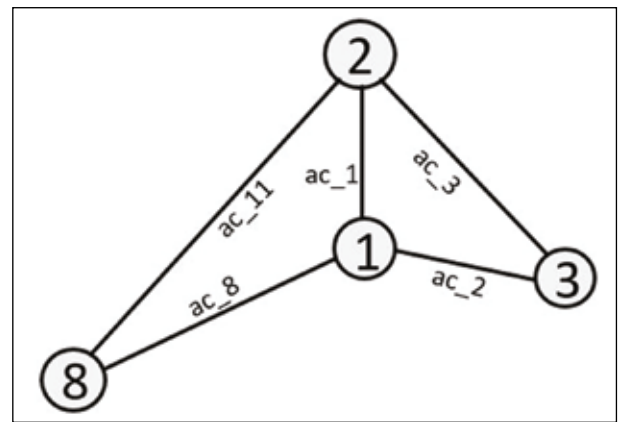
$$CP_b = \sum_l PTDF_{l,b} \cdot SHF_l \quad (14)$$

ahol a pozitív és a negatív irányt is figyelembe kell venni.

### 3. A TESZTHÁLÓZAT ÉS KORLÁTAI

#### 3.1. A definiált teszthálózat

A vizsgálatokhoz ([8] alapján) négy zónából és a közöttük lévő 5 vezetékkel álló hálózatrészt vettünk fel (1. ábra), az 1. táblázat szerinti vezetékparaméterekkel.



1. ábra A definiált teszthálózat [8]

Név	Kezdő-pont	Vég-pont	Reaktancia X (v.e.)	Kapacitás (MW)
ac_1	1	2	0,014	+/- 500
ac_2	1	3	0,211	+/- 500
ac_3	3	2	0,085	+/- 500
ac_8	1	8	0,104	+/- 800
ac_11	8	2	0,061	+/- 500

1. táblázat Vezetékek paraméterei és elhelyezkedése

#### 3.2. A hálózati paraméterek szerinti korlátok

Ebben az alfejezetben a 2.1.3. részben részletezett korlátok meghatározására kerül sor.

##### 3.2.1. AMF értékek meghatározása

A vezetéseken maximálisan átvihető teljesítményeket az 1. táblázat tartalmazza. Az áramlás alapú módszertan szerint a maximális kapacitásértékeket csökkenteni kell, hogy biztonsági tartalékot képezzünk. Ezen felül hosszú távon a kapacitások csak részben kerülnek kiosztásra, ezzel mozgási teret hagyva a másnapi piac számára. Ez alapján a 2. táblázat AMF értékei 100 MW biztonsági tartalék levonása után a maradék kapacitások megfelelésével képződtek.

##### 3.2.2. ATC értékek származtatása

A megfelelő ATC értékek meghatározásának jelentős a kereskedelmi, s így pénzügyi vonatkozása is, mivel az ATC-k képezik a villamosenergia-kereskedelem korlátait. A számítások elvégzésére létezik európai szinten elfogadott módszertan, azonban a rendszerirányítók emellett a mérnöki jó

**2. táblázat** A teszthálózat PTDF mátrixa és AMF értékei

Név	PTDF <sub>i,b</sub>			AMF <sub>i</sub>	
	b=2. zóna	b=3. zóna	b=8. zóna	AMF <sup>+</sup>	AMF <sup>-</sup>
ac_1	0,8013	0,6296	0,5567	-200	200
ac_2	0,0976	0,3169	0,0263	-200	200
ac_3	0,0976	-0,6831	0,0263	-200	200
ac_8	0,1011	0,0534	0,4169	-350	350
ac_11	0,1011	0,0534	-0,5831	-200	200

gyakorlatokat (a múltban jól működő kapacitáskorlátokat) alkalmazzzák [9][10].

A módszertan matematikai precizitású megfogalmazásához a következőkben egy általunk alkotott, a piaci igényekre reagálni képes számítási módszert mutatunk be. Ez utóbbi egy optimalizálási feladatként fogalmazható meg.

Az áramlás alapú kalkuláció korlátai egy ún. flow-based területet jelölnek ki, amelyben olyan határkeresztesző szállítási kombinációk helyezkednek el, amelyek megvalósulása mellett hálózati szűkület nem alakul ki. A módszerünk célja, hogy ezen a jelen esetben 12 dimenziós térben (6 metszék x 2 irány) értelmezett területen belül maradv a lehető legnagyobb lefedettséget érjük el az ATC értékek optimalizálásával, mivel ez nagyobb teret hagy a társadalmi jólét növelésére. A maximális terület a 12 ATC érték szorzatának maximalizálását jelenti a korlátok figyelembevételével.

További szempontot jelent az n-1 esetek figyelembevétele, igazodva ezzel a valós működéshez.

A 3. táblázat ismerteti a használt ATC értékeket, amelyekben a vezetékcapacitások miatt szimmetria is mutatkozik. Emiatt a vizsgált hálózaton elegendő információ nyerhető hat dimenzió vizsgálatával.

Metszék	ATC <sup>-</sup>	ATC <sup>+</sup>
1. zóna – 2. zóna	-37,0	37,0
1. zóna – 3. zóna	-73,6	73,6
1. zóna – 8. zóna	-83,6	83,6
2. zóna – 3. zóna	-69,3	69,3
2. zóna – 8. zóna	-59,3	59,3
3. zóna – 8. zóna	-56,9	56,9

**3. táblázat** A számított ATC-k n-1 üzemre

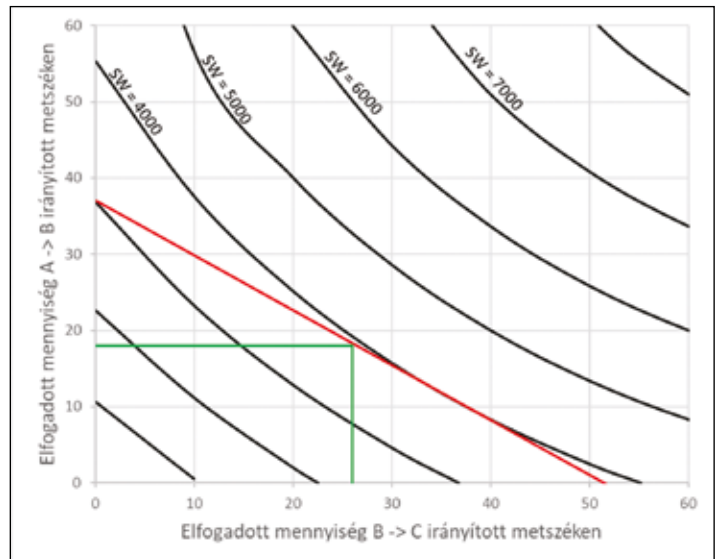
#### 4. DEMONSTRÁCIÓ KÉT DIMENZIÓBAN

A vizsgálat könnyebb érthetősége érdekében az alábbiakban egy síkban ábrázolható példát mutatunk be.

A 2. ábrán látható példához két összefüggő metszék került kiválasztásra A→B és B→C, amelyeken egységes, az ártól lineárisan függő kapacitásigények kerültek beadásra mindkét irányra. Ezen ajánlatok paraméterei: maximális ár, maximális kapacitás (a jelen példában q = 100 és p = 100). Az elfogadott mennyiségek ebben az esetben a következő módon számolhatók (a kiosztott kapacitás nem lehet kisebb nullánál) [11]:

$$q_{elfogadott} = \left(1 - \frac{p_{kialakult}}{p_{max}}\right) \cdot q_{max} \quad (15)$$

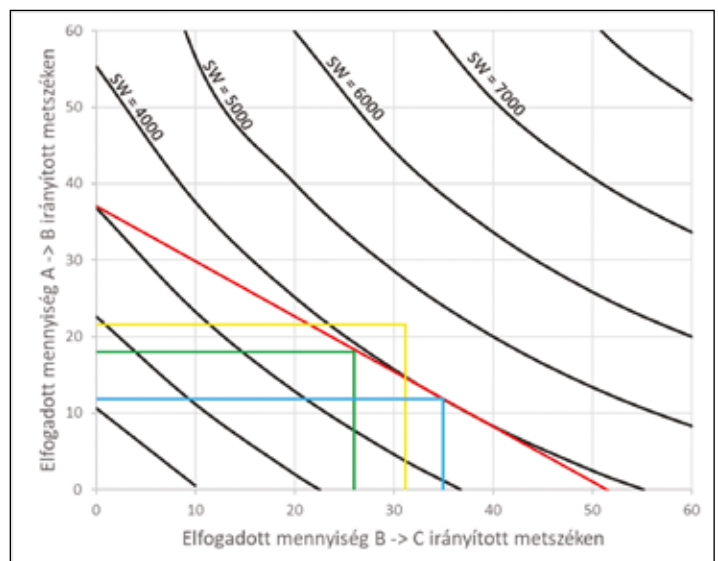
A legnagyobb társadalmi jólét úgy érhető el, ha az összes ajánlat teljes mértékben elfogadható. A konstans jólét értékekhez különböző elfogadási arányok adhatók meg, ami két dimenzióban hiperbolákat eredményez (fekete görbék). Az áramlás alapú korlátok lineáris relációt határoznak meg a két metszék elfogadási arányai között (vörös vonal), míg az ATC kényszerek konstansként vehetők figyelembe (zöld vonalak).



**2. ábra** Áramlás alapú (vörös) és ATC (zöld) kényszerek kétdimenziós nomogramon ábrázolva. A hiperbolák az azonos célfüggvényértéket eredményező elfogadott ajánlati mennyiség párosításokat kötik össze (fekete)

A 2. ábrán bemutatott ATC értékeket a 3.2.2. fejezetnek megfelelően számítottuk ki.

Egyértelműen látható, hogy az ATC és FB módszerekből kiadódó jólét maximuma nem ugyanaz (a zöld vonalak metszéspontja kisebb jólétet jelképező hiperbolára esik). Azonban az ATC értékek a hálózati korlátok figyelembevétele mellett tetszőlegesen változtathatók a jólét növelése érdekében. A 3. ábra erre ad szemléletes példát.



**3. ábra** Megnövelt (sárga és kék) és alapeseti (zöld) ATC-k

Az első esetben a metszékhez tartozó ATC-k arányosan, 20%-kal nőttek. Habár a potenciális jólétnövekedés jelentős, sérül a vörös vonal által kijelölt hálózati korlát, amennyiben az elfogadott ajánlatok elérik az ATC-k értékét.

A második esetben a hálózati korlát mellett maximálisan elérhető jóléthez választjuk meg az ATC korlátokat. Az így lefedett terület kisebb, mint az előző esetben, de biztosított a normál üzemi működés.

A demonstráció alapján három vizsgálati esetet definiáltunk:

1. „Max. area ATC” – A 3. táblázatban bemutatott ATC értékek alkalmazása.
2. „Prop. ATC” – A 3. táblázatban bemutatott ATC-k bizonyos százalékkal csökkentett/növelt értékeinek alkalmazása.

3. „Optimal ATC” – Előzetes számítások helyett az áramlás alapú kalkuláció végeredménye (áramlások) kerül ATC-ként alkalmazásra.

Az egyes esetek vizsgálatának ismertetésére a cikk második részében kerül sor.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkben bemutattuk az Európában alkalmazott kapacitászámítási módszerek matematikai apparátusát. Ezt egy teszhálózat definiálása követte, amelyben ATC alapú, valamint áramlás alapú hálózati kapacitáskorlátokat definiáltunk. Vizsgálati eseteket különítettünk el, amelyekben az addig számított ATC értékeket két módszer szerint változtattuk.

A cikk második részében bemutatásra kerülő szimulációkat a 4. fejezetben definiált kétdimenziós nomogramon szemléltetjük. Vizsgálatunk eredményeként azt várjuk, hogy az ATC számítás a módszertan fejlesztésével hatékonyságát tekintve továbbra is fel tudja venni a versenyt az összetettebben megvalósítható áramlás alapú módszertannal.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Nagy F., Arnold Á.:** „Mánsági áramlás alapú kapacitászámítás a közép-európai régióban”, *Elektrotechnika* 2018. 111. évfolyam 10. szám, 18–21. old.
- [2] **Commission Regulation (EU) 2015/1222.** Establishing a guideline on capacity allocation and congestion management [Online], Elérhető: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/wholesale-market/electricity-network-codes>
- [3] **Commission Regulation (EU) 2016/1719.** Establishing a guideline on forward capacity allocation [Online], Elérhető: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/wholesale-market/electricity-network-codes>
- [4] **Áramtözsdek javaslata a megvalósítandó kereskedési algoritmusra** [Online], Elérhető: <https://www.europex.org/all-nemos/nemos-submit-revised-proposals-on-methodologies-for-day-ahead-and-intraday-algorithms/>
- [5] **Nemzetközi Üzemi és Kereskedelmi Szabályzat** – 1.13 hivatkozás 6. cikke [Online], Elérhető: <http://mavir.hu/web/mavir/nemzetkozi-uzemi-es-kereskedelmi-szabalyzat>
- [6] **Sörös P., Divényi D., Raisz D.:** „Flow-based capacity calculation method used in electricity market coupling”, in proc. European Energy Market (EEM), 10th International Conference in Stockholm, Sweden, pp. 1-7., 2013.

- [7] **Kuhn H. W., Tucker A. W.:** „Nonlinear programming”, *Proceedings of the Second Berkeley Symposium: University of California Press*, pp. 481–492., 1951.
- [8] **Dourbois G. A., Biskas P. N.:** „A novel method for the clearing of a day-ahead electricity market with mixed pricing rules”, *IEEE Manchester PowerTech Conference*, pp. 1-6., 2017.
- [9] **Gözlöncser P., Sulyok Z.:** „A magyar villamosenergia-rendszer átviteli kapacitásának számítása. 1. rész”, *Elektrotechnika* 2004. 97. évfolyam 3. szám, 66–69. old.
- [10] **Gözlöncser P., Sulyok Z.:** „A magyar villamosenergia-rendszer átviteli kapacitásának számítása. 2. rész”, *Elektrotechnika* 2004. 97. évfolyam 5. szám, 136–140. old.
- [11] **Divényi D., Raisz D., Sleisz Á., Dán A.:** „Szervezett villamosenergia-piac algoritmus fejlesztése és alkalmazása”, *Elektrotechnika*, 2012. 105. évfolyam 7–8. szám, 5–7. old.



### Sütő Bence

doktorandusz  
BME Villamos Energetika Tanszék  
[suto.bence@vet.bme.hu](mailto:suto.bence@vet.bme.hu)



### Divényi Dániel

egyetemi adjunktus  
BME Villamos Energetika Tanszék  
[divenyi.daniel@vet.bme.hu](mailto:divenyi.daniel@vet.bme.hu)



### Sörös Péter Márk

okl. villamosmérnök  
BME Villamos Energetika Tanszék  
egyetemi tanársegéd  
MEE-tag  
[sores.peter@vet.bme.hu](mailto:sores.peter@vet.bme.hu)

## Évzáró, tisztújító Pécsett



A MEE Pécsi Szervezete 2018. december 17-én tartotta évzáró, tisztújító küldöttgyűlését az E.ON Légszuszgyár úti éttermében.

Gelencsér Lajos elnök köszöntése után Kovács Gábor titkár beszámolt az elmúlt év munkájáról, és a jövő évi tervekről. Mészáros Károly ismertette a nyugdíjas szekció 2018. éves programjait, a rendezvényekkel kapcsolatban tapasztalatokat, élményeket. Kertay Györgyné felidézte a szervezet júniusi tanulmányútjának legemlékezetesebb pillanatait.

Ezután a tagság egyhangúan elfogadta a

beszámolókat. A régi vezetőség nevében Gelencsér Lajos megköszönte a tagok és a vezetőség munkáját, és átadta Nádor László levezető elnöknek az értekezlet tisztújító részének vezetését.

A jelölőbizottság elnöke, Rostás Zoltán előterjesztette a jelölőbizottság javaslatát, melyhez a küldöttgyűlés nem tett kiegészítést. Haraszti Attila ismertette a szavazás szabályait, menetét, majd felszólította a küldöttgyűlés résztvevőit a szavazásra. A szünet után a szavazás eredményhirdetésére került sor, melynek alapján a jelen lévő 58 küldött az alábbiak szerint szavazott:

- 58 érvényes szavazatból 57-nél nem módosították a jelölőbizottság javaslatát, tehát a lista módosítása nélkül szavaztak,
- egy szavazólapon pedig:

1 szavazatot kapott az elnöki posztra Péli Balázs.

Az új vezetőség a korábbi 23 fős vezetőséghez képest három helyen változott.

Ezután Gelencsér Lajos elnök a megválasztott vezetőség nevében megköszönte a közgyűlés résztvevőinek az együttműködést, a bizalmat, további közös munkára kérte a vezetőséget és a tagokat, majd a küldött értekezlet hivatalos részét lezárta.

Jó hangulatban, terített asztal mellett, baráti beszélgetésekkel idéztük fel az elmúlt év emlékezetes eseményeit, foglalmaztuk meg a jövőre vonatkozó jókívánságainkat.

*Lejegyezte: Kovács Gábor, a MEE Pécsi Szervezetének titkára*



dr. Timár Peregrin László

## Részvétel a felsőfokú oktatásban a Glóbusz túloldalán

A 90-es években a BME-n dolgoztam a Villamos Gépek Tanszék vezetőjeként. A végzett munkám igen változatos volt, átfogva az elektrotechnika, a gépészet, az akusztika számos területét, és természetesen a legfontosabb az oktatókkal és a hallgatókkal való kommunikáció, a munka szervezése, ipari feladatok megoldása – tudjuk meg dr. Timár Peregrin Lászlótól, aki így folytatja.

Munkásságom eredményeiről számos nyomtatott beszámoló készült, amiket hazai és nemzetközi konferenciákon adtam elő. Úgy találtam, hogy a magyar nyelv szerkezete és szókincse nagyon alkalmas a világos, tiszta, logikus gondolatközlésre. Amellett persze igen fontos volt a világnyelvként elterjedt angol nyelv használata is. A konferencia-előadásaim, valamint a magyar és angol nyelven megjelent könyveim eredményeként hosszabb-rövidebb vendégprofesszori meghívásokat kaptam francia, svéd és török egyetemekre, valamint a canberrai Ausztrál Nemzetvédelmi Akadémiára (AUSTRALIAN DEFENCE FORCE AKADEMY). Az ADFA címerét még manapság is büszkén őrzöm.

A különböző egyetemi módszerek elsajátításában sokat segített az ICIEM (INTERNATIONAL COUNCIL FOR INNOVATION IN HIGHER EDUCATION) szervezetben való folyamatos tevékenységem is. Ez az egyetemek vezetőinek, oktatóinak és intézményeinek nemzetközi hálózata, amelyik a felsőoktatás új módszereivel foglalkozik. Az ICIEM-et 1980-ban alapították, és a „BOARD OF DIRECTORS” vezette. Ebben választott tagként működtem közre 8 évig, képviselve az Ausztráliában általam alapított „SMART WORLD VISION CONSULTANCY Pty Ltd”-t.

A 90-es évek közepe táján a BME-n levő tanszékvezetői szobámba beköszönt két egyetemi oktató, akikkel mindaddig nem volt kapcsolat, a Royal Melbourne Institute of Technology Egyetem rektorhelyettese és egyik dékánja. A korábbi, nemzetközileg elismert tevékenységemre hivatkozva tanszékvezetői beosztásban egyetemi tanári állást ajánlottak fel. Külön kiemelték az addigi szakmai és vezetési, szervezési sikereimet, mint a meghívás alapját. Az ajánlatuk meglepett, de a challenge, az erőpróbára kihívás elég nagy-nak tűnt, így ajánlatukat elfogadtam.

Ausztrália külön földrész, azonban a mai értelemben vett fejlett modern társadalom kialakulása később kezdődött, mint ahogy az például Európában vagy Ázsiában történt. Európában már több ezer éves történelme volt a mai értelemben vett államoknak, miközben Ausztráliában a maori bennszülöttek az egyszerű természeti körülményekhez alkalmazkodva élték életüket. Ausztráliát manapság több állam szövetsége alkotja. Ezek közül Viktória állam és New South Wales a két domináns állam. Ezek az államok közel azonos időben, a 19. században egymással is versenyezve gyors fejlődésnek indultak. Viktória (Melbourne fővárossal) és NSW (Sydney fővárossal) közel azonos időben létrehozta saját egyetemét, támaszkodva az európai oktatókra. Melbourne-ben külön intézmény lett a műszaki jellegű egyetemi oktatás céljára létrehozva, ez az RMIT Egyetem. A fejlődési versengésben az NSW Egyetem nagy lépést tett előre, amikor 1859 júliusában átadták a University of Sydney-t.

Ennek az egyetemnek az érdekessége az, hogy sokoldalú, és sokban utánozta a londoni Westminster Hall építészeti stílusát.

1996-ban átvettem az erősáramú témákkal foglalkozó, gondjaimra bízott RMIT tanszéken a munkát, ami egyfelől szakmai volt, másfelől pedig megszoktam az ausztrál management problémamegoldási stílust is. Az oktatás az ausztrál akcentussal beszélt angol nyelven folyt. Nekem szokatlan volt a széles körben elterjedt „kliens” szó általános használata. A hallgatók az oktatók kliensei voltak, és az oktatók a hallgatók kliensei. Ez a stílus nekem az első időben személytelennek és mesterkéltnak tűnt. Amikor az első bemutatkozó előadásomat elkezdtem, a hallgatóimat „Ladys and Gentleman”-ként szólítottam meg. Az óra utáni szünetben a hallgatók körülfogtak, és azt kérték, máskor is így szóljak, mert ez az első alkalom, hogy valaki őket embernek nézi. „Thank you, you treated us as a human.” Tankönyvként az Engelmenn és Middendorf által szerkesztett 1995-ös kiadású könyv kiválasztott fejezeteit használtam. („Handbook of Electric Motors”) Ennek a könyvnek az írásában korábban én is részt vettem. A villamosmérnök-képzés közös első évvel indult, majd az után választhatnak a hallgatók az erősáramú és a gyengeáramú szakok között.

Az egyetem felső vezetése komoly figyelemmel követte a tanszékvezetők oktatási, szervezési és nevelési munkáját, amit aztán évente írásban értékelt (performance analízis). Az RMIT-n figyeltem meg, hogy a „challenge” milyen fontos fogalom: észrevenni a lehetőséget, elemezni azt, új megoldás tervezése, azt megszervezni, határidőre végrehajtani. Volt azonban olyan eset is, amikor túlzásnak éreztem a szó imádatát. Amikor egy diplomakiosztó ünnepségen követendő példának állítottak be egy nemrég végzett diákot, aki munkája első évében tízszer váltott munkahelyet és állandó challenge-ben élt, de még a végén sem tudta, hol volt a toilette.

Ausztráliában érdekesnek találtam a természet, a természetesség határtalan tiszteletét, amit gyakran túlzásba is visznek. Ez pedig néha veszélyeket is rejt magában. A városokban, azok külső részein fás parkok lazítják a település zsúfoltságát. A fák tisztelete olyan mértékű, hogy például a kiszáradt fákat nem távolítják el, hanem ott hagyják, ahol az kiszáradt, „mert az úgy természetes”. Ezek a tökéletesen kiszáradt fák hihetetlenül gyorsan tüzet fognak a nyári hőségben és szárazságban, és veszélyes gyorsasággal terjesztik a tüzet. A természet tisztelete más területen is rejthet veszélyeket. Az állatvilágára jellemző a kígyók, gyíkok, gyilkos pókok szármassága. Van olyan pók, amelyik csak egy órát él, viszont ha ezalatt megcsípi az embert, az azonnal meghal. A gyíkok és kígyók igen szaporák. Én is találtam kígyót a házunk konyhájában a mosogató alatti bútorban.

Ausztrália nagyvárosaiban, így Melbourne-ben is a lakhatási lehetőségeket a számos ingatlaniroda által kiközvetített villaméretű ház bérlésével oldják meg. Az ingatlanirodák meghirdetik, majd árverés segítségével kiadják a sokszor 4-6 szobás házat. Ez a módszer lehetővé teszi, hogy a lakást kereső polgár a munkahelyéhez közelre tud költözni. Az ingatlan bérlétre szóló szerződést, az ingatlan minden ügyét az ingatlanközvetítő irodák kötik meg a bérlőkkel.

Q.E.D. – vagyis ezeket kellett bizonyítanom. Az általam felvett „challenge” valóban érdekes, erőpróbáló és tanulságos volt – teszi hozzá végezetül dr. Timár Peregrin László.

## Szabadvezeték vagy kábel a megoldás közepfeszültségű hálózatokon?

A villamosenergia-rendszer biztonságos működésének és optimalizálásának elengedhetetlen feltétele a vonatkozó szabványoknak való megfelelés. 2011-ben három új európai szabvány jelent meg az 1 kV feletti hálózatok létesítési és földelési követelményeivel kapcsolatban. Erre a három szabványra közösen „új nagyfeszültségű szabványok” megnevezéssel hivatkozhatunk. Az új szabványok jelentős mértékben szigorították az eddigi létesítési előírásokat és a földelési gyakorlatot, ami újra felvetette a kérdést, hogy szabadvezeték vagy kábelt építsünk. Az új szabványok általános szempontokat adnak meg a konkrét követelmények helyett, így a tervezőkre, üzemeltetőkre hárítják a konkrétumok meghatározását.

### 1. BEVEZETÉS

Az 1 kV-nál nagyobb feszültségű váltakozóáramú létesítményekre vonatkozóan az utóbbi években három átfogó jellegű nemzetközi (IEC, ill. EN) szabvány jelent meg:

- (1) MSZ EN 61936:2016 1 kV-nál nagyobb feszültségű váltakozóáramú energetikai létesítmények – 1. rész: közös szabályok.
- (2) MSZ EN 50522:2013 1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű energetikai létesítmények földelése.
- (3) MSZ EN 50341:2013 1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű szabadvezetékek. 1. rész: Általános követelmények. 2014-ben megjelent egy ún. nemzeti kiegészítés MSZE 50341-2:2014 (továbbiakban NNA), amely a magyarországi sajátosságokat tartalmazza.

Ezek a szabványok a magyar gyakorlatban hosszú ideje alkalmazott szabványok – mint pl. a nagyfeszültségű hálózatokra vonatkozó MSZ 1610 Erősáramú berendezések, az MSZ 172/2 és 172/3 érintésvédelmi, valamint az MSZ 151 szabadvezeték létesítési szabványok – visszavonásával jártak. Kiszűrésre vonatkozóan továbbra is az MSZ 151 vonatkozó lapja érvényes. Az új szabványok megjelentetésének legfontosabb okai az alábbiak:

- Nemzeti szabványok előírásainak egységesítése.
- Szigorodó megengedett érintési feszültség értékek.
- Nagyfeszültségű hálózatok zárlati áramai nőttek, NAF/KÖF állomások lakóterületek közelében létesülnek, körülöleli a város. Nő az áramütés veszélye.
- A hálózatok igénybevétele az időjárás-változás miatt jelentősen változott.

Az (1) és a (2) szabványok alapvetően állomáslétesítési és földelési kérdéseket szabályoznak, a (3) szabvány foglalkozik a KÖF és NAF hálózatok létesítési előírásaival és az érintési feszültség, illetve a földelés kérdésével.

Az utóbbi időben tapasztalható klimatikus hatásokra a jelenlegi hálózataink nincsenek méretezve. Ennek okai:

- Egy időben megjelenő hatások jég és szélterhelés, vagy extrém szélterhelés,
- Egyenlőtelen jégterhelés.

A megnövekedett hálózati kiesések időtartama nehezen csökkenthető, amelyeket a fogyasztók nehezen tolerálnak.



1. ábra Extrém szélterhelés hatása egy közepfeszültségű hálózatra

A klimatikus hatások miatt szigorodtak a tervezési feltételek. Az elmúlt időszakban elvégzett vizsgálatok alapján fel kell tennünk a kérdést, hogy a jövőben milyen irányban mozduljunk el új hálózatok létesítése, vagy akár meglévő hálózatok rekonstrukciója esetén. Ahhoz, hogy megfelelő választ tudjunk adni a címben feltett kérdésre, először vizsgáljuk meg, milyen hatásoknak kell megfelelnünk szabadvezetékes hálózat tervezése esetén.

### 2. TERVEZÉST BEFOLYÁSOLÓ ELŐÍRÁSOK

#### 2.1. Törvényi előírás

A 2007. évi LXXXVI. törvény „A villamos energiáról” (továbbiakban VET) foglalkozik azzal, mikor köteles a Hálózati engedélyes kábelhálózatot létesíteni. Ezt az önkormányzatok kezdetben úgy értelmezték, hogy jogosultak még a meglévő szabadvezeték hálózat karbantartását is megtiltani, azaz kényszeríteni az engedélyeseket a szabadvezeték hálózatok kábelbe helyezésére belterületen. Maga a törvény a következőket tartalmazza:

119/A § (1) A Hálózati engedélyes a helyi önkormányzat kérésére a 119. § (1) bekezdés szerinti átalakítást vagy áthelyezést a 119. § (1) bekezdésétől eltérően saját költségén végzi, ha a helyi önkormányzat a működési területe szerinti belterületen lévő hálózati elem 119. § (1) bekezdés szerinti átalakítását vagy áthelyezését azt megelőző két évben kérte, mint ahogy a hálózati elem könyv szerinti értéke nullára csökken.

(2) A Hálózati engedélyes a helyi önkormányzatot annak kérésére évente tájékoztatja a helyi önkormányzat működési területén lévő belterületi közcélú hálózat, a közcélú hálózat tartószerkezetei és a csatlakozó berendezések műszaki állapotáról, tervezett cseréjének idejéről, valamint arról, hogy e hálózati elemek könyv szerinti értéke mikor csökken nullára.

119/B. § (1) A helyi önkormányzat a működési területéhez tartozó belterületen lévő közintézményi felhasználó és a sportról szóló 2004. évi I. törvény szerinti sportlétesítmény esetében, továbbá a műemlék tulajdonosa a kulturális örökség védelméről szóló 2001. évi LXIV. törvény szerinti műemlék felújítása esetében a Vhr.-ben meghatározott feltételek szerint jogosult az elosztótól a 132 kV-nál kisebb névleges feszültségű szabadvezetékek földkábelre történő cseréjét, valamint a cserével összefüggésben a csatlakozó-, kapcsoló- és átalakító berendezések indokolt átalakítását vagy cseréjét kezdeményezni (a továbbiakban együtt kábelcsere).

(2) Az elosztó az (1) bekezdés szerinti kezdeményezéseknek köteles eleget tenni. Közintézményi felhasználó és sportlétesítmény esetében az elosztó az (1) bekezdés szerinti kezdeményezések alapján – a Vhr.-ben meghatározott szempontok figyelembevételével – kábelcseré ütemezési tervet készít.

## 2.2. Madárvédelem

Az Európai Unió által létrehozott Natura 2000 egy olyan összefüggő európai ökológiai hálózat, amely a közösségi jelentőségű természetes élőhelytípusok, vadon élő állat- és növényfajok védelmében keresztül biztosítja a biológiai sokféleség megővését és hozzájárul kedvező természetvédelmi helyzetük fenntartásához, illetve helyreállításához.

A hálózatok létesítésénél fokozott figyelmet kell fordítani a madarak védelmére. Madárvédelmi problémák megoldására irányelveket, technológiai javaslatokat dolgoztak ki. Az ajánlás célja a KÖF hálózatok közelében élő madarak védelme mellett a folyamatos, gazdaságos, színvonalas áramszolgáltatás biztosítása.

### Milyen veszélyek fenyegetik a madarakat a hálózataink miatt?

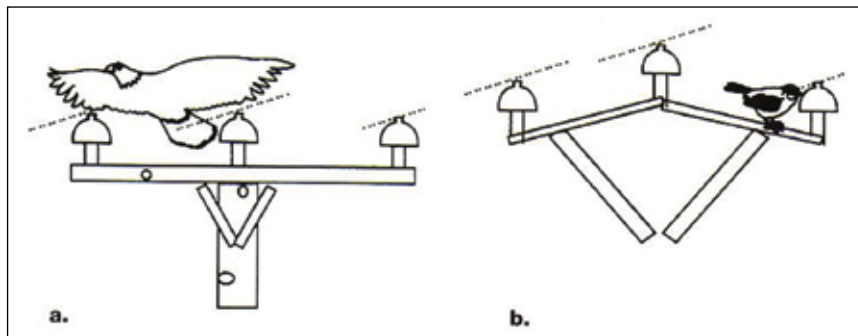
#### 2.2.1. Áramütés

A KÖF szabadvezeték hálózatok tartó szigetelői, az oszlopok vízszintes keresztartói ideális beülési lehetőséget kínálnak a madaraknak, azonban gyakran előfordul, hogy a madarak



3. ábra Védett madarunk a tűzok

Az ajánlások nem tartalmaznak olyan megoldásokat, amelyek elriasztják a madarakat, illetve lehetetlenné teszik a madarak oszlopokon való leszállását. Sajnos a korábbi madárvédelmi megoldások (szigetelő burkolat, szigetelő cső) a hálózatok üzembiztonsága szempontjából utólagosan nem voltak kedvezőek.



2. ábra Fázis-fázis zárlat kialakulása és fázis-föld zárlat kialakulása középfeszültségű oszlopon (Forrás Ferrer és Janss, 1999)

szárnyukkal egyszerre érintenek két fázisvezetőt (lásd „2/a” ábra) és így fáziszárlatot, illetve a lábukkal vagy szárnyukkal a földelt szerkezeti részt és a fázisvezetőt (lásd „2/b” ábra), és ezzel földzárlatot okoznak. A kialakuló zárlati áram a madaraknak halálos áramütést jelent.

#### 2.2.2. Ütközés

A vezetéksodronyoknak történő ütközés a nehéz testű, kevésbé jól manőverező madárfajokra veszélyes, így például a tűzokra és a darura, továbbá a nagy testű gémfélékre. A problémát a vezetéksodrony rossz láthatósága okozza.

#### A madarak áramütésének, vezetéksodronnyal való ütközésének elkerülése érdekében alkalmazható megoldások:

- A szabadvezetékek földkábelre történő cseréje, illetve új földkábel létesítése.
- Burkolt vagy szigetelt szabadvezetékek alkalmazása.
- Csúpsz szabadvezeteki elemek burkolása.
- Burkolt vezetéksodronyok alkalmazása.
- Univerzális kábel alkalmazása.
- Az oszlopok fejszerkezeteinek madárvédelmi szempontú átalakítása.
- Az ütközés szempontjából veszélyes KÖF vezetékszakaszok vezetéksodronyainak ellátása.
  - o Madarak figyelmét felhívó „madáreltérítőkkal”.
- Kiülők létesítése.

## 2.3. Biztonsági övezet

A 2/2013. (I. 22.) NGM rendelet – „A villamosművek, valamint a termelői, magán- és közvetlen vezetékek biztonsági övezetéről” – foglalkozik a biztonsági övezet kérdésével, méretével.

#### A biztonsági övezet terjedelme:

6. § (1) Föld feletti vezeték – ideértve a vezeték tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezést is az a) pont af) alpontjában és a b) pontban foglalt eltéréssel – biztonsági övezete a vezeték névleges feszültségétől függően, a vezeték mindkét oldalán a szélső, nyugalomban lévő áramvezetőktől vízszintesen és nyomvonalukra merőlegesen mért, következő távolságokra lévő függőleges síkorig terjed:

- a) föld feletti szabadvezetékek esetében:
- aa) 500 kV-ot meghaladó névleges feszültségű felett 40 méter,
  - ab) 300 kV felett 500 kV névleges feszültségűig 28 méter,
  - ac) 200 kV felett 300 kV névleges feszültségűig 18 méter,
  - ad) 35 kV felett 200 kV névleges feszültségűig 13 méter,
  - ae) 1 kV felett 35 kV névleges feszültségűig 5 méter, de a vezeték azon szakaszán, amely a belterületre és a fokozott biztonságra vonatkozó előírásainak megtartásával létesült, 2,5 méter (megjegyzés: az egyszerűség érdekében külterületen az oszloptól mért 7-7 m!),
  - af) legfeljebb 1 kV névleges feszültségűig 1 méter, a vezeték tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezés esetében 2,5 méter,
- b) föld feletti szigetelt vezeték és univerzális kábel esetében 0,5 méter, a szigetelt vezeték és univerzális kábel tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezés esetében 2,5 méter,

- c) föld feletti burkolt vezeték esetében legfeljebb 25 kV névleges feszültség szintig 2,5 méter, illetve 1,25 méter a vezeték azon szakaszán, amely a belterületre és a fokozott biztonságra vagy a különleges biztonságra vonatkozó előírások megtartásával létesült,
- d) föld feletti vezeték végpontján a biztonsági övezet a végponttól vízszintesen minden irányban mért, a feszültség szinttől függően az a), b) és c) pontban meghatározott távolságokra lévő függőleges síkig terjed.
- (2) Földben elhelyezett vezeték biztonsági övezete mindkét oldalon a vezeték névleges feszültségétől függően,
- a) 35 kV-nál nem nagyobb névleges feszültség esetében 1 méter,
- b) 35 kV-nál nagyobb névleges feszültség esetében 1,5 méter, a vezeték szélső pontjától vízszintesen és nyomvonalára mérőlegesen mért távolságokra lévő függőleges síkig terjed.
- c) Földben elhelyezett vezeték biztonsági övezete mechanikus védelmet biztosító védőszerkezetben (védőcsőben, kábelcsatornában) elhelyezve a védőszerkezet szélétől mért 0,2 méterig terjed. Több védőszerkezet esetében a távolságot a szélső szerkezettől kell megtartani.

#### 2.4. Középfeszültségű vezetékek építése az új szabványoknak megfelelően

Annak ellenére, hogy az egyszerű tartóoszloptípusok teszik ki az oszlopok zömét, egy-egy légvezetékszakaszon, bizonyítottan a ritkább speciális oszloptípusok (feszítő oszlop, kapcsoló készülék, vagy oszloptranzformátor állomás) jelentik a nagyobb veszélyt a madarakra. Általában azt lehet mondani, hogy minél több szigeteletlen vezeték rész van szabadon az oszlop csúcs részén, annál veszélyesebb az oszlop.

Magyarországon középfeszültségen szinte kizárólag *álló szigetelővel* szerelt fejszerkezetek vannak használatban, ami azt jelenti, hogy a vezetékek a keresztartók síkja felett futnak, amely madárvédelmi szempontból egyértelműen kedvezőtlenebb a *függő szigetelőknél*.

Az új szabványok megjelenése miatt a korábbi VÁT típusok nem adnak támogatást a tervezéshez. Új VÁT típusok kidolgozása szükséges. Ezért vizsgálatot végeztünk, hogy milyen segítséget tudunk adni a tervezőknek az átmeneti időszakban. A vizsgálat legfontosabb megállapítása, hogy állószigetelős fejszerkezettel – 95 mm<sup>2</sup> vezető keresztmetszet mellett B12- 4 kN-os oszlopokkal – 45 m-es oszlopköz engedhető meg. Ez azt jelenti, hogy jelentősen nőnek a költségek és az élőmunkaerő-szükséglet is, hiszen az eddig km-enként létesített 8–10 oszlop helyett 22–23 oszlopot kellene terveznünk. Ez a növekedés jelentős létszámbővítést jelentene mind a létesítés, mind az üzemeltetésben a földelési ellenállások mérése, javítása vagy a hálózatok állapotfelmérése során. A problémát a tervezésnél figyelembe veendő egyenlőtlen jégterhelés okozza, hiszen az állószigetelők az egyenlőtlen terhelés hajlító igénybevételként jelennek meg.

A hazai hálózatépítés során a legkedvezőbb kialakítástól a legveszélyesebb irányában haladva a következő megoldások sorolhatók:

- földkábel (mind madárvédelmi, mind üzembiztonsági szempontból legkedvezőbb, de létesítési költség szempontjából a legdrágább megoldás),
- univerzális kábel (egyaránt alkalmazható földkábelként és szabadvezetéként is, típusoszlopokra is felszerelhető, az alkalmazott speciális szerelvények biztosítják az üzembiztonságot, az életvédelmet),
- teljes hosszban burkolt vezetősodronyok (lényeges szempont a vonatkozó technológia hiánytalan, teljes

körü alkalmazása. Ennek hiányában jelentős üzemzavarok forrása lehet). Előnye, hogy jelentősen csökkenthető a fázistávolság, biztonsági övezet,

- szabadvezetékes hálózatok a legnagyobb termetű madárra méretezett oszlop fejszerkezetekkel szerelve (hazánkban rétisásra számolva 2400 mm-es fázis-fázis és 1200 mm-es fázis-földpotenciál távolság kialakítása – ezek hatalmas méretű oszlop fejszerkezetek lennének).

Ez utóbbi problémát csökkenthetjük, ha függőszigetelős madárbarát fejszerkezetet alkalmazunk. Függőszigetelős fejszerkezetek esetén az oszlopok távolsága 100 méter feletti is lehet.

A szabadvezetékekre – beleértve a szerkezeti elemeire – előírt megbízhatósági szintet az MSZ EN 50341-1 szabvány szerinti tervezéssel lehet biztosítani.

A szabadvezeték üzemi élettartama, hacsak a tervezési előírások másképpen nem határozzák meg, általában 50 év.

A szabadvezeték hálózatok létesítését nehezítik az új szabványok. Az új szabványoknak való megfelelés mintegy 15-20%-kal növeli a költségeket. További költségnövelő, hogy a betonoszlopok ára is mintegy 20%-kal növekedett. A hálózatok építésének jelentős az élőmunkaerő-igénye. Ezt tovább fokozta, hogy az új szabványoknak való megfelelés jelentősen csökkentette a megengedett oszlopközök méretét, növelve a kilométerenként beépítendő oszlopok számát. Az utóbbi időben egyre komolyabb kihívás a társadalmi elfogadottság elérése. A lakosság megítélésében jelentős tényező a hálózat látványa, az EMC zavar és a villamos térerő kérdése, félelem a rákkeltő hatástól.

Ezek után nézzük meg élettartam költség oldalról, hogyan néz ki a kábel, illetve szabadvezeték hálózat létesítése, üzemeltetése. Az összehasonlítást 10 km hálózathosszra végezzük el. Az élettartam költség meghatározásához mind a szabadvezeték, mind a kábelhálózat várható élettartamát 50 évben határozzuk meg.

### 3. SZABADVEZETÉK HÁLÓZAT ÜZEMELTETÉSE

Az üzemeltetési költségeknél a következő elemekkel kell számolnunk:

1. A szabadvezeték hálózatok üzembiztonságát erőteljesen befolyásolják a légköri hatások, az utóbbi időben egyre gyakoribb viharok, villámcsapások, a viharok hatására jelentkező fakidőlések, a téli időben jelentkező zúzmarásodás, sőt az elmúlt időben egyre gyakoribb forgószeklek. 100 km-enként átlagosan 8-10 üzemzavarral számolhatunk évente és egy-egy üzemzavar átlagos elhárítási ideje 3-4 óra. Így 10 km-re vetítve a vezeték élettartama alatt (50 év) 40 üzemzavarral számolhatunk.

2. Szabadvezetékes hálózatok üzemeltetési költségeinél jelentős költség a gallyazás, nyiladéktisztítás. Ezt a tevékenységet a hálózatot körülvevő fák fajtájától függően különböző gyakorisággal kell végezni. A ciklusidő 2-3 év. Az üzemzavarok jelentős hányadát teszik ki a farádólésből származó vezetékcsakadások.

3. Szabadvezetékes hálózatok üzemeltetési költségeinél jelentős költség a vezetékek éves ellenőrző bejárása, illetve a hatévente szükséges állapotfelmérés. Az ellenőrző bejárások tervezésénél átlagosan 6 km/óra, az állapotfelmérés 1,5 km/óra fajlagos idővel kell számolni. A hálózatbejárás az MSZ 1585:2016 szabvány szerint egyszemélyes munkavégzés.

4. Szintén jelentős költség a szabadvezetékes hálózatok oszlop földelési ellenállás mérése, javítása, átlagosan kilométerenként 4 oszlop földelési ellenállás mérése és 2 oszlop földelési ellenállás javításával számolhatunk. Az elérendő



földelési ellenállás értékét és a ciklusidőt az MSZ 172/2 szabvány határozta meg. A ciklusidő az MSZ 172//2 szerint 6 év volt, az új szabvány 12 éves ciklusidőt enged meg.

5. További költséget jelent a hálózatokkal kapcsolatos feszültségmentesítés igénye karbantartás vagy más idegen igény érdekében. Átlagosan 1 kikapcsolással számolhatunk évente.

6. A hálózatok karbantartását az állapotfelmérés alapján kell tervezni és a karbantartását ciklikusan kell végezni. Ciklusidőt átlagosan 6 évvel vehetjük figyelembe, kapcsolódva az állapotfelmérés üteméhez.

Ha a fentieket figyelembe vesszük, akkor 10 km KÖF szabadvezetékes hálózat létesítési és üzemeltetési költségeit az alábbiakkal vehetjük figyelembe.

- MSZ EN 50341 szabványnak megfelelő hálózat esetében:
- 10 km szabadvezeték hálózat létesítési költsége 137.500.000 Ft,
  - 10 km szabadvezetékes hálózat 50 éves üzemeltetési költsége 50.000.000 Ft
- Ezek alapján 10 km KÖF szabadvezetékes hálózat élettartam költsége 50 évre számolva: **187.500.000 Ft**. A szabadvezetékes hálózat létesítési költségét jelentősen növelheti, ha a hálózatban több törési vagy feszítő oszlopot kell építeni.

#### 4. KÁBELHÁLÓZAT ÜZEMELTETÉSE

Kábelhálózat létesítésénél az élőlomunkaerő-igény a kábelárok kialakításánál jelentkezik. Az élőlomunkaigény függ a talaj minőségétől. Egyes területeken ez a munka gépesíthető. Ma már léteznek olyan kábelfektető gépek, ahol a földmunkát és a fektetést egy gép végzi. Ezzel az élőlomunkaerő-igény jelentős mértékben csökkenthető.

A kábelhálózatok társadalmi elfogadottsága sokkal kedvezőbb, mint a szabadvezetékes hálózatoké.

Kábeles hálózatok létesítésénél is a gondot a biztonsági övezet biztosítása okozza. Ezek között a meglévő közművektől való távolság tartása okozza a legtöbb gondot városi környezetben.

Az üzemeltetési költségeknél a következő elemekkel kell számolnunk kábelhálózat esetében:

Kábelesítés előnyei között említhetjük az időjárás anomáliáktól való viszonylagos függetlenséget. Nincs szükség az éves ellenőrző és a hatévente ismétlődő állapotfelmérésre, hiszen a kábel nem látható. Az ellenőrzés a végelzárókra korlátozódik, amely viszont a transzformátorállomások ellenőrzésének része.

1. Az időjárástól való viszonylagos függetlenség kedvező az üzemzavarok szempontjából. Az üzemzavarok okai között gyakori ok a kábelsértés, különösen belterületen belül. Kábelhálózatok esetén is az éves üzemzavari gyakoriság 6–7, átlagos elhárítási idő 1, illetve a javítás ideje 6–8 óra. Így 10 km kábelhálózaton 50 évre 30 üzemzavarral számolhatunk.

2. Kábelhálózatok esetében nincs szükség nyiladék és galylyazási munkákra.

3. Kábelhálózatoknál 6 évente szükséges szigetelés ellenőrzés, illetve 25 évente kábeldiagnosztika (OWTS mérés).

4. További költséget jelent a hálózatokkal kapcsolatos feszültségmentesítés igénye karbantartás vagy más idegen igény érdekében, bár kábelhálózatok esetében a karbantartás igénye viszonylag alacsony.

Ha a fentieket figyelembe vesszük, akkor 10 km KÖF kábelhálózat létesítési és üzemeltetési költségeit az alábbiakkal vehetjük figyelembe. Kábelesítés esetében a vidéki

és külterületi kábelesítést célszerű külön vizsgálni. Városi környezetben a burkolatbontások miatt a kábelesítés létesítési költsége magasabb, azonban a törvényi előírások miatt ott kényszerpályán vagyunk.

#### Vidéki, külterületi kábelesítés esetén:

- 10 km kábelhálózat létesítési költsége 160.000.000 Ft
  - 10 km kábelhálózat 50 éves üzemeltetési költsége 30.000.000 Ft
- Ezek alapján 10 km KÖF kábelhálózat 50 éves élettartam költsége: **190.000.000 Ft**.

#### 5. ÖSSZEFOGLALVA

A megjelent három szabvány jelentős hatással van a hálózatok tervezésére, létesítésére és üzemeltetésére. A hatások egyrészt létesítési költségnövekedés, másrészt élőlomunkaszükséglet növekedése. Ezért fontos kérdés annak vizsgálata, milyen technológiai, automatizálási megoldásokkal tudjuk ellensúlyozni a növekedést. Sajnálatos tény, hogy a klimatikus hatások jelentős mértékben hatnak a szabadvezetékes hálózatokra a vezeték típusától függően különböző mértékben. Ezen sajnos a rekonstrukció sem segít, hiszen egy farádólás a hálózatra sok esetben az új hálózatokat is súlyosan rongálja (oszlopdőlés vagy -törés, vezetékszakadás). Ezért merül fel a kérdés, hogy milyen módon tudjuk ezt ellensúlyozni. Ennek egyik lehetséges megoldása a kábelesítés, amely bár alaphelyzetben drágább műszaki megoldásnak tűnt, azonban ha figyelembe vesszünk minden tényezőt és élettartamra méretezünk, akkor a két létesítés élettartam költsége már összemérhető.

Általánosságban azt mondhatjuk ki, hogy belterületen, különösen városokban mind a KIF, mind a KÖF hálózatok esetében is a jövő a kábelhálózaté mind üzembiztonság, mind társadalmi elfogadottság szempontjából.

Egyéb területeken, összehasonlítva a szabadvezetékek, kábel élettartam költséget azt kell megállapítanunk, hogy a korábbi MSZ 151 szabvány szerinti létesítésnél a városi KÖF kábelhálózat költsége közel 30%-os élettartam-költségnövekedést jelentett a szabadvezetékekhez képest. Ez a költség azonban az új MSZ EN 50341 szabvány szerinti szabadvezeték hálózat létesítésénél és a kábelhálózatnál vidéki fajlagos létesítési költségekkel számolva már nem jelentkezik, azaz a két élettartam költség azonos. Kábelhálózatnál a technológia betartása esetén a várható élettartam hosszabb lehet, mint a szabadvezetékénél. Különösen érdekes ez, ha olyan területen kerül sor kábelesítésre, ahol az üzemzavari gyakoriság 100 km-re vetítve nem 8-10 db/100 km. Ilyen lehet pl. a Bükk, Mátrai terület, ahol az évente többször is előforduló üzemzavarok – gyakori farádólások – miatt 5-6 évente üzemzavar-helyreállítás címen szinte újra építjük a hálózatot. Itt élettartamra vetítve a szabadvezeték hálózat költsége akár többszöröse is lehet a kábelhálózaténak. Ezért újra kell értelmeznünk az eddigi hálózatfejlesztési stratégiánkat.



#### Orlay Imre

Hálózati stratégiai szakértő

Hálózati stratégiai osztály

ÉMÁSZ Hálózati Kft.

MEE-tag

imre.orkay@emasz.hu

## GANZ 750/420 kV transzformátorok tervezése és működése

Egy 2200 MW-os, 750 kV-os távvezeték működik Zapadno-Ukrainskaya /Lvov – volt Szovjetunió-Oroszország/ és Albertirsa/Magyarország/ között 1979 óta. A két állomás közötti 480 km távolságból 270 km hosszú rész magyar területen halad. Ezt a magyar részt magyar mérnökök tervezték szovjet tapasztalatok felhasználásával. A takarékkapcsolókat és a 420 kV-os SF<sub>6</sub> kapcsolóberendezést is magyar mérnökök tervezték, és a GANZ gyártotta GEC és BBC licenc szerint.

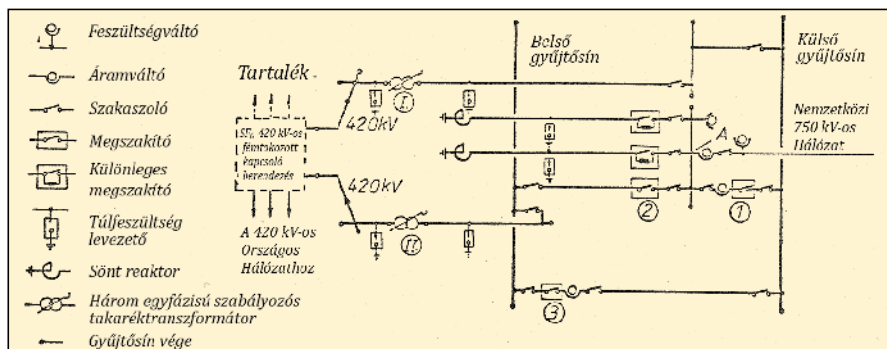
A power transmission line of 2200 MW capacity and 750 kV current is operating between Zapadno-Ukrainskaya/Lvov – Soviet Union/ and Albertirsa/Hungary/since 1979. From the 480 km distance between the two substations a 270 km long section is led through territory. This Hungarian section was designed and constructed by Hungarian engineers using Soviet experience. The autotransformers and the SF<sub>6</sub> 420 kV switchgear was designed and manufactured by Hungarian engineers, using GEC and BBC licenses.

Ez a cikk az *Indian Electrical Manufacturer's Association* rendezte *International Conference on Transformers, February 20th & 21st 1986, Bombay* szemináriumra készített angol nyelvű előadásom magyar nyelvű változata. Az angol nyelvű változat címe: *Design Aspects and Operating experiences with the GANZ Make 750/420 kV Autotransformers.*

Az Albertirsán üzembe helyezett két transzformátorcsoport csoportként 3 egyfázisú 750/420 kV-os takarékkapcsolású transzformátorral és 3 csillagponti feszültség szabályozóval 1979. november 5. óta üzemel. Az azóta eltelt 40 év bebizonyította a tervezők, gyártók, üzemben tartók hozzáértését. Őket ünnepeltük 2018. november 5-én a MAVIR-ban.

### A távvezeték

A távvezeték egyszeres háromfázisú, a fázisvezetők négy párhuzamos kötegből állnak. A földelő vezetők két védős szerkezetűek. A háromfázisú vezetők ACSR 3x4x500/65 mm<sup>2</sup>, a védőföldelők ACSR 2x95/55 mm<sup>2</sup> sodrott kivitelűek. Az ACSR vezetők, armatúráik, a szigetelő lánc magyar gyártmányúak, csak az egysapkás üvegszigetelőket importáltuk a Szovjetunióból. A szigetelő láncok kettős függesztésűek. A 44 darab egysapkás üvegből álló szigetelők mindegyike 12 t törő szilárdságúak. A 611 darab tartó és a 76 darab feszítőoszlop magyar tervezésű és gyártású volt.

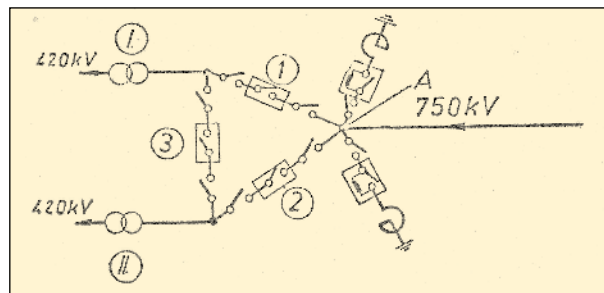


1. ábra Az Albertirsai 750/420 kV-os Transzformátor állomás egyvonalas áramút ábrája

### Az albertirsai 750/420 kV-os transzformátorállomás

Az albertirsai állomás egyvonalas ábráját az 1. ábra mutatja. A 750 kV-os távvezeték az állomás gyűjtősínjéhez másfél megszakítón keresztül csatlakozik. A transzformátorok nem csatlakoznak közvetlenül a megszakítókhoz. Lásd a 2. ábrát. A 420 kV-os SF<sub>6</sub>-os gyűjtősín szintén másfél megszakítás elrendezésű. A 750 kV-os állomást a Magyar ERŐTERV vállalat tervezte a Soviet Energo Projekt Intituttal közösen. Az állomás elemeit a következő vállalatok szállították:

– szovjet szállításúak voltak a 750 kV-os megszakítók, szakaszoló, a 750 kV-os áram- és feszültségváltók, a 2x330 MVA-os söntreaktorok, a hozzájuk tartozó megszakítók, a 750 kV-os távvezeték néhány túlfeszültség-levezetője.



2. ábra Az albertirsai 750 kV-os gyűjtősín elvi kapcsolása; 1 ... 3 megszakítók; I és II háromfázisú transzformátorcsoportok

Magyar beszállításúak voltak az állomás portáljai, a vezérlő terem, a szabadtéri SF<sub>6</sub> 420 kV-os berendezés, melyet a GANZ BBC licenc szerint gyártott, a 2x1100 MVA-es takarékkapcsoló csoport, melyet a GANZ a GEC Power Transformers Ltd., Stafford licence szerint gyártott.

### A 750/420 kV-os takarékkapcsoló csoport

Két transzformátorcsoport került üzembe, mindegyikben három egyfázisú transzformátor és három egyfázisú szabályozó egység. Két tartalék egyfázisú egység is készült, melyeket az állomáson szereltek fel.

### Az egyfázisú főtranszformátor műszaki adatai

Névleges feszültség:  $\frac{750}{\sqrt{3}} \mid \frac{417,5}{\sqrt{3}} \mid 15,5$  kV

### A transzformátorcsoport kapcsolása

750/417,5 kV: takarékkapcsoló; 750/15,5 kV: Yd11

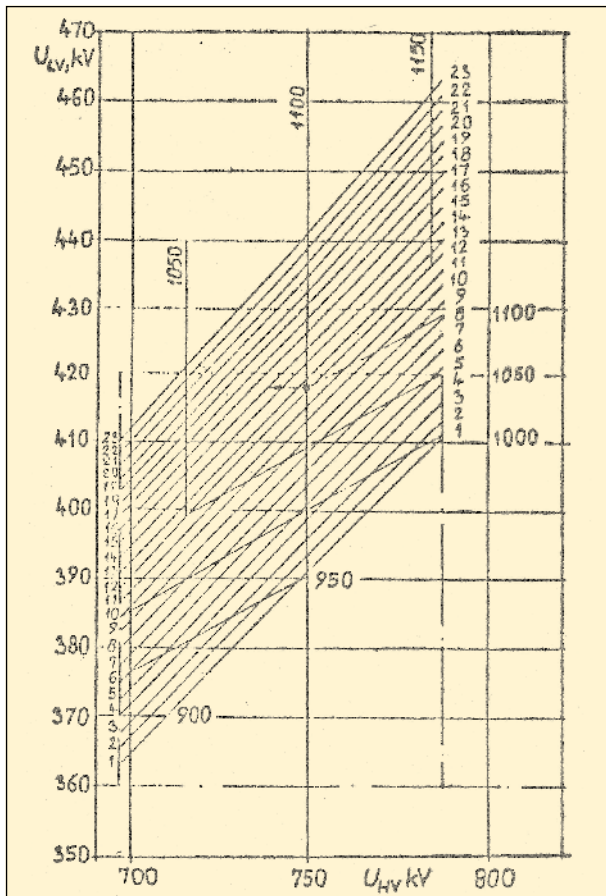
Frekvencia: 50 Hz

### Feszültség szabályozás

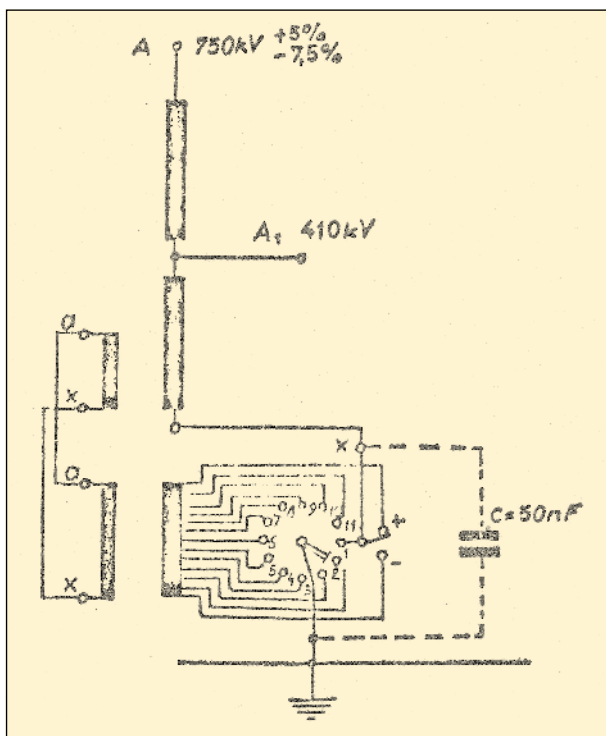
A transzformátor kisebb feszültsége állandó 410 kV-on tartható, ha a nagyfeszültség értéke 736,5 kV + 7% – 5% közötti nagyságú. Ezt a 23 fokozatos egyfázisú, direkt feszültség szabályozóval lehet elérni. A feszültség szabályozó sorba van kötve a főtranszformátorral. Lásd a 3. ábrát, amely a feszültség szabályozás ábrája.

A szabályozó soros tekercse a főtranszformátor csillagpontja és a transzformátorcsoport hatásosan földelt csillagpontja közé van kötve. Lásd a 4. ábrát.

A szabályozó gerjesztése a főtranszformátor tercier tekercséről történik. Mivel a főtranszformátor takarékkapcsolású, ezért ez a csillagponti szabályozó a kombinált feszültség szabályozók közé tartozik. Lásd az IEC Publ. 76-4 magyarázat. A jellegzetessége ennek a feszültség szabályozásnak, hogy a főtranszformátor vasmagja



3. ábra A 750/420 kV-os takarékos transzformátor feszültség szabályozási ábrája



4. ábra Az egyfázisú főtranszformátor és a különálló feszültség szabályozó kapcsolási ábrája

mágneses indukciójának nagysága változik a szabályozó kapcsolójának állásától. Emiatt a tercier feszültségének nagysága változik, így a szabályozó változó gerjesztési feszültséget kap.

A túlterhelés maximális gyakorisága	Időtartam	Feszültség $kV_{rms}$
Hetente egyszer	20 perc	$\frac{860}{\sqrt{3}}$
Évente egyszer	20 másodperc	$\frac{975}{\sqrt{3}}$
Évente egyszer	1 másodperc	$\frac{1310}{\sqrt{3}}$

1. táblázat Az 50 Hz-es túlfeszültség igénybevételének maximális gyakorisága, időtartama és  $kV_{rms}$  nagysága

### 50 Hz-es feszültség túlterhelhetőség

A transzformátor csoport képes az 1. táblázat szerinti 50 Hz-es feszültség túlterhelések elviselésére. A feszültség igénybevételek nagysága a sönt reaktorok működésének függvénye. Lásd az 1. táblázatot.

### Névleges teljesítmény

A háromfázisú transzformátorcsoport névleges teljesítménye 750/414 kV-on 1100 MVA. A 15,5 kV-os tercier háromfázisú teljesítménye 240 MVA. A főtranszformátor csoport beépített teljesítménye 763,4 MVA.

### Terhelhetőség

A feszültségszabályozó bármely megcsapolás állásában a főtranszformátor csoport az előírt működési hőmérséklet határon belül kiállja a következő állandó terheléseket:

- 1100 MVA a 750 kV-os kapcsokon
- 1100 MVA a 420 kV-os kapcsokon
- 180 MVA 0,8  $\cos\phi$  terhelést a 15 kV-os kapcsokon

Ez utóbbi 180 MVA kerül betáplálásra a rendszerbe, ha a 420 kV-os rendszer  $\cos\phi$ -je nagyobb, mint 0,9.

### Túlterhelhetőség

Az IEC „Loading Guide for Oilimmersed Transformers” szerint a transzformátorok állandó túlterhelése nem haladhatja meg a névleges érték 1,5-szeresét vészhelyzet esetén.

### Terhelhetőség segédüzemek nélkül

A hűtési rendszer segédüzemének teljes kiesése esetén a névleges terhelés 10 percig, vagy egy fél terhelés 30 percig tartható fenn.

### Túlfeszültség állóság

A feszültségszabályozó bármely állásában a transzformátor 5%-kal nagyobb feszültség kiállítására képes a kérdéses megcsapoláshoz rendelt feszültséghez képest.

### Melegedés mérésből

A tekercselés ellenállás számított melegedése nem haladhatja meg a 65 °C-t. A maximális olajmelegedés a transzformátor legfelső olajrétegében maximum 55 °C lehet.

Feszültség hányados két tekercselés névleges feszültsége kV/kV	Vonatkoztatási alap MVA	Impedancia %	Tolerancia %
$\frac{750}{\sqrt{3}} / \frac{417,5}{\sqrt{3}}$	$\frac{1100}{3}$	12,5	10
$\frac{750}{\sqrt{3}} / 15,5$	$\frac{240}{3}$	9,5	15
$\frac{417,5}{\sqrt{3}} / 15,5$	$\frac{240}{3}$	7	15

2. táblázat Impedanciák

### Impedancia feszültségek

Az impedancia feszültségeket és toleranciáit a 2. táblázat tartalmazza.

### Szigetelési szintek

A főtranszformátor tekercseinek szigetelési szintjeit a 3. táblázat, az átvezetőkét a 4. táblázat tartalmazza. A 3. táblázatban a zárójelbe tett értékek a próba alatt elért feszültségek nagysága.

#### Rövidzárlati szilárdság értékei

Rövidzárlati teljesítmények:

- 750 kV-os gyűjtősín: 63 000 MVA
- 420 kV-os gyűjtősín: 40 000 MVA
- 15 kV-os gyűjtősín: figyelembe véve a 160 MVA-es szinkron kompenzátor 20,5%-os szubtransziens és 43%-os transziens reaktanciáját az eredmény 780,5 MVA, illetve 372 MVA.

A transzformátorcsoport bármely kapcsán sérülés nélkül kiáll 5 másodpercig tartó, a hálózati rendszer által táplált rövidzárlatot még akkor is, ha a hálózati feszültség 5%-kal nagyobb, mint a névleges érték.

$U_{eff}$	$U_{max}$	$\frac{U_{rl}}{U_{rs}}$	$U_{rs}$	$U_{rl}$	50 Hz-es $U_{max}$	Megjegyzés	
765	625	$\frac{1,35}{1,48}$	2,48 $\frac{1550}{3,35}$ $\frac{3,35}{3,68}$	$\frac{2100 \text{ teljes hullám}}{2300 \text{ vágott hullám}}$	1,44 900	H. V.	
420	343	1,36	3,06/ 1050/ 2,51 860 4,15	1425 teljes hullám	1,84/ 630/ 1,76 603	L. V.	
145	118	---	---	---	4,66	550 teljes hullám	neutral
24	19,6	---	---	---	6,38	125 teljes hullám	tercier

**3. táblázat** A főtranszformátorok szigetelési szintjei

$U_{eff}$	$U_{max}$	$\frac{U_{rl}}{U_{rs}}$	$U_{rs}$	$U_{rl}$	50 Hz-es $U_{max}$	Megjegyzés	
765	625	$\frac{1,35}{1,68}$	2,48 1550 3,36 4,16	2100 teljes hullám 2600 vágott hullám	1,68 1050 1,44 900	száraz nedves	
420	343	1,32	3,43 1175 4,52	1550 teljes hullám	2,19 750 1,98 680	száraz nedves	
145	118	---	---	---	5,51	650 teljes hullám	száraz nedves
24	19,6	---	---	---	6,38	125 teljes hullám	száraz nedves

**4. táblázat** Az átvezetők szigetelési szintjei

$U_{eff}$ , kV: Az 50 Hz-es láncolt feszültség effektív értéke

$U_{max}$ , kV: Az 50 Hz-es fázis feszültség maximális nagysága

$U_{max} \approx U_{eff}$  kV

$U_{rl}$ , kV: Névleges léghőmérséklet túlfeszültség állóság maximális értéke

$U_{rs}$ , kV: Névleges kapcsolási túlfeszültség állóság maximális értéke

$\frac{U_{rl}}{U_{rs}}$ : A maximális léghőmérséklet és kapcsolási túlfeszültség állóság hányadosa

$U_{rf}$ , kV

A fejezetek mint a 3. táblázatnál.

A három áramkört helyettesítő diagram, amely százalékos reaktanciákat tartalmaz 1100 MVA alakra vonatkoztatva az 5. ábrán látható. Az ábrán a transzformátor 750, 420, 15,5 kV-os átvezetőit 1 ... 3 számokkal, a generátorokat végtelen jellel jelöltük.

### Tömegek

Az egyfázisú transzformátor tömeg adatai:

Az olajjal töltött transzformátor teljes tömege: 314,5 t

Az olajtöltés tömege: 75 t

A tartányból kiemelhető belső rész tömege: 163,5 t

Szállítási tömeg olajtöltéssel: 270 t

Az egyfázisú főtranszformátor körvonal rajza a 6. ábrán látható.

### Konstrukció

#### Vasmag

A vasmag M4 karli szigetelésű hidegen hengerelt lemezből készült. A vasmag 5 oszlopos, három betekercselt oszlopból és két külső járomból áll. Az oszlopok és jármok üveg epoxi szalaggal vannak összeszorítva. A három betekercselt oszlopot a szállítási méretek csökkentése miatt alkalmaztuk.

#### Tekercsek

A takarékos transzformátor soros és közös tekercse lépcsős szigetelésű, a tercier tekercs teljes szigetelésű. A tekercseket radiálisan elválasztó tér és a tekercseket elválasztó betétek Weidmann gyártású transformer boardból készültek. Mind a soros, mind a közös tekercsek nagy soros kapacitású tárcsa-tekercsekből állnak. A tekercsek anyaga nagy vezetőképességű vörösréz, a menetszigetelő anyag nátron cellulóz papír.

#### Tartány, fedél, konzervátor

A tartány öntartó, hegesztett acél-szerkezet, amely alkalmas mind közúti, mind vasúti szállításra. Szállítás alatt a tartány a többi vagon részét képezi. A tartány úgy van tervezve, hogy kiállja a szállítás alatti mechanikus igénybevételeket és a teljes vákuumot is. A fedél és a konzervátor hegesztett acél-szerkezet. Mindkettő kiállja a teljes vákuumot.

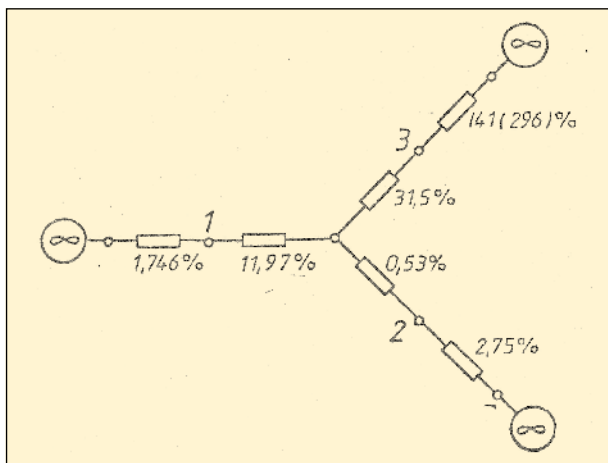
#### Hűtés

A hűtés típusa OFAF. Hét olaj levegős kompakt hűtő van a tartány hosszanti oldalára szerelve a 750 kV-os átvezető túlóldalára. A hűtők egyike tartalék hűtő. A hűtők vörösréz csövesek, amelyek külső levegő oldalára vörösréz spirál huzal van forrasztva. Ezáltal a levegő oldal apróelemes levegő oldali hűtő lesz.

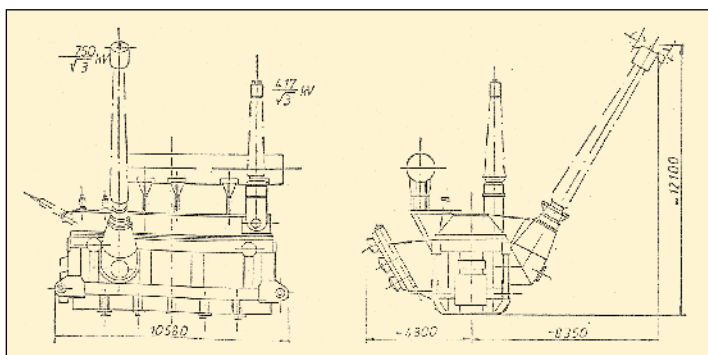
Az olaj a vörösréz csövekben folyik, így az olajoldal nem apróelemes kiképzésű. Mindegyik hűtőhöz egy olajszivattyú és három ventilátor tartozik. A hűtési automatika képes az olaj hőmérsékletét állandó értéken tartani a transzformátor terhelésétől függetlenül. Az állandó olajhőmérséklet csökkenti a konzervátor légcseréjét a minimumra.

#### Nedvességkorlátozás

Azért, hogy megvédjük a transzformátor szigetelését a nedvességtől, egy kombinált zeolit-szilikagél és egy szakaszosan működő, Dr. Csikós Béla-féle víztelenítő légző van felszerelve. A konzervátor felső része hőszigetelt azért, hogy megakadályozza a konzervátor gyors légzését, amely a napsugárzás és árnyék változásakor jön létre. A Dr. Csikós-féle víztelenítő a következőképpen működik. Száraz, meleg levegőt áramoltat a konzervátor olajának tetején. A levegőáramlás nedvességet távolít el az olaj felületéről. A levegő áram elhagyja a konzervátort és lehűl, elveszíti nedvességtartalmát a kombinált zeolit-szilikagél szárítóban. A száraz levegőt felmelegítik és újra befújják a konzervátorba. A Dr. Csikós-féle víztelenítő rendszer szabadalmi száma: H 01 F 27/14. E rendszer alkalmazása biztosította, hogy a transzformátor olajának nedvességtartalma 40 évi üzem után 5 ppm alatt maradt.



5. ábra A 750/420 kV-os takarékos transzformátor csoport és a hozzá csatlakozó hálózat helyettesítő kapcsolási rajza



6. ábra A főtranszformátor körvonal rajza

**Áramváltók**

Mindegyik áramváltó átvezető áramváltó.

Az egyes áramváltók és feladatuk:

- 750 kV-os átvezető áramváltó:
  - 1 áramváltó túláram védelemhez,
  - 1 a differenciál védelemhez,
  - 1 a hűtésautomatika hőmérésének táplálásához
- 420 kV-os átvezető áramváltó:
  - 1 áramváltó túláram védelemhez,
  - 1 a differenciál védelemhez
- Csillagponti áramváltó:
  - 1 áramváltó túláram védelemhez,
  - 1 a differenciál védelemhez,
  - 1 a hűtésautomatika hőmérésének táplálásához
- Tercier áramváltó:
  - 1 áramváltó túláram védelemhez,
  - 1 a differenciál védelemhez.

**Tartozékok**

Hűtés automatika motor indító kapcsolóval, védő elemekkel, hőmások a tekercselés melegpontjának mérésére, olajhő-mérséklet-jelzők, Buchholz relé stb.

**Transzformátorolaj**

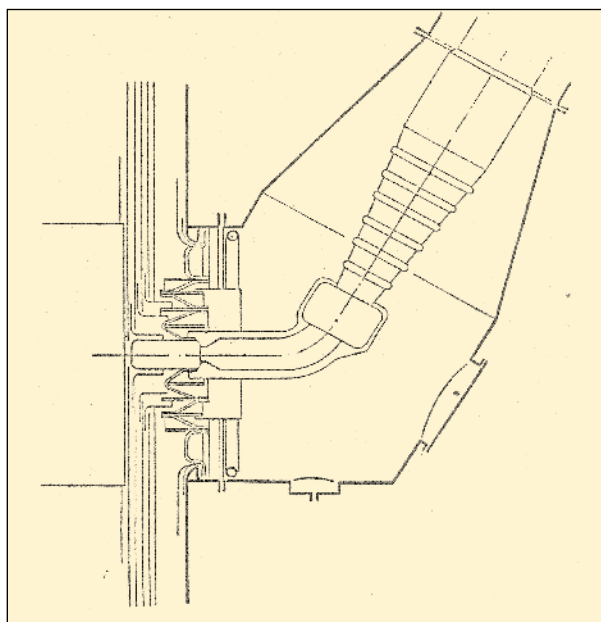
Nem öregedő minőségű transzformátorolaj: US 4000. Szállító Technol Ausztria.

**A transzformátor fejlesztése**

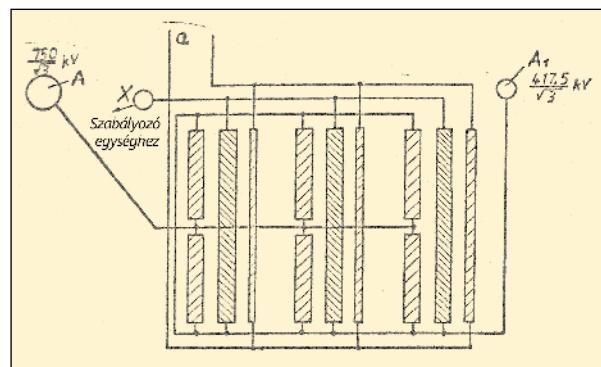
Mint minden nagyfeszültségű és nagy teljesítményű transzformátor esetén, új problémákat kell megoldani a szigetelési szintek, rövidzárlati szilárdság és a szórás többletvesztés kérdéseinek köréből. A 750 kV-os transzformátor fejlesztése a

korábban kifejlesztett 420 kV-os egy- és háromfázisú transzformátorok tapasztalatain alapult. A legkülönlegesebb tekercselrendezésű takarékos transzformátorok lökőfeszültség-eloszlásának számítását számítógéppel végezzük. Az átadott feszültség nagysága a nem lökőfeszültséggel támadott tekercsekre kapacitív úton adódik át a lökőfeszültség próbák alkalmazásával. Az átadott feszültség nagyságát számítógéppel lehet egyszerű módon számítani. A tekercsek nagy soros kapacitása miatt a tekercsek úgy viselkednek, mintha ipari frekvenciás feszültséggel végeznék a próbákat. A lökőfeszültség-eloszlás azonos lesz az ipari feszültség eloszlással.

A tekercsek soros kapacitása széles határok között állítható be azáltal, hogy a menetkeverést különböző nagyságúra állítjuk be. A használt szigetelőanyagok villamos szilárdsága már régóta ismert volt, így nem kellett vizsgálatokat végezni a szigetelőanyagokkal. Még az új 420 kV-os végszigetelő elrendezést sem kellett modellezni. Egy kivétel azonban adódott, a 750 kV-os fali átvezető elrendezés. Lásd a 7. ábrát. Annak ellenére, hogy 420 kV-os fali átvezetőt használtunk minden háromfázisú transzformátornál, a 750 kV-os fali átvezető szerkezetét a Weidmann céggel közösen fejlesztettük ki. A Weidmann cég szállította a szigetelő szerkezetet, a Haefely cég az átvezetőt. Az egész szerkezetet egy próbaedénybe szereltük be. A próbaedénybe szerelt szerkezetet az osztrák Grazi Műegyetem Nagyfeszültségű Laboratóriumában vettük vizsgálat alá. A próbák sikeresek voltak. A 420 kV-os átvezetők típuspróbáit a próbaedénybe szerelt



7. ábra A 750 kV-os tartány oldali fali átvezető elrendezése



8. ábra A főtranszformátor tekercs elrendezése és a belső kapcsolások

állapotban a Haefely gyár végezte el, szintén sikeresen. A 750 kV és 420 kV-os átvezetők belső vezetői elektrosztatikus mezői vizsgálatát számítógépes mező analízis programmal végeztük el. A belső vezetékek elrendezését a 8. ábra mutatja.

A transzformátor rövidzárlati szilárdságát számítógépes programmal ellenőriztük. Az elvégzett számítások megerősítették, a transzformátor megbízhatóan kiállja a különböző rövidzárlatok mechanikus igénybevételeit. A tér szűkös volta miatt a 420 kV-os belső tekercs hozzávezetés egy részét a 420 kV-os végszigetelésbe, a legnagyobb szórt mágneses mezőbe kellett elhelyeznünk. Az erre a darabra ható zárlati mechanikus erőhatást és a szórt mágneses mező okozta melegedési nagyságát a számítógépes programmal ellenőriztük. A program alkalmazása megerősítette azt, hogy ez a vezetődarab minden mechanikus és melegedési igénybevételnek ellenáll.

A szórás többletvesztés nagyságának megállapítására kutatási munka indult és tartott néhány évig a GANZ és a VEIKI-nél. A kutató munka eredményeinek felhasználása lehetővé tette, hogy megfelelő pontossággal meg tudjuk határozni a vasmagban, a tartányban, fedélben, a jármokat összeszorító gerendákban keletkező szórás többletvesztés nagyságát. Azért, hogy csökkentsük az örvényáramok okozta többletvesztéseket és a melegpontok kialakulásának elkerülése érdekében mágneses árnyékoló lemezeket erősítettünk a tartány belső oldalára. A vasmag szorító elemeit antimágneses acélból készítettük, a lemezek járomgerendákhoz csatlakozó végeit felvagtuk.

#### Egyfázisú csillagponti soros feszültség szabályozó

A feszültség szabályozó gerjesztése a főtranszformátor terciér tekercséről történik. A soros tekercselés 11 sorba kapcsolt tekercsből áll. A tekercsek egymáshoz kapcsolt végei a terhelés alatti kapcsoló megcsapolási részéhez csatlakoznak. A megcsapolási rész növekvő vagy csökkenő feszültséget adó részével 23 feszültséglépcsőt lehet beállítani, a csillagponti lépcsővel együtt.

Névleges feszültség:  $11 \frac{5,85}{\sqrt{3}} = \frac{64,4}{\sqrt{3}} / 17,6 \text{ kV}$

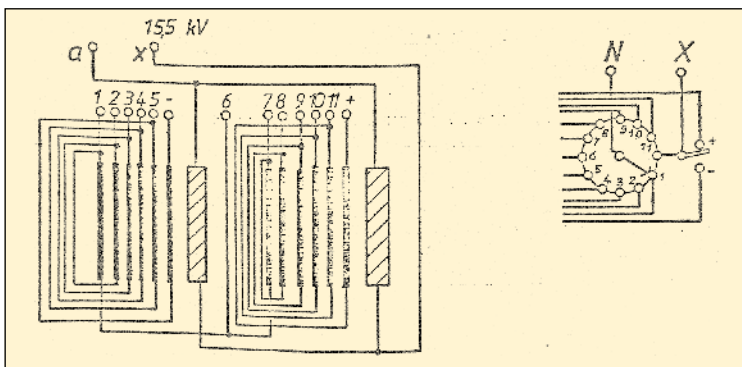
A szélső megcsapolási pozícióban a névleges teljesítmény  $\frac{90}{3} \text{ MVA}$

Névleges frekvencia: 50 Hz

Kapcsolás 1 ... 11 pozícióban: li6

Kapcsolás 13 ... 23 pozícióban: li0

Lásd a 9. ábrát.



9. ábra A feszültség szabályozó tekercselrendezése és a belső kapcsolások

#### Túlterhelhetőség

A feszültség szabályozó minden olyan túlterhelést károsodás nélkül kibír, amit a főtranszformátor kibír.

#### Terhelhetőség segédüzemek nélkül

A hűtési rendszer segédüzemének teljes kiesése esetén a

Hetente egyszer	20 perc	19,2 kV
Évente egyszer	20 másodperc	21,8 kV
Évente egyszer	1 másodperc	29,3 kV

5. táblázat Az 50 Hz-es túlfeszültség gyakorisága, időtartama, nagysága

$U_{eff}$	$U_{max}$		$U_{rs}$		$U_{rl}$	50 Hz-es rövid idejű	Megjegyzés
145	118	---	---	---	4,66 550	Teljes hullám	1,19 140 Soros
72,5	59	---	---	---	5,51 325	Teljes hullám	2,37 140 Csillagponti
24	19,6	---	---	---	6,38 125	Teljes hullám	2,55 50 Gerjesztő

6. táblázat A feszültség szabályozó feszültség szintjei

névleges terhelést 20 percig lehet fenntartani. 60%-os terhelést végtelen ideig.

#### Túlfeszültség állóság

A feszültség szabályozó kibírja az 5. táblázat szerinti túlfeszültségeket a gerjesztő tekercs kapcsainál minden pozícióban.

#### Névleges impedancia feszültségek

A szabályozó két szélső állásában  $\frac{90}{3} \text{ MVA}$ -nél  $7\% \pm 15\%$ .

#### Szigetelési szintek

A feszültség szabályozó szigetelési szintjei a 6. táblázatban láthatók.

#### Rövidzárlat szilárdság

A feszültség szabályozó a főtranszformátorral együtt meghibásodás nélkül kibírja mindazon rövidzárlat okozta mechanikus igénybevételeket, amelyeknek a transzformátorcsoport van alávetve.

#### Tömegek

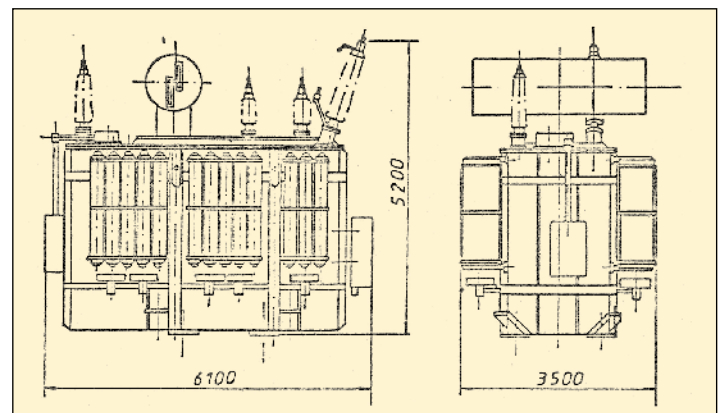
Teljes tömeg olajtöltéssel: 75,5 t

Az olajtöltés tömege: 21 t

A tartányból kiemelhető belső rész tömege: 40 t

Szállítási tömeg olajtöltéssel: 62 t

Lásd a 10. ábrát.



10. ábra A feszültség szabályozó egység körvonalrajza

#### Terhelés alatti fokozatkapcsoló

MR EI 1500-150 / 220

Séma száma: 12231 W

MA 7 motor hajtás

## Konstrukció

### Vasmag

A vasmag M4 típusjelű, karlit szigetelésű hidegen hengerelt transzformátorlemezéből készült. A vasmag 2 tekercsoszlopos és két oldalsó járom oszlopos kivitelű. A tekercsoszlopok és a jármok üveg epoxi szalaggal vannak összefogva.

### Tekercsek

A gerjesztő tekercs folyamatosan gombolyított nagy soros kapacitású tárcatekercsekből áll. A megcsapolásos tekercs csőtekercs. A megcsapolások két csőtekercsre vannak elosztva. A tekercsek anyaga elektrolitós vörösréz, a menetszigetelés nátron cellulóz papír.

### Tartány, fedél, konzervátor

A tartány teljes vákuum kiállítására készült, hegesztett acél-szerkezet. A fedél és a konzervátor szintén teljes vákuum kiállítására készült acélszerkezet.

### Hűtés

A hűtés típusa ONAF. A hűtő radiátorok a tartány oldalára vannak szerelve. A ventilátorok a radiátorok alá vannak szerelve.

### Áramváltók

A soros tekercs két átvezetőjére egy-egy átvezető áramváltó, a gerjesztő tekercs két átvezetőjére szintén egy-egy átvezető áramváltó van szerelve.

### Tartozékok

RS és Buchholz relé, távjelző hőmérő, zeolit-szilikagél nedvesség elleni védelem, hűtési automatika, motor indítóval, párhuzamos járási szabályozó egység stb.

### A feszültségszabályozó kifejlesztése

A feszültségszabályozó kifejlesztésekor semmi kutatási vagy előzetes kipróbálásra nem volt szükség.

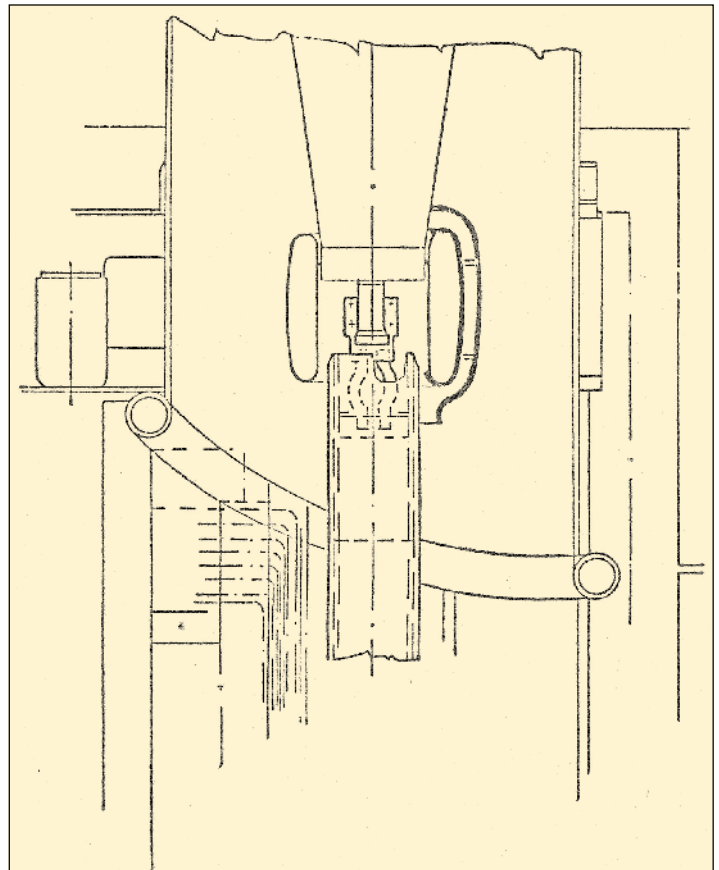
## Üzemi tapasztalatok

### Gyártási tapasztalatok

- (1) A túl gyors gőzfázisú szárítás alkalmazásával néhány transformer board lemez szétrobbant. Ezt elkerülendő csökkenteni kellett a felmelegítés idejét és a vákuum alkalmazás idejét is.
- (2) A réteges fa támasztó gerendákban olaj által nem kitölthető zárványok maradtak. A 100, 150 mm vastag gerendák 10 mm vastag rétegelt fából készültek. Két 10 mm vastag lemez összetoldásánál olyan lyuk keletkezik, amelyet teljesen vagy csak részben tölt ki a ragasztó anyag. Ha levegő zárvány keletkezik a megszilárdult ragasztó anyagban, akkor a levegő helyet nem tudja olaj kitölteni. Ha üzem közben a villamos térerősség elég nagy, akkor ezekben a levegőt tartalmazó lyukakban részleges kisülés keletkezik, amely a szigetelés átütését okozza. Azért, hogy megszabaduljunk ezektől a levegővel töltött lyukaktól, a gerendát több helyen átfúrunk. Az átfúrás okozta lyukak nem gyöngítették lényegesen a gerendák mechanikus szilárdságát, de segítettek megszabadulni a levegőt tartalmazó zárványoktól. A gerendák átfúrása lehetővé tette a gyorsabb és jobb gerenda impregnálását.
- (3) A gerendák röntgen vizsgálatánál kiderült, hogy nemcsak levegő lyukak okoztak átütést, hanem vadászatnál használt ólomsörétek is. Ezek a sörétdarabok az erdőben lefolytatott vadászaton kerültek a fába és bennük maradtak a rétegelt fák gyártásakor. A gerendákat a repülőtereken alkalmazott fémjelző gépekkel kellett átvizsgálni és a söréteket kiszedni, ha a fémjelző söréteket jelzett.

### A felállítási helyen nyert tapasztalatok

- (4) Az alállomás átadási próbái közben vonal-föld rövidzárakat is végeztünk a távvezeték védelmének és a megszakítók működésének ellenőrzésére. A próbák alatt az egyik terhelés alatti átkapcsoló felrobbant. Akkor még nem tudtuk megállapítani az okát. Később rájöttünk a robbanás okára. A főtranszformátor egyik potenciál védő hengere okozta a robbanást. Egy kábeldarab, amely a hengert a megfelelő potenciálra kötötte, eltört, így a védő henger lebegő potenciálú lett. A lebegő potenciálú henger átütés nyomán az olaj elgázosodott és ez okozta a szigetelés átütését.
- (5) Az egyik transzformátor üzembe helyezésére egy különösen hideg télen került sor. A környezeti hőmérséklet  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  között változott heteken át. A felállítás befejeztével a transzformátort olajjal kellett feltölteni vákuum alatt a fedélen elhelyezett egyik szelepen keresztül. Minden munkafázis az előírások szerint történt. Egyhetes pihenőidő elteltével a transzformátort felgerjesztették, mire ez meghibásodott. Az elvégzett vizsgálat kimutatta, hogy átütés jött létre a 420 KV-os átvezető alsó része és az azt körülvevő 2 földelt torony között. A védő elektróda csupasz volt. Ellenőriztük az átütés környezetét, villamos erőtere nagyságát. Ez azonban olyan kicsi volt, hogy átütés emiatt nem történhetett. Emiatt hagytuk az elektródákat csupaszon. Lásd a 11. ábra bal részét. Gondos vizsgálat után megtaláltuk a hiba okát. Amikor vákuumot létesítettünk az olaj feltöltésénél, levegő szívárgott be a tartányba az egyik hűtőben légmentesen záró alsó tömítésen keresztül. Az olaj nagy viszkozitása miatt a levegőbuborékok benne maradtak az olajban, hozzá tapadva a belső felületekhez, vagyis az egyhetes pihenőidő nem volt elég. Amikor gerjesztettük a transzformátort, a



11. ábra A 420 KV-os átvezető alsó része

levegőbuborékok csatlakoztak egymáshoz, áthidalták az elektróda és a földelt cső közötti távolságot, ezáltal átütés jött létre. Az első intézkedésünk az volt, hogy megszüntettük az olajjal való feltöltés alatt alkalmazott vákuumot. Ezt azért tehetjük, mert a feltöltés alatt semmi nedvességszívó szigetelőanyag nem érintkezett a környezettel. A másik intézkedésünk az volt, hogy a csupasz elektródákat beburkoltuk presspán szigetelő anyaggal, sőt az így szigetelt elektróda és a földelt cső közé még barrier rendszerű szigetelő szerkezetet erősítettünk. Lásd a 11. ábra jobb oldalát. Ezen intézkedések elvégzése után már semmi probléma nem adódott a téli üzembe helyezésnél.

- (6) Félévi üzem után megvizsgáltuk a kapcsolók mozgó részeit és átütésnyomokat fedeztünk fel a védő olaj elektródák között. Ez a védő olaj részfeszültség koordináló készülékként működik, nem engedi meg, hogy két egymás melletti fokozat a légköri lökőfeszültség igénybevétele 110 KV csúcsértéknél nagyobb legyen. Megmértük a légköri és kapcsolási túlfeszültségek eloszlását a kapcsoló fokozatokat tartó tekerccseléséknél és megállapítottuk, hogy az igénybevételek jóval alatta vannak a védő rész működési értékénél. Elvégeztük az előírt lökőfeszültség vizsgálatokat a főtranszformátorral együtt, de nem találtunk átütési nyomokat az elektródáknál. Vizsgálatoakat kezdtünk az állomáson és megmértük az egyes alállomási tárgyak, szakaszolók, megszakítók működése közben létrejövő túlfeszültségeket a legkülönbözőbb működési módoknál. A következőket találtuk. Ha az 1-es és 2-es megszakítókkal feszültség alá helyeztük az előzően feszültségmentes 750 KV-os távvezetékét, ingadozó kapcsolási túlfeszültségek jelentek meg a 750 KV-os

transzformátor kapcsainál. Az idézett megszakítók elhelyezését lásd a 2. ábrán. A kapcsolási feszültségek részleges rezonanciát hoztak létre a megcsapolásos tekerccsen. Lásd a 12. ábrát. Ez hozta létre a védő olajréteg átütését. Az átütések megakadályozására 50 nF-os sűrítőt kapcsolattam párhuzamosan a megcsapolásos tekerccsel. Lásd a 4. ábrát. A sűrítő bekapcsolása lényegesen csökkentette a rezonáns frekvenciát és a rezonáns feszültségeket. A sűrítők hatásosságát lökőfeszültség próbákkal ellenőriztük. A sűrítő alkalmazásával a kritikus feszültség, amely átütötte a védőrést, ha oszcilláló túlfeszültség jött létre, egyharmadára csökkent.

- (7) A kisfeszültségű kapcsolási és légköri lökőfeszültséggel végzett próbák azt mutatták, hogy a nagyfeszültségű igénybevétele a transzformátorok földelő kábeleiben keletkezik. Ez azért van, mert az egyes egységek 30 m-re vannak egymástól és a földelés a háromfázisú csoport középső transzformátoránál lett kialakítva. A földelést mindegyik egyfázisú egységnél meg kellett csinálni. Természetesen a csillagponti kötés maradt, ahogy volt.

### Különleges jellemzők

Két különleges megoldás született. Mindkettő a transzformátor üzemidő alatti szigetelési állapotának megőrzésére vonatkozik.

Az első az olajtöltéssel való szállítás. Ezt a Weidmann cég 750 KV-os fali átvezetőjének konstrukciója tette lehetővé. A másik különleges megoldás dr. Csikós Béla szabadalmazott olajszáritási módszere. Mindkettő várakozáson felül kiválóan sikerült. A különálló főtranszformátor és szabályozó egy ismert elrendezés volt. A felmerült problémák főleg a szabályozónak tulajdoníthatók.

### Jövőbeli kilátások

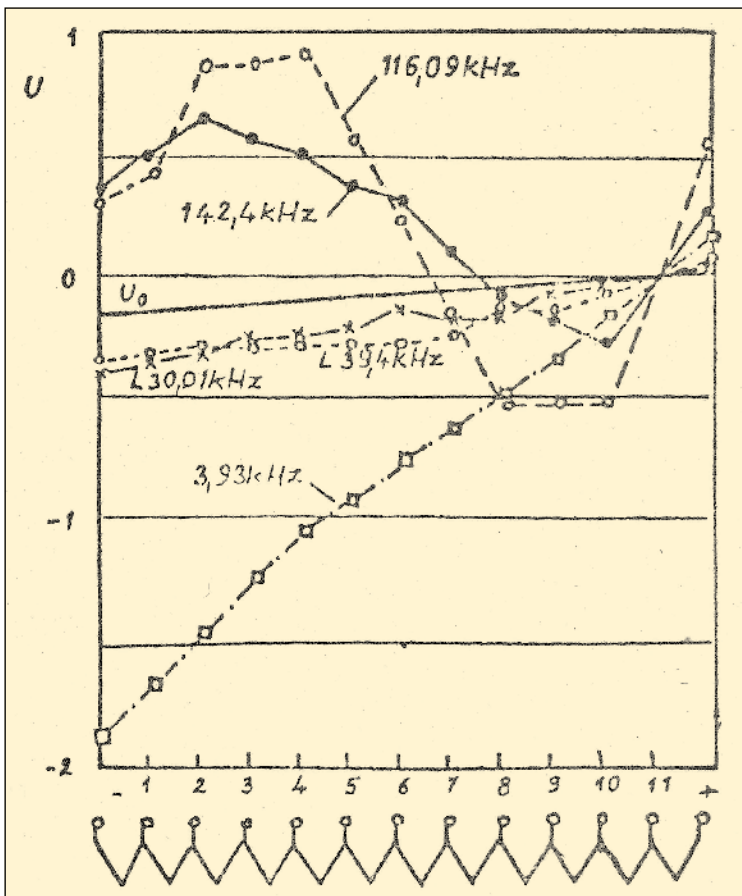
Ha a jövőben 750 KV-os transzformátorra kapunk rendelést, akkor a feszültségszabályozót a főtranszformátor tartányába kívánjuk elhelyezni. Ez esetben a feszültségszabályozó tekerccselését az egyfázisú vasmag két oldalsó jármára fogjuk szerelni. Szállítási nehézségek miatt nem kívánunk az egyfázisú főtranszformátor alkalmazásától eltérni. A jármok gerjesztése a tercier tekercsről történik majd.

### Végszó

Eltekintve a felállítási és átadási problémáktól a megszakítás nélküli 40 éves üzem bebizonyította a gyártott egységek megbízhatóságát. A tapasztalatok, amelyeket az oszcilláló kapcsolási hullámok és a földelő kábelek túlfeszültségei, nem voltak könnyen kezelt problémák. A jövőben hasonló problémák már könnyen lesznek megoldhatóak.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Kerényi Dénes, Dr. Újházy Géza: Stressis Initiated by Oscillating Switching Voltages in 750/420 KV Autotransformer  
[2] GANZ Review No.22. Budapest 1985



12. ábra Feszültségeloszlás a megcsapolásos tekerccsen, különböző rezonáns frekvenciáknál. A gerjesztés az A kapcsan, a fokozatkapcsoló a 750 KV + 5%-os állásban



### Dr. Kiss László Zoltán

Okleveles Vasdiplomás Gépészmérnök  
a Műszaki Tudomány Doktora  
Állami Díjas, Zipernowsky Díjas



Maza Gábor, Péli Balázs

## E.ON tanszék a PTE Műszaki és Informatikai Karán

**Bátran kijelenthetjük, hogy az energetikai ipar hatalmas kihívások előtt áll, és joggal gondoljuk úgy, hogy óriási fejlődésen megy majd keresztül a közeljövőben. Mára ebben az iparágban is nagy hangsúlyt kap az új megoldások keresése, az innováció, az üzembiztonság fokozása és ezzel együtt az igény is az ehhez szükséges szakemberekre.**

Az E.ON-nál pontosan tudjuk, hogy óriási felelősségünk van a jövő szakembereinek edukálásában és kinevelésében – hiszen magasan képzett, korszerű elméleti és gyakorlati ismeretekkel rendelkező kollégákat szeretnénk munkatársaink között tudni - és nemrég fel is tettük magunknak a kérdést: Mit tudunk mi magunk tenni ezért?

Rájöttünk, hogy ha a legjobbakkal szeretnénk együtt dolgozni, akkor már a jövő szakembereinek képzésénél is jelen kell lennünk, és hozzá kell járulnunk ahhoz, hogy képességeik kibontakoztatásához minden külső feltétel a rendelkezésükre álljon.

Az E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt. és a PTE Műszaki és Informatikai Kara között hosszú évtizedek óta áll fenn szakmai együttműködés, ezért a Villamosmérnök szak vezetésével a közelmúltban úgy döntöttünk, hogy egy szorosabb együttműködés keretében közös működtetésű, de a PTE Műszaki és Informatikai Kar Informatika és Villamos Intézet önálló oktatási szervezeti egységhez kötődő külső tanszéket alapítunk E.ON Villamosenergetikai Külső Tanszék néven.

Munkatársaink a külső tanszék keretein belül a villamosenergetika különböző tématerületeit feldolgozó tantárgyak oktatásával járulnak hozzá a hallgatók elméleti ismereteinek bővítése mellett a gyakorlatorientált alapképzéshez. A 2018/2019-es tanév őszi félévében Hálózati Védelmek és automatikák, Elosztóhálózati alapismeretek és Villamos hálózatok tervezése és létesítése című, szabadon választható tantárgyakat oktattunk, a következő szemeszterben az Elosztóhálózati munkavégzés követelményei és a Kábelhálózati ismeretek kerülnek előtérbe.

Továbbá a kihelyezett tanszéken az E.ON lehetőséget biztosít és szakmai irányítást ad tudományos diákköri munkák, diploma- és szakdolgozatok készítéséhez, kihelyezett gyakorlatok tartásához, valamint szakmai gyakorlati helyet biztosítunk a villamosmérnök hallgatók számára. A legnagyobb érték, amit adhatunk, az a tudásunk, kollégáim, legjobb szakembereink tapasztalata, de tudjuk, hogy egy gyakorlatorientált képzésben az eszköz-állomány is fontos, ezért a laborfejlesztésekhez is támogatásokat nyújtunk.

A külső tanszéket a Mérnökiroda szakterületünk üzemelteti, amely jelenleg Pécsen 17 egyetemi hallgatónak kínál szakmai fejlődési lehetőséget a duális képzési programjában.

A duális képzésben az egyetemmel közösen határozzuk meg azokat a tématerületeket, amiket a képzési tervben szerepeltetünk, az egyetemi tanulmányokhoz és a szakma elvárásaihoz igazítva. A duális képzés célja többek között, hogy a hallgató a képzés során ismerje meg a vállalat működését, szakterületeinek szerepét és feladatát és sajátítsa el a vállalat munkakultúráját. Alakuljon ki benne egy olyan mértékű munkabiztonsági tudatosság, ami a vállalatnál kiemelkedő, elhelyezkedését követően kollégái számára példaértékűnek számítson. A képzés végére rendelkezzen az elméleti ismeretek mellett olyan gyakorlati szakmai ismeretekkel, amelyekkel a villamos mérnöki képzettséget igénylő munkaköröket azonnal be tudjanak tölteni.

### A duális képzés előnyei:

- Az elmélet azonnal összeköthető a gyakorlattal – a gyakorlat itt nem a fizikai munkavégzést jelenti, hanem tanulást, nem teszünk be senkit a „termelésbe”, a tanulás a feladat.
- A cégnél a munkatársak kiegészítik a tanultakat és részleteiben megmutatják az összefüggéseket.
- Együtt tudunk dolgozni a képzési intézménnyel a hatékonyabb tudásátadáson.
- A végzés után azonnal munkába lehet állni teljes értékűen, nem kell hosszadalmasan pótolni a hiányzó ismereteket.

A duális képzés mellett gyakornoki programot is működtetünk, amely során egy kétéves képzés keretében a junior villamosmérnökök teljes értékű munkavállalóként szerződnek a vállalattal, miközben egy jól felépített képzési program mentén haladva szerezhetnek naprakész szaktudást. Jelenleg 11-en vesznek részt ebben a programban az E.ON területén, ennek a programnak a működésében is megtaláltuk a közös pontokat az egyetemi képzéssel.

Úgy gondoljuk, hogy közös összefogásra van szükség az energetika jövőjének érdekében, és nagyon büszkék vagyunk arra a partnerségre, amelyet a PTE Műszaki és Informatikai Karával alakítottunk ki. Hiszünk benne, hogy ezt a közös partnerséget a továbbiakban is ápolnunk, fejlesztenünk és gondoznunk kell annak érdekében, hogy közösen nevelhessük a jövő villamosmérnökeit!



### Maza Gábor

Mérnökiroda operatív irányító  
E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt.  
MEE-tag  
gabor.maza@eon-hungaria.com



### Péli Balázs

Régióvezető  
MEE-tag  
E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt.  
balazs.peli@eon-hungaria.com

Novák Balázs

## Nemlineáris félvezető-réteg dielektromos modellezése végesselemes módszerrel

Cikkünkben egy egyszerű algoritmust ismertetünk nemlineáris, térerősséggfüggő fajlagos ellenállású félvezető anyagok dielektromos analizésére az ANSYS EMAG környezetben, illetve egy középvezetési biztosítótartó példáján bemutatjuk az eljárás használhatóságát. Bár a számítást egy adott programkörnyezetben valósítottuk meg, az ismertetett módszer más programfelületen is alkalmazható.

The paper describes a simple algorithm for the analysis of non-linear field grading materials with ANSYS EMAG finite element software. By means of a medium voltage fuse holder we demonstrate the applicability of the method. Although the calculation was carried out with a specific finite element program, the method can be implemented in other environments as well.

### 1. BEVEZETÉS

Félvezető anyagok alkalmazása a villamos térerősség helyi csökkentésére, illetve részleges kisülések kiküszöbölésére már jó ideje ismert és bevált módszer a közép- és nagyfeszültségű berendezésekben. A nagyfeszültségű kábelek vezetőjét félvezető réteg veszi körül, illetve a kábelek árnyékolása és a szigetelése között is egy hasonló réteget találunk. Középfeszültségű, gázszigetelésű kapcsolóberendezésekben gyakran találunk szén adalékanyagot tartalmazó poliamid árnyékolókkal akár átvezető szigetelőkben, akár a vezetők eleinél (csavarok, érintkezők) fellépő nagy térerősségek csökkentésére.

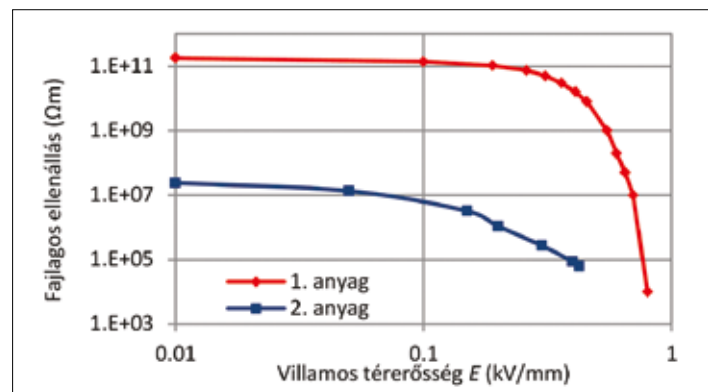
Ezekben az alkalmazásokban a félvezető anyagok fajlagos ellenállása állandónak tekinthető, kb.  $1 \Omega\text{m}$  nagyságrendbe esik. Üzemi frekvencián, de akár feszültségimpulzusok esetén is, a dielektromos számításokban – azaz a villamos térerősség berendezésen belüli eloszlásának számításakor – gyakorlatilag vezető anyagként modellezhetők. A számítási modellek ilyenkor lineárisak. Ha további egyszerűsítésként a szigetelőket végtelen fajlagos ellenállású, tökéletes szigetelőnek, a vezetőket (és az árnyékolás feladatát ellátó félvezetőket) pedig tökéletes, nulla ellenállású vezetőnek tekintjük, akkor statikus, azaz a térjellemzők időbeli változásával nem számoló modellt is alkalmazhatunk. Ezzel mindössze azt tételezzük fel, hogy az anyagok ellenállásának hatása a térerősség eloszlására elhanyagolható, az eloszlást elsősorban a vezetők közötti kapacitások, adott elrendezés esetén a szigetelők dielektromos állandói határozzák meg.

Az utóbbi években a nagyfeszültségű technikában egyre jobban teret hódít a térerősség helyi maximumainak csökkentésére – a villamos-térerősségeloszlás „simítására” – olyan félvezető anyagok alkalmazása, amelyek fajlagos ellenállásuk alapján a számítási modellekben nem tekinthetők sem tökéletes szigetelőnek, sem pedig tökéletes vezetőnek. Sőt, vezetőképességük nemlineáris függvénye a villamos térerősségnek. A térerősség, illetve a villamos potenciál eloszlását ezekben az anyagokban, illetve a felületükön, elsősorban a bennük meginduló vezetési áram hatására kialakuló feszültségés határozza meg. Ezen „rezisztív térsimítás” (resistive

field grading) alkalmazása korábban csak kisebb feszültségeken volt elképzelhető a vezetési áram okozta veszteségek és hő miatt [1]. A nemlineáris félvezető anyagok technológiájának rohamos fejlődése révén az ilyen anyagok ma már szerves részét képezik számos nagyfeszültségű berendezésnek. Középfeszültségű kábelcsatlakozásoknál a megbontott kábelárnyékolás végét sok esetben ilyen félvezetőréteggel vonják be; villamos forgógépek állórész-tekerccselésénél a hornyokban a tekercs felülete és az állórész között a tekercset félvezetőfestéssel vagy szalaggal látják el, illetve nagyfeszültségű átvezető szigetelőkben is találkozunk ezekkel az anyagokkal a kapacitív tér-szabályozás kiváltására [2].

A villamos térerősség nagyságától függő vezetőképességű kompozit anyagok legtöbbször SiC vagy ZnO adalékanyagot tartalmaznak, a szakirodalomban mikrovarisztorként is hivatkoznak rájuk. A térerősség egy bizonyos küszöbértéke alatt a vezetőképességük alacsony és a térerősséggel lineárisan változik, a küszöbérték felett azonban a vezetőképesség exponenciálisan növekszik. Két különböző anyagra az 1. ábrán megfigyelhető azok fajlagos ellenállásának alakulása.

Az alábbiakban egy középvezetési biztosítótartó példáján keresztül mutatjuk be a nemlineáris villamos térerősség – fajlagos ellenállás karakterisztikával rendelkező anyagok egy modellezési lehetőségét ANSYS EMAG környezetben. Bár bizonyos, a kereskedelembe kapható végesselemes programcsomagok lehetővé teszik ilyen karakterisztika közvetlen megadását, sokkal izgalmasabb feladat, ha mindezt egy olyan felületen tesszük meg, amely ezt látszólag nem biztosítja, viszont megengedi a számítási folyamatba való felhasználói beavatkozást egy makró-programnyelven keresztül. Bár az ANSYS programcsomag fejlesztői igyekeznek kiváltani az EMAG felületet, mi sem bizonyítja jobban e hagyományos felület létjogosultságát, hogy idén (2019), tavaly (2018) és három éve is (2016) a fejlesztők által a felhasználók számára megrendezett ANSYS Hall Of Fame versenyen egy-egy ilyen elektromágneses analízist kategóriája legjobbjaként díjaztak.

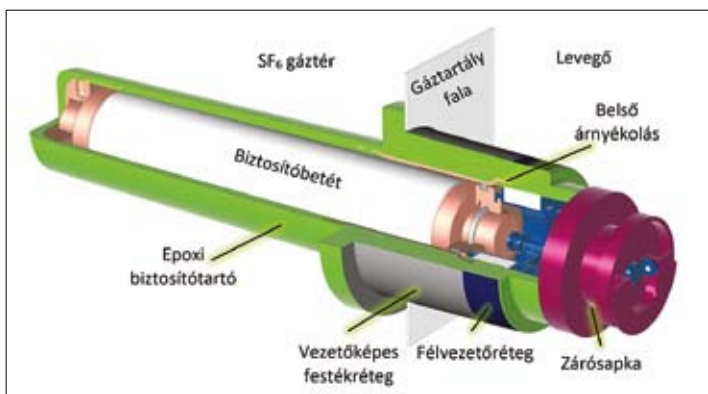


1. ábra Fajlagos ellenállás – villamos térerősség karakterisztika két nemlineáris félvezető anyagra

### 2. A BIZTOSÍTÓTARTÓ

A biztosítótartó (lásd 2. ábra) egy SF<sub>6</sub> gázszigetelésű, középfeszültségű kapcsolóberendezés biztosító kapcsolójának szerves részét képezi. A berendezés feladata egy kábelleágazás kapcsolása és védelme. A biztosítótartó a terheléskapcsoló alatt, a gáztérben, vízszintesen helyezkedik el. A terheléskapcsolóval és a kábelcsatlakozás átvezetőszigetelőjével való összekötéséről a gáztérben belül, fázisonként szilárd rézvezetők gondoskodnak. Az olvadóbiztosítók a tartón belül, levegőben helyezkednek el, cseréjük a berendezés előlapján egy zárókapka levételével és kihúzásával végezhető el.

Mivel a biztosítótartó a gáztérbe benyúlik, ezért egyben átvezetőszigetelőként is viselkedik. Az átvezetés helyén a gáztartály vékony, földpotenciálra lévő lemeze és a feszültség alatti olvadóbiztosítók között a távolság kicsi, ezért itt a tér megfelelő koordinálásáról kell gondoskodni. A fémlemez élének, illetve a gáztartályon kívül elhelyezkedő komponensek – mint a terheléskapcsoló hajtása, reteszelések – árnyékolását a biztosítótartó felületére felvitt vezetőképes festékréteg valósítja meg. A vékony vezetőképes réteg vége azonban hasonlóan éles elektródot képez, amelynél a térerősséget ugyancsak csökkenteni kell. Ez az él az, ahol nemlineáris félvezetőfestéket alkalmaztunk.

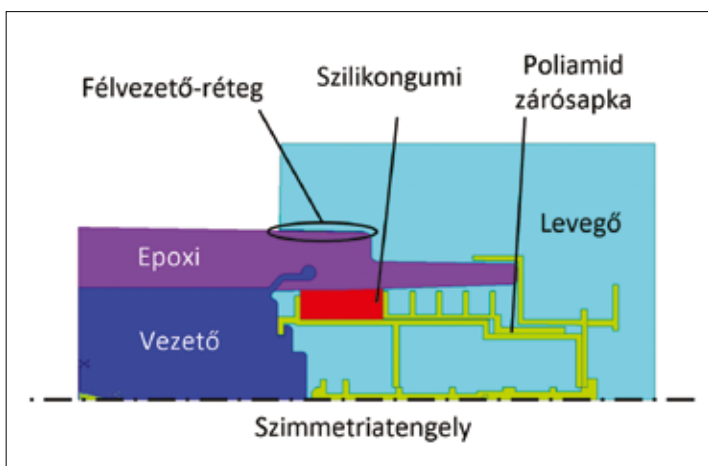


2. ábra A középfeszültségű biztosítótartó

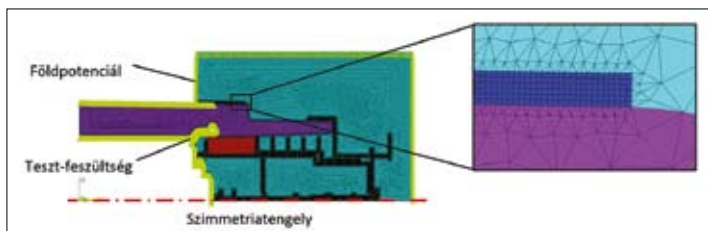
### 3. A SZÁMÍTÁSI MODELLEK

#### 3.1. Geometria

Az elrendezés geometriájából adódik a 2D, hengersizmetrikus modell használata. A modell mindössze a biztosítótartó levegőben található elejét képezte le, ahogy az a 3. ábrán megfigyelhető. Az érintkezőket, a belső és külső árnyékolásokat tökéletes vezetőnek feltételezve, a végelesemes modellben mindössze azok felülete jelent meg. Az összefüggő vezetőfelületek azonos potenciálra kerültek, és a rájuk adott feszültség



3. ábra Hengersizmetrikus geometria



4. ábra Hálózás és peremfeltételek

határozta meg a modell peremfeltételeit a 4a ábrán látható módon. A 30 μm vastag nemlineáris félvezetőréteget 5 mm élhosszúságú, négyzög-elemekkel hálóztuk (4b ábra). A „tér-símító” réteg egy 15 mm széles sávban fedte a vezetőképes festékréteget és 25 mm szélességben nyúlt túl annak szélén.

#### 3.2. Gerjesztés

A gerjesztés, azaz a teszt-feszültség változását pontosan kell követnie a modellnek (lásd melléklet). Két különböző gerjesztést vizsgáltunk: az egyik a szabványos villámimpulzus, a másik az üzemi frekvenciás névleges feszültség 1,1-szerese, azaz a szabványos részkiülés-vizsgálat próbafeszültsége volt. Az 1,2/50 villámimpulzust a következő időfüggvénnyel képeztük le:

$$u(t) = \frac{U_B}{c} (e^{-t/T_1} - e^{-t/T_2}),$$

ahol  $t$  az idő μs-ban,  $U_B=125$  kV a feszültség csúcserőssége,  $T_1=68,49$  μs,  $T_2=0,4054$  μs és  $C=0,9641$ . A transziens számítás 50 μs időpillanattal futtattuk. Az időt 3 μs-ig 0,05 μs hosszú lépésekre osztottuk, 3 μs felett pedig 1 μs időosztást választottunk. Ez összesen 107 időpillanatot jelentett.

A szinuszos gerjesztést a következő függvény adta meg:

$$u(t) = U_p \sin(2\pi f t),$$

ahol  $f=50$  Hz a frekvencia, a feszültség csúcserőssége pedig  $U_p = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 24$  kV. Három időperiódusig számoltunk, az első 16, a többit pedig 32 időlépésre osztva (összesen 80 lépés).

#### 3.3. Nemlinearitás

A modellnek tartalmaznia kellett az anyagok permittivitását és fajlagos ellenállását, az utóbbit a nemlineáris félvezető réteg esetében a térerősség függvényében. Mivel fajlagos ellenállás-térerősség görbe közvetlenül nem vihető be az ANSYS EMAG-ba, viszont hőmérsékletfüggés megadható, ezért ez utóbbi funkciót használtuk fel a térerősségfüggés definiálására. A modellünkben az anyagjellemzők hőmérséklettel való függését elhanyagoltuk, az adatbázisban tárolt görbéknél a hőmérséklet értéke a villamos térerősséget képviselte. Bár más módszerrel is megoldható lenne változó anyagjellemzők definiálása, a már meglévő funkció ilyen jellegű felhasználásának két előnye van: egyrészt az anyagjellemző bevihető hagyományosan, az ANSYS grafikus felhasználói felületén; másrészt az adatpontok interpolációját a program saját algoritmus végzi el. Ha egy adott elembe a térerősség két definiált adatpont közé esik, a fajlagos ellenállást az ANSYS két szomszédos adatpontból lineárisan közelíti.

Így feladatunk mindössze egy olyan algoritmus elkészítése, amely megfelelteti a számolt térerősségértékeket az anyagadatbázisban hőmérsékletként tárolt értékeknek, illetve iterációs lépésekkel egy általunk megadott pontosságon belül megközelíti az eredményt. A pontosságot két egymást követő iterációs lépés eredményeinek összehasonlításával definiálhatjuk. Ha két lépés között a térjellemzők változása a modellben csekély, akkor az utolsó iteráció eredményét véglegesnek fogadjuk el. Az iterációt a transziens analízis minden egyes időlépésére el kell végezni. Mivel az időbeli változást transziens modell futtatásakor az ANSYS saját algoritmus kezeli, itt csak az egy adott időlépésen belüli nemlineáris iteráció megvalósítását ismertetjük. Az 5. ábra egy adott elemre mutatja az iteráció módszerét.

Kezdfeltételként a fajlagos ellenállást meghatározó térerősség értékét nullára, vagy pedig az előző időlépésben számított értékre állítottuk, majd lefuttattuk az analízist. A futtatás után az algoritmus minden egyes nemlineáris elemre összehasonlította az újonnan kapott, illetve az előzőleg

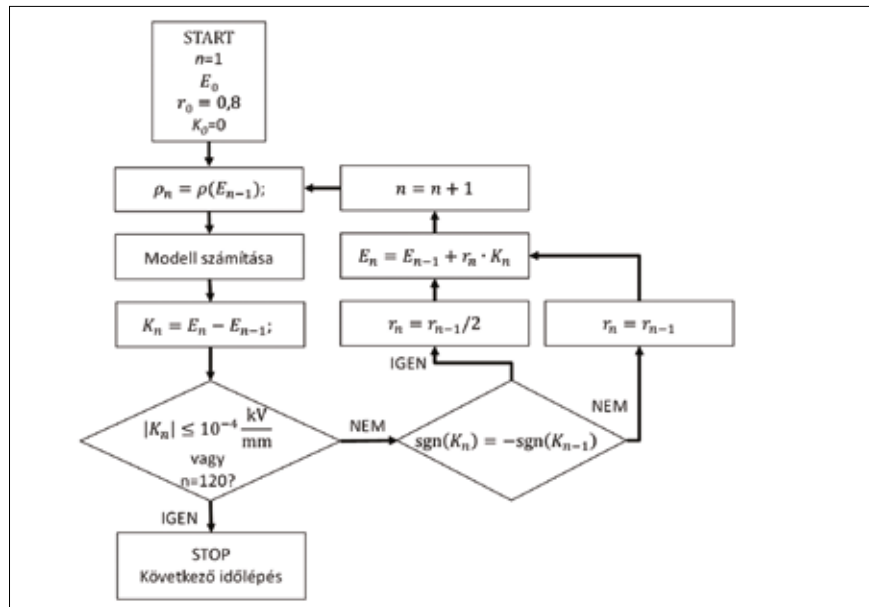
beállított térerősséget. Ha a különbség abszolút értéke  $10^{-4}$  kV/mm alá csökkent, vagy elértünk 120 iterációt, az algoritmus leállt, és az eredményt átadta a következő időlépésnek. Ha ezek a feltételek nem teljesültek, akkor az új térerősségértékeket használta fel az anyagjellemzők beállítására. Ez azonban nem jelentette az új érték egy az egyben való hozzárendelését a fajlagos ellenállás-térerősség görbéhez. Ugyanis ha a térerősség a küszöbérték közelében megnő, a görbe éles töréspontja miatt az adott elem hirtelen jó vezetővé válhat, jelentősen lecsökkentve az elemben magában a térerősséget, illetve a jó vezető határán, azaz a szomszédos, addig jó szigetelő elemekben jelentősen megnövelve azt. A következő iterációs lépésben ezek a szomszédos elemek válnak jó vezetővé, illetve az

előbbi elem, mivel ez előző lépésben lecsökkent benne a térerősség, újból jó szigetelő lesz. Ez oszcillációhoz vezet, azaz ahhoz, hogy a megoldás nem tud konvergálni egy elfogadható eredményhez. Ennek a kiküszöbölésére bevezettünk egy 0 és 1 közötti értékű, ún. relaxációs tényezőt. A fajlagos ellenállás-térerősség görbéhez rendelt térerősséget nem a számított különbséttel, hanem a különbség relaxációs tényezővel megszorított értékével változtattuk meg. A relaxációs tényezőt minden egyes nemlineáris elemre külön határoztuk meg, kiindulási értéke 0,8 volt. Ha a különbség polaritást váltott, az azt jelentette, hogy átléptük a küszöbértéket. Ilyenkor a relaxációs tényezőt az algoritmus megfeleltette, mielőtt az azzal szorzott különbséget az anyagjellemzőhöz hozzárendelte volna. Ezáltal azoknál az

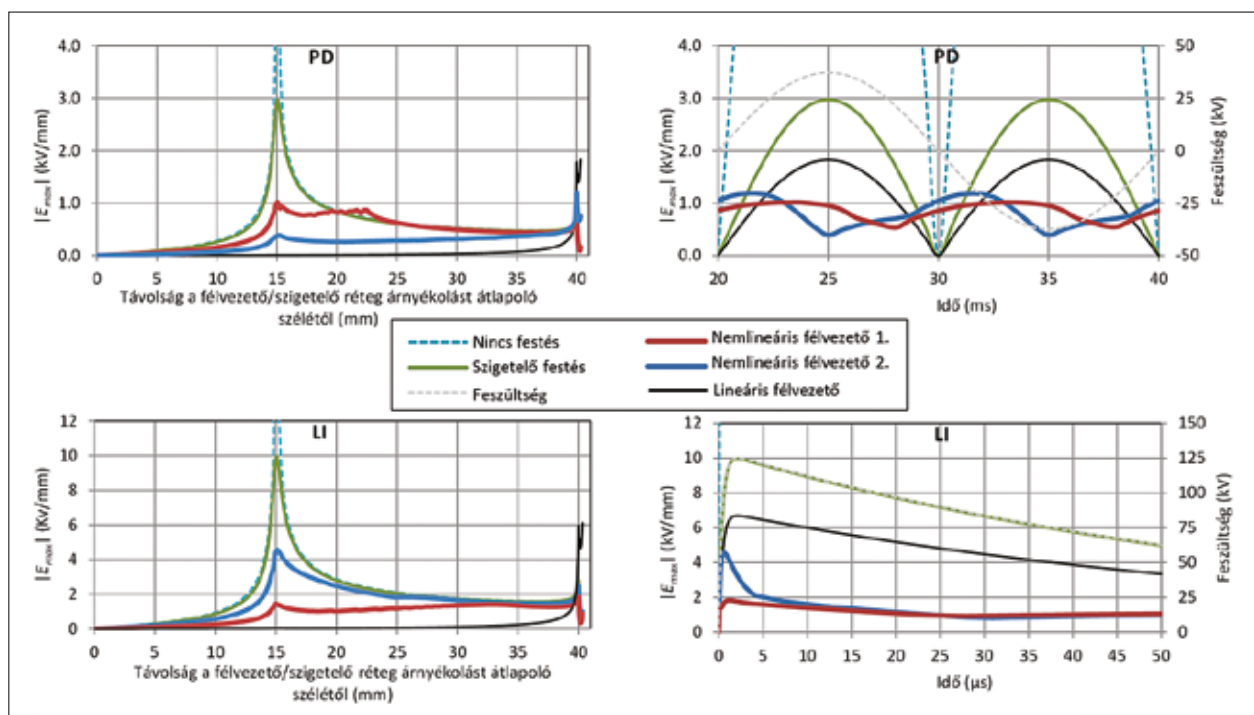
elemeknél, amelyek a küszöbérték közelébe jutottak, egyre kisebb mértékben változott a térerősség két iteráció között, lehetővé téve az eredmény konvergenciáját.

#### 4. A FÉLVEZETŐRÉTEG HATÁSA

Négy különböző anyagmodellt hasonlítottunk össze: az 1. ábra két nemlineáris anyagot, egy állandó,  $1 \Omega\text{m}$  fajlagos ellenállású félvezetőt és egy jó szigetelőt  $\epsilon_r=8$  dielektromos állandóval. A számítási eredményeket a 6. ábrán foglaltuk össze. Az ábra a félvezető/szigetelő festékréteg felületén (3b ábra) mutatja a kialakuló legnagyobb abszolút térerősség térbeli és időbeli eloszlását a két vizsgált feszültség esetén. A távolság szerinti görbék az időbeli maximumot, az időfüggvények



5. ábra Algoritmus folyamatábra;  $n$  – iterációs lépés sorszáma,  $E$  – térerősség abszolút értéke,  $r$  – relaxációs tényező,  $K$  – térerősség különbsége két lépés között,  $\rho$  – fajlagos ellenállás



6. ábra A maximális villamos térerősség térbeli és időbeli alakulása különböző anyagokra szabványos villámimpulzus és részkülés-vizsgálat esetén

pedig a térbeli maximumok változását mutatják. A nemlineáris anyagoknál a maximumoknak nemcsak a nagysága, hanem a helye is változhat a gerjesztés változásával, ahogy azt az Elektrotechnika online felületén található animációban láthatjuk az 1. anyag esetére. Az animációkon a piros görbe a térerősség abszolút értékének, a zöld a térerősség felület menti érintő irányú összetevőjének alakulását mutatja. A 6. ábrán feltüntettük még azt az esetet is, amikor a vezetőképes festés szélét semmilyen védőréteg nem fedi, bár ebben az esetben a térerősség csúcspontja a többi eseténél jelentősen nagyobb volt: 18 és 60 kV/mm részkiülés, illetve villámimpulzus esetére. Ezek a csúcspontok a görbéken nem láthatóak.

Megfigyelhető, hogy a lineáris félvezető anyag – vagy ezzel azonos hatással a vezetőképes árnyékolóréteg biztosítótartó széléig való alkalmazása – jelentősen, körülbelül tizedére tudta csökkenteni a térerősséget, mivel a réteg széle jóval távolabb került a feszültségen lévő elektródtól. Azonban villámimpulzus esetén ez a csökkenés még nem lenne elegendő, ha a térerősséget a homogén tér átütési szilárdsága, ~3 kV/mm alá szeretnénk levinni. A vékony szigetelőfesték sem lenne célravezető, hiszen az a levegőben nem csökkentette eléggé a térerősséget, ugyanakkor magában a szigetelőrétegben alakult ki igen nagy (~40 kV/mm) igénybevétel. Mindkét nemlineáris anyag sokkal kedvezőbb térerősség-eloszlást eredményezett, bár az 1. típusú mikrovarisztor hatása volt a legelőnyösebb.

**Melléklet: AZ IDŐBELI VÁLTOZÁS FIGYELEMBEVÉTELÉNEK SZÜKSÉGESSÉGE**

Az anyag vezetőképességének figyelembevétele kizárja a statikus számítási modell használatának lehetőségét, amit könnyen beláthatunk a Gauss és a gerjesztési törvényekből kiindulva:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \tag{1}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{d\mathbf{D}}{dt} \tag{2}$$

ahol

- D** a villamos eltolási vektor;
- H** a mágneses térerősség vektora;
- j** az áramsűrűség vektora;
- $\rho$  a térfogati töltéssűrűség;
- $t$  az idő.

A (2) divergenciáját véve, és behelyettesítve (1)-et, a következő összefüggésre jutunk:

$$\nabla \cdot \nabla \times \mathbf{H} = \nabla \cdot \mathbf{j} + \frac{d\rho}{dt} \tag{3}$$

Az M1. ábrán két, különböző potenciálon levő, végtelen kiterjedésű síkelektrod között két anyagréteg helyezkedik el, az egyik tökéletes szigetelő nulla vezetőképességgel, a másiknak véges vezetőképessége van. Alkalmazva a (3) összefüggés integrális alakját a két anyag határának egy darabját magába foglaló zárt felületre, figyelembe véve, hogy a rotáció divergenciája nulla, és mivel a térjellemzőknek csak  $x$  irányú összetevője van,

$$\oint \mathbf{j} dA = -\sigma_1 E_1 dA + \sigma_2 E_2 dA = -dA \frac{d\rho_S}{dt} \tag{4}$$

ahol

- E** a villamos térerősség;
  - $\rho_S$  a két anyag határfelületén kialakuló felületi töltéssűrűség;
  - $\sigma$  a vezetőképesség;
  - A** a felület.
- Mivel feltételezésünk szerint  $\sigma_2=0$ ,

$$\sigma_1 E_1 = \frac{d\rho_S}{dt} \tag{5}$$

A (1) Gauss-törvényt integrális alakban alkalmazva az egydimenziós modellelre,

$$\oint \mathbf{D} dA = -\epsilon_1 E_1 dA + \epsilon_2 E_2 dA = dA \rho_S \tag{6}$$

Azaz

$$\epsilon_2 E_2 = \epsilon_1 E_1 + \rho_S \tag{7}$$

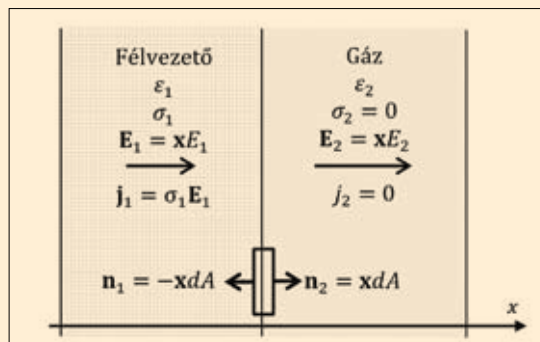
Ezt idő szerint deriválva, és behelyettesítve az (5) összefüggést,

$$\epsilon_2 \frac{dE_2}{dt} = \epsilon_1 \frac{dE_1}{dt} + \sigma_1 E_1 \tag{8}$$

amely egyenletben már csak az anyagjellemzők, az idő és a villamos térerősség szerepelnek.

Jól láthatóan, a modellt leíró egyenletben mind a térerősség, mind pedig annak időbeli deriváltja megjelenik, amennyiben a vezetőképesség nem zérus. Azaz az időbeli változást mindenképp figyelembe kell venni.

A nemlinearitás tovább bonyolítja a helyzetet, mivel a térerősséggel a vezetőképesség is pillanatról pillanatra változik. Amíg a térerősség a félvezetőben a karakterisztika küszöbértéke alatt marad, addig annak vezetőképessége kicsi, az egyenlet jobb oldalának második tagja elhanyagolható, a kapacitív hatás dominál. Mihelyst a térerősség túllépi a küszöbértéket, a vezetőképesség hirtelen megnő, megváltoztatva a két anyagban a térerősségek, azaz  $E^1$  és  $E^2$  arányát. Egy többdimenziós modellben ez az arány nemcsak időben, de pontról pontra is más és más lehet. Végző soron a számításnak pontosan kell követnie az időbeli változást, tehát tranziens végeselemes modellre van szükség még a gerjesztés szinuszos változásának esetében is.



**M1. ábra** Egydimenziós modell az időbeli változást figyelembe vevő számítás szükségességének igazolására;  $\epsilon$  – permittivitás;  $\sigma$  – vezetőképesség;  $E$  – villamos térerősség;  $j$  – áramsűrűség;  $A$  – felület;  $\mathbf{n}$  – felületi normálvektor

**IRODALOMJEGYZÉK**

- [1] **Thomas Christen, Lise Donzel, Felix Greuter**, Nonlinear Resistive Electric Field Grading Part 1: Theory and Simulation, IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 26, No. 6, 2010.
- [2] **Kevin F Friedrich**, Electrical bushing having stress-grading layer disposed within solid insulation including a ground layer terminated at each end with a layer of material having a voltage-dependent resistivity, US3646251A szabadalom, 1970.



**Novák Balázs**  
okleveles villamosmérnök,  
PhD tervezőmérnök  
Lucy Electric Ltd, Thame, Egyesült Királyság  
balazs.novak@lucyelectric.co.uk

## Napelemek volatilis termelésének kvalitatív vizsgálata

MSc II. díj

**A napelemes rendszerek egyre relevánsabb szerepet töltenek be a villamosenergia-rendszer tervezése és üzemeltetése kapcsán. A TSO intézkedésekhez, a KÁT intraday piachoz, valamint a KIF hálózatok monitoring és szabályozási képességének optimalizálásához megfelelő termelésbecslés szükséges. A diplomaterv dolgozat a fotovillamos termelés szempontjából releváns vizsgálati módszereket tárgyal, illetve valósít meg, célja a módszerek tesztelése és az elért eredmények kiértékelése. A munka megalapozza egy konkrét ipari probléma megvalósítását, hiszen a bemeneti adatok felbontásának változtatásával, illetve a termelésbecslés célértékének megfelelő időeltolásával számos kérdés megválaszolhatóvá válhat.**

**The photovoltaic (PV) systems play an increasingly important role in the power systems. The forecast of PV production is relevant regard to preventive actions and reserve allocation of TSO (Transmission System Operator). Furthermore, prediction of PV production is also important for intraday market of Hungarian mandatory off-take (KÁT). In addition, forecasting of photovoltaic production is also relevant for monitoring and regulation of low voltage networks. In my thesis I would like to present the methods regarding to production of PV plants and concrete examinations.**

### 1. BEVEZETÉS

A fotovillamos termelés vizsgálata átviteli hálózati rendszerirányítói szinten a preventív intézkedések, a tartalékok allokációja, valamint hosszútávon a magasabb szintű rendszerbiztonság szempontjából bír nagy jelentőséggel. Emellett a smart grid eszközök megjelenésével a prognosztizált termelési adatok szintén fontosak lehetnek a kifeszültségű hálózat monitoring és szabályozási képességének fejlesztésében.

A fotovillamos termelés vizsgálatához, illetve előrejelzéséhez megfelelő adatfeldolgozás szükséges. A diplomaterv dolgozatban ezért a rendelkezésre álló adatok, valamint az adatfeldolgozás konkrét megoldása is részletezésre kerül. Emellett a rendelkezésre álló fotovillamos termelés és meteorológiai paraméterek korrelációanalízise is bemutatásra kerül, melynek segítségével a napelemes termelés prognosztizálásához legalkalmasabb bemeneteket lehet kiválasztani. Jelen cikk 2. fejezete a korrelációanalízis eredményeit ismerteti.

A dolgozat továbbá ismerteti a napelemes termelés vizsgálatával kapcsolatos módszereket és eljárásokat, valamint a konkrét termelési vizsgálatokat. A diplomaterv a napelemes termelés prognosztizálásához kapcsolódó legfontosabb módszereket mutatja be, valamint bővebben foglalkozik a neurális hálózattal, mint gyakran alkalmazott termelésbecslő eljárással. Bemutatásra kerülnek a neurális hálózatok részei, a leggyakrabban alkalmazott, úgynevezett Back Propagation eljárás, a neurális hálózatok alkalmazásának lépései, a feed-forward neurális hálózatok, a fontos beállítási paraméterek, valamint a feed-forward, Back Propagation hálózatok alkalmazásához köthető heurisztikák.

A cikk 3. fejezete a neurális hálózattal történő fotovillamos termelés előrejelzését részletezi, valamint elemzi a becslés során kapott eredményeket.

Emellett a dolgozat ismerteti a napelemes termelés időjárás alapú csoportosítását, a besugárzás különböző osztályozási módszereit tárgyalja, valamint a mesterséges napelem termelési idősorok előállításának módszereit mutatja be. A cikk 4. fejezete egy konkrét klaszterezés alkalmazását és eredményeit részletezi.

Végezetül az 5. fejezet összegzi a kapott eredményeket, és rávilágít az elért eredmények jövőbeni felhasználási lehetőségeire.

### 2. KORRELÁCIÓANALÍZIS EREDMÉNYEI

A napelemes termeléshez köthető vizsgálatokhoz 2016. 06. 25.-2017. 07. 03. közti adatok álltak rendelkezésemre, melyeket az ELMŰ Nyrt. szolgáltatott számomra. Az adatok között szerepelnek napelemes rendszerek termelésének adatai, a PV rendszer helyszínén mért meteorológiai paraméterek (csapadékmennyiség [mm], globális, direkt és szórt sugárzás [ $W/m^2$ ], külső hőmérséklet [ $^{\circ}C$ ], légnyomás [hPa], relatív páratartalom [%], napelem-hőmérséklet [ $^{\circ}C$ ], szélirány [ $^{\circ}$ ], szélesség [m/s]), valamint Budapest területére vonatkozó mért és előrejelzett OMSZ- (Országos Meteorológiai Szolgálat) adatok (hőmérséklet [ $^{\circ}C$ ], borultság [%], relatív páratartalom [%], globális sugárzás [ $J/cm^2$ ], szélesség [m/s]). A termelési adatok két fóti napelemes rendszer adatai, melyek egyenként 15,6 kW ( $P_1$ ), 33,5 kW ( $P_3$ ) névleges teljesítménnyel rendelkeznek. A termelési és meteorológiai adatok eredeti felbontása 10 másodperces volt. A korrelációs számításokhoz és a termelésbecsléshez egyórás felbontást alkalmaztam, mely elsősorban az OMSZ-adatok felbontása, valamint a fellépő nagy számítási igény miatt volt indokolt.

Ahhoz, hogy eldönthessem, hogy a meteorológiai paraméterek közül melyek a fotovillamos termelés előrejelzése szempontjából relevánsak, korrelációs számítást végeztem a teljes adatsorra. A számítás eredményei alapján a termeléssel legin-

**1. táblázat**  $P_1$  termelés és a vizsgált meteorológiai tényezők közti korreláció

Vizsgált meteorológiai paraméterek	Korrelációs együttható
Csapadékmennyiség	-0,09
Direkt sugárzás	0,89
Szórt sugárzás	0,64
Globális sugárzás	0,93
Külső hőmérséklet	0,53
Légnyomás	-0,12
Páratartalom	-0,64
Napelem-hőmérséklet	0,77
Szélirány	-0,25
Szélesség	0,32
OMSZ-hőmérséklet	0,53
OMSZ-borultság	-0,17
OMSZ relatív páratartalom	-0,65
OMSZ globális sugárzás	0,85
OMSZ-szélesség	0,12

**2. táblázat**  $P_3$  termelés és a vizsgált meteorológiai tényezők közti korreláció

Vizsgált meteorológiai paraméterek	Korrelációs együttható
Csapadékmennyiség	-0,09
Direkt sugárzás	0,86
Szórt sugárzás	0,61
Globális sugárzás	0,89
Külső hőmérséklet	0,45
Légnyomás	-0,07
Páratartalom	-0,62
Napelem-hőmérséklet	0,7
Szélirány	-0,24
Szélesség	0,34
OMSZ-hőmérséklet	0,45
OMSZ-borultság	-0,18
OMSZ relatív páratartalom	-0,63
OMSZ globális sugárzás	0,82
OMSZ-szélesség	0,13

kább korreláló paramétereket vettem figyelembe a prognózis készítésekor. Az analízis során a Budapest területén mért meteorológiai adatokat, valamint a helyszínen mért időjárási adatokat is vizsgáltam. A fotovillamos termelés és a vizsgált meteorológiai paraméterek közti korrelációs együtthatók értékeit  $P_1$  és  $P_3$  esetében az 1. és 2. táblázat tartalmazza.

Mindkét esetben megfigyelhető, hogy a helyszínen mért besugárzás, különösen a globális sugárzás korrelál a legjobban a termeléssel. Ezenkívül nem elhanyagolható a relatív páratartalom, a napelem-hőmérséklet, az OMSZ relatív páratartalom és az OMSZ globális sugárzás befolyásoló hatása sem. A napelem hőmérséklete csak a  $P_1$  rendszer esetében áll rendelkezésemre, azonban a napelemek azonos típusa és a nagy korrelációs együttható miatt a továbbiakban a  $P_3$ -as rendszerrel is vizsgált paraméterként kezeltem.

Az előbb felsorolt paraméterekre vonatkozóan a korreláció szignifikanciáját  $N-2$  szabadságfokú  $t$ -statisztika segítségével ellenőriztem. Minden esetben 95%-os szinten vizsgáltam a korrelációs együtthatókat. A  $t$ -statisztika képlete a következő [1]:

$$t = r * \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}} \quad (1)$$

ahol

$r$  a korrelációs együttható értéke,

$N$  az adatpontok száma (jelen esetben 5652).

A 95%-os szinthez tartozó kritikus értéket (1,96) az Excel INVERZ.T függvényével határoztam meg,  $N-2$ , azaz 5650 szabadságfok esetén. Ha a vizsgált adat esetében a  $t$ -érték abszolútértéke nagyobb a 95%-os valószínűségi szinthez tartozó értéknél, a korreláció szignifikánsnak bizonyul. A szignifikanciavizsgálat alapján az összes paraméter 95%-os szinten szignifikánsnak bizonyult.

A korreláció- és szignifikanciaanalízis alapján a termelésbecsléshez használt MATLAB-bővítményben bemenetként a fóti globális sugárzás, páratartalom és napelem-hőmérséklet, valamint az OMSZ-páratartalom és globális sugárzás szerepel. A közel egyéves adatból az utolsó 27 napra (2017. 06. 03. és 2017. 07. 03. között) készítettem előrejelzést.

### 3. ELŐREJELZÉS NEURÁLIS HÁLÓVAL

A termelésbecslést a MATLAB Neural Network Toolbox bővítménye segítségével készítettem el. A bővítmény tanító, kiértékelő, és tesztelő folyamatához nagy mennyiségű bemeneti adathalmaz és célérték szükséges, valamint a szimulációhoz is szükség van adatokra. Az adatokból a bővítmény alapértelmezetten 70% tanító, 15% kiértékelő, és 15% teszt adathalmazt használ fel a becsléshez, de ezek a százalékos értékek változtathatók. A prognózisokhoz az alapértelmezett értékeket alkalmaztam.

Egy adott problémára vonatkozó leggyorsabb tanító algoritmus kiválasztása számos tényezőtől függ: a probléma komplexitásától, a tanító adatpontok, a súlyok és biasok számától, az „elvárt” hibától, valamint attól, hogy a hálózatot mintafelismerésre vagy függvény közelítésére szeretnénk-e használni. [2] Az elektronikusan elérhető felhasználói kézikönyv segítségével választottam meg a termelés előrejelzéséhez legalkalmasabb tanító algoritmust. A [2] forrás alapján a Levenberg–Marquardt-algoritmus (trainlm MATLAB függvény) és a konjugált gradiens algoritmus (trainscg MATLAB függvény) is megfelelő lehet a futási idő és a pontosság szempontjából. Mindkét eljárás tesztelése után végül a Levenberg–Marquardt-algoritmus mellett döntöttem a tesztelés során készített előrejelzés kisebb hibája miatt.

A bővítményben alapvetően háromféle transzfer függvényt lehet használni, a log-sigmoid, a tangens szigmoid, és a lineáris függvényt. Mivel [2] a többi forráshoz hasonlóan tangens szigmoid transzfer függvényt alkalmaz, valamint lineáris transzfer függvényt a kimeneti réteg esetén, az általam választott függvények is ezek.

Továbbá fontos beállítási lépés a rejtett réteg neuronszámának megválasztása, amihez a [3], [4], [5], [6], [7] forrásokban leírtakat vettem figyelembe.

A neurális hálóval történt, többféle beállítási paraméterrel rendelkező előrejelzések pontossága relatív RMSE hibamutató segítségével került összehasonlításra. A relatív RMSE képlete a következő:

$$RMSE [\%] = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{valós}^2}} \quad (2)$$

ahol

$e_i$  a becslés és valós teljesítmény közti különbség  $i$ . értéke,

$P_{valós}$  a valós teljesítmény értéke,

$N$  az adatpontok száma.

A készített prognózisok időhorizontja kétórás, azaz a hálózat két órával előre becsüli meg a várható fotovillamos termelést  $P_1$  és  $P_3$  esetén. Mivel az OMSZ bemeneti adatok eleve órás felbontásúak voltak, azok interpolációval történő nagyobb felbontásúra állítása növeli a becslés hibáját. Továbbá az intraday (napon belüli) előrejelzéssel a bemenetek ismeretében pár másodperc alatt kiszámolható a két óra múlva várható állapot, és így folyamatos monitoring mellett megkaphatjuk a várható termelést. Az egynapos prognózishoz képest pontosabb becslés valószínűsíthető meg, valamint az eredmény felhasználható az intraday piachoz kapcsolódó menetrendek készítésénél. Attól függően, hogy az intraday KÁT piac hány órára elővetített termelési adatokat igényel, a módszerrel megvalósítható többórás előrejelzés is, a célérték elcsúsztatásával. Az intraday piac lehetőséget biztosít a másnapi menetrendek módosítására a napon belül (ez jelen esetben egy egynapos menetrend pontosítását jelenti két órával a bekövetkezés előtt).

Minden becslésnél 20 különböző hálózatot vizsgáltam, melyek a rejtett neuronok számában különböztek egymástól. Összesen ötféle prognózist készítettem, a korrelációs számítások eredményét figyelembe véve változtattam a bemeneti paramétereken. A becslések kiértékelésekor kiszámoltam a 27 vizsgált napra vonatkozó hibákat. A hibaszámítás során a termelés, valamint a napi megtermelt energia RMSE-értékét határoztam meg a vizsgált időtartamra. Mivel az elszámolás energia alapú, a becsült termelt energiamennyiség kiszámolása is indokolt volt. A hálózat jóságát is elemeztem, kitérve a regressziós eredményekre, illetve a hálózat pontosságára.

### 3.1. Eredmények összefoglalása

A 3. és 4. táblázat az összes vizsgálat legkisebb értékeit tartalmazza  $P_1$  és  $P_3$  esetén a termelésre nézve.

**3. táblázat** Az összes vizsgálat során számolt legkisebb hibák  $P_1$  rendszer esetén a termelésre nézve

Bemenetek	Rejtett neuronok száma	RMSE [%]
Globális sugárzás, relatív páratartalom, napelem-hőmérséklet, OMSZ globális sugárzás, OMSZ relatív páratartalom	7	39,415
Globális sugárzás	3	29,647
Globális sugárzás, napelem-hőmérséklet	<b>14</b>	<b>28,464</b>
Globális sugárzás, napelem-hőmérséklet, OMSZ globális sugárzás	6	34,188
Globális sugárzás, napelem-hőmérséklet, OMSZ globális sugárzás, relatív páratartalom	14	39,655

**4. táblázat** Az összes vizsgálat során számolt legkisebb hibák  $P_3$  rendszer esetén a termelésre nézve

Bemenetek	Rejtett neuronok száma	RMSE [%]
Globális sugárzás, relatív páratartalom, napelem-hőmérséklet, OMSZ globális sugárzás, OMSZ relatív páratartalom	1	42,898
Globális sugárzás	14	35,910
Globális sugárzás, napelem-hőmérséklet	<b>14</b>	<b>34,799</b>
Globális sugárzás, napelem-hőmérséklet, OMSZ globális sugárzás	3	37,764
Globális sugárzás, napelem-hőmérséklet, OMSZ globális sugárzás, relatív páratartalom	1	41,313

A 3. és 4. táblázat alapján a legkisebb hibát adó eredmény a vizsgált 27 napot figyelembe véve mindkét esetben a globális sugárzást és napelem-hőmérsékletet is alkalmazó, 14 rejtett neuront felhasználó előrejelzés. Megfigyelhető továbbá, hogy a legkisebb hibát adó esetek közül többször előfordul, hogy 14 rejtett neuron kerül alkalmazásra.

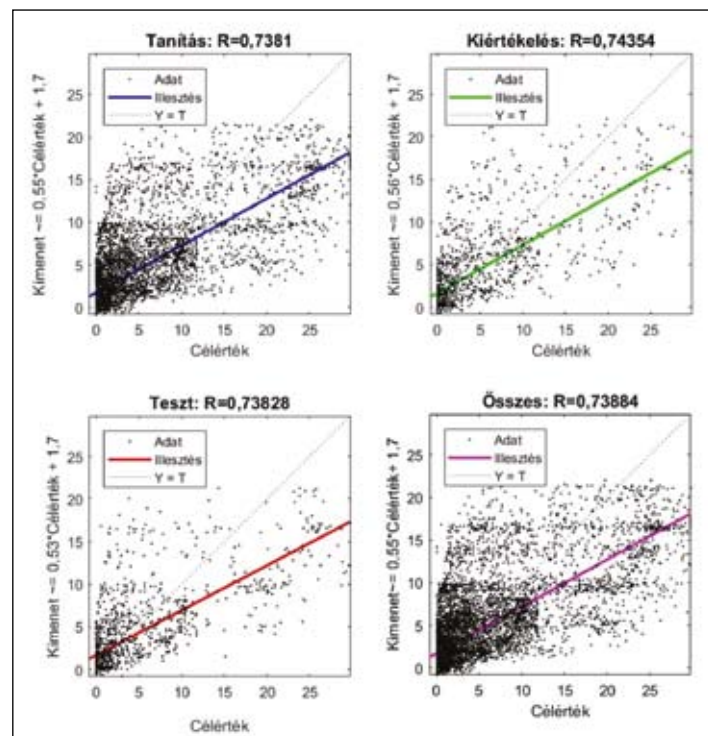
A napi megtermelt energia esetén a legkisebb hiba  $P_1$  rendszerénél 4 rejtett neuront és csak globális sugárzás bemenetet alkalmazva adódott,  $P_3$ -nál pedig 6 rejtett neuront, valamint globális sugárzást és napelem-hőmérsékletét is felhasználó előrejelzés során adódott. Megjegyzendő, hogy a  $P_1$  rendszerénél 6 rejtett neuron és globális sugárzás, valamint napelem-hőmérséklet bemenetek esetén tapasztalt hibaérték 0,095%-kal különbözik a legkedvezőbb esettől.

Összességében tehát elmondható, hogy a globális sugárzást és napelem-hőmérsékletét felhasználó előrejelzés adta

a legkisebb hibát. A legkisebb hiba a termelési és energiaértékek esetén más rejtett neuronszámmal volt tapasztalható, mely azzal indokolható, hogy a különböző célra készített prognózisokhoz más hálózat bizonyult optimálisnak.

### 3.2. A legkisebb hibát adó hálózat elemzése

A 3.1.-ben ismertetett, 14 rejtett neuront, globális sugárzás, valamint napelem-hőmérséklet bemeneteket tartalmazó neurális hálózat elemzése során kiszámításra került a tanító, kiértékelő, teszt, valamint az összes adatot tartalmazó adathalmaz esetén a célérték és a kapott kimenet közti korreláció. A korrelációs együttható minden esetben szoros kapcsolatot mutat a valós és a becsült termelés között. Az eredményeket az 1. ábra szemlélteti.



**1. ábra** A tanító, kiértékelő és teszt adathalmaz, valamint az összes adat regressziós eredménye

A hálózat „jóságának” kiértékeléséhez a szakirodalomban gyakran alkalmazott MAPE mutatót használtam, mely az átlagos abszolút százalékos hibát mutatja. [8] [9]

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{|P_{valós} - P_{becsült}|}{P_{valós}} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

ahol

$P_{valós}$  a valós termelés [kW],

$P_{becsült}$  a becsült termelés [kW],

$N$  az adatpontok száma, jelen esetben az értéke 5164 volt.

A  $P_1$  rendszer esetén a MAPE 19,156%, a  $P_3$  rendszerénél pedig 21,446% volt. Mivel a korábbi fejezetekben a hibákat relatív RMSE mutatóval számoltam, a hálózat elemzésénél is kiszámoltam az értékeit, melyek értéke 55,379%, valamint 59,095%. A hibaértékeket a közel egyéves időszakokra számoltam ki, így a hálózat bemenetei között szerepelnek a négy évszakra jellemző időjárás adatai, illetve az esetleges kiugróbb értékek is.

Összességében elmondható, hogy a hálózat alkalmas az előrejelzésre, a kiszámolt hibák mértéke a szakmai konzultációk során megismert értékekkel összemérhető, azoknál nem gyengébb.



#### 4. KLASZTEREZÉS ALKALMAZÁSA

A dolgozatban ismertetett osztályozási módszerek közül a rendelkezésemre álló adatok alapján, valamint a programkörnyezet szempontjából a k-közép klaszterezési eljárást találtam a leginkább megvalósíthatónak, melyet a [10] és [11] forrás is használ. A módszert a MATLAB egyik függvénye [12], illetve az Excel megfelelő bővítménye [13] is kezelni tudja.

A különböző időjárású napok osztályozásához szükséges az egy-egy napot jellemző mutatók bevezetése. A rendelkezésre álló adatok segítségével kiszámoltam a napi clear sky indexet, a napi átlagos és maximális borultságot [%], valamint a napi átlagos és maximális órás gradiensértékeket [ $\text{kW}/\text{m}^2/\text{h}$ ].

Az időjárás alapú csoportosítást MATLAB környezetben valósítottam meg, *kmeans* beépített függvény használatával. A megfelelő osztályozáshoz különböző függvény bemeneti paramétereket vizsgáltam meg, változtatva azok számát és fajtáját. A vizsgálatokhoz 20 napot használtam fel 2016. 06. 25. és 2016. 07. 20. között. Mivel a dolgozatban ismertetett szakirodalom a hasonló időjárású napokat jellemzően három, illetve négy csoportba sorolja, a csoportosításnál először három osztályt képeztem, majd a kiválasztott legjobb osztályozást négy csoportra bontva is megvizsgáltam. A csoportosításoktól azt vártam, hogy három, illetve négy jól elkülönülő jellemző időjárású napot tudjak megkülönböztetni. Ez három osztályt képezve általában a következőt jelenti: clear sky (napos), részben felhős, illetve teljesen felhős nap. Négy osztály esetén a gyakorlatban a csoportosítás pedig clear sky, időszakosan clear sky (kvázi clear sky), időszakosan felhős (kvázi felhős) és teljesen felhős nap.

##### 4.1. Három klaszter vizsgálata

A legjobb csoportosítás kiválasztásához kiszámoltam a klaszterek középpontjaitól mért távolságokat. A távolságok összehasonlításához kiszámoltam az egyes csoportosítások esetén a középponttól mért átlagos, minimum és maximum távolságot. A számítások alapján a legkisebb távolság minden esetben (maximum, minimum, átlag) akkor adódott, amikor a clear sky index és a maximális vagy átlagos borultság bemeneteket használtam. Figyelembe véve a legkisebb távolságot, az egyes napokhoz tartozó besugárzási görbéket, illetve a klasztereket és középpontjaikat kirajzoltatva, az az eset bizonyult a csoportosítás szempontjából legmegfelelőbbnek, amikor clear sky index és napi maximális gradiens [ $\text{kW}/\text{m}^2/\text{h}$ ] bemeneteket alkalmaztam. Az említett csoportosításhoz tartozó klasztereket és azok középpontjait szemlélteti a 2. ábra.

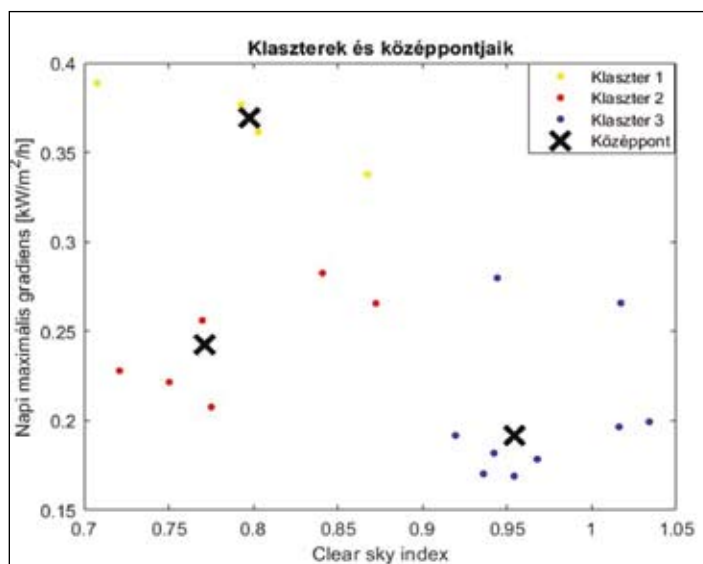
Az eredmények alapján a három csoporthoz hozzárendelhető egy-egy időjárású körülmény, melyek a napi besugárzási adatok alapján a következők:

- napos (kisebb borultság a nap folyamán megengedett)
- borult
- nagyobb változékonyságot mutató nap.

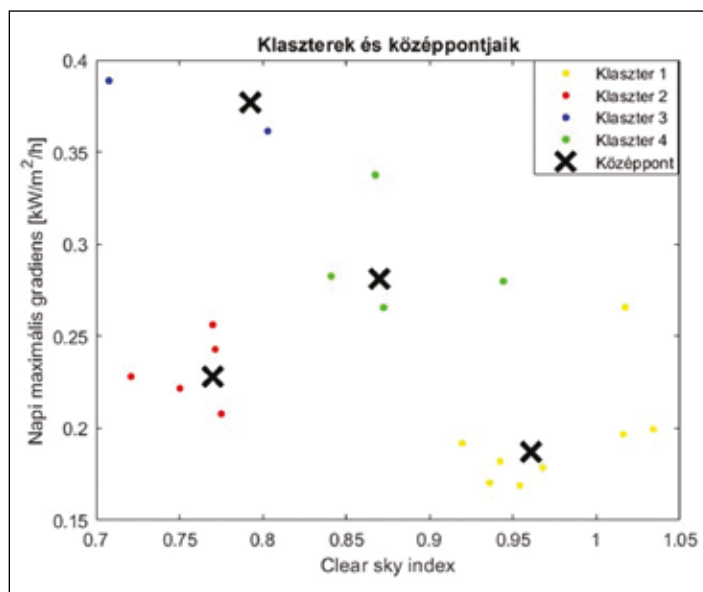
##### 4.2. Négy klaszter vizsgálata

Négy klaszter vizsgálata során a 4.1.-ben említett bemeneteket (clear sky index és napi maximális gradiens [ $\text{kW}/\text{m}^2/\text{h}$ ]) alkalmaztam. A csoportosításhoz tartozó klasztereket és azok középpontjait szemlélteti a 3. ábra.

A vizsgált napokhoz tartozó paraméterek által meghatározott pontok távolságát a klaszterek középpontjától ebben az esetben is megvizsgáltam. Összehasonlítva a négyféle



2. ábra A három klaszter ábrázolása: napi maximális gradiens a clear sky index függvényében



3. ábra A négy klaszter ábrázolása: napi maximális gradiens a clear sky index függvényében

csoporthoz tartozó középponttól mért távolságokat a háromféle klaszter esetével, a négy csoporttal pontosabb eredményt kaptam, azaz a minimum, maximum és átlag távolságok legkisebb értékei mindig kisebbnek bizonyultak a három klaszter alkalmazásához képest.

Érdekes megvizsgálni egyenként is a vizsgált napokhoz tartozó középpontokhoz mért legkisebb távolságot. Az 5. táblázatból látható, hogy 8 esetben kaptam jobb eredményt, azaz kisebb távolságot a három csoportos esetben, míg a négy csoportos osztályozásnál a vizsgált 20 nap közül 12 esetén fordult elő a klaszter középpontjához képesti kisebb távolság. Tehát elmondható, hogy a jellemző időjárású napokat négyfelé bontva pontosabb eredményt kaphatunk.

A négy klaszter megfeleltethető négyféle időjárású körülménynek, melyek a következők:

- napos nap (kisebb borultság a nap folyamán megengedett)
- részben napos nap
- borúsabb nap (időszakosan vagy egész nap)
- nagy változékonyságot mutató nap

**5. táblázat** A vizsgált napokhoz tartozó legkisebb távolság a két csoportosítás esetén

Nap	Legkisebb távolság három csoport esetén	Legkisebb távolság négy csoport esetén
2016. 06. 25.	0,027	<b>0,015</b>
2016. 06. 26.	<b>0,022</b>	0,024
2016. 06. 27.	0,065	<b>0,049</b>
2016. 06. 28.	<b>0,013</b>	0,025
2016. 06. 29.	0,067	<b>0,065</b>
2016. 06. 30.	<b>0,035</b>	0,046
2016. 07. 01.	0,039	<b>0,025</b>
2016. 07. 02.	0,124	<b>0,018</b>
2016. 07. 03.	<b>0,015</b>	0,028
2016. 07. 04.	0,137	<b>0,135</b>
2016. 07. 05.	0,042	<b>0,026</b>
2016. 07. 06.	<b>0,109</b>	0,030
2016. 07. 07.	0,088	<b>0,086</b>
2016. 07. 08.	0,101	<b>0,059</b>
2016. 07. 09.	0,110	<b>0,097</b>
2016. 07. 10.	0,098	<b>0,076</b>
2016. 07. 11.	<b>0,023</b>	0,025
2016. 07. 12.	<b>0,040</b>	0,041
2016. 07. 13.	<b>0,000</b>	0,016
2016. 07. 20.	0,013	<b>0,000</b>

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A diplomatervező dolgozat a fotovillamos termelés kvalitatív vizsgálatára törekedett.

A korreláció- és szignifikanciaanalízis a meteorológiai paraméterek és a termelési adatok közti összefüggés számszerűsítését valósította meg. Az analízis a neurális hálózattal történő előrejelzés bemeneti paramétereinek kiválasztásában segített, kizárva azokat az időjárási adatokat, melyek csak kismértékben befolyásolják a termelést.

A neurális háló alkalmazásával kapott termelésbecslés a korreláció- és szignifikanciaanalízis során kapott, a termeléssel jobban korreláló, közel egyéves időszakot felölelő bemeneti adatokat vette figyelembe, két órával előre megbecsülve a termelést. MATLAB környezetben ötféle bemeneti kombinációval összesen száz hálózatot vizsgáltam a szakirodalomban ajánlott beállításokat figyelembe véve. A hibaszámítás során RMSE, illetve MAPE hibamutatókkal hasonlítottam össze az előrejelzések pontosságát a vizsgált 27 nap esetén. A hibaszámítást az eltérő alkalmazási célokra való tekintettel a termelési értékek, illetve a megtermelt energia esetén is ismerttettem. A legkisebb hibát adó hálózat a termelésre nézve 14 rejtett neuron, globális sugárzás és napelem-hőmérséklet bemeneti adatok esetén adódott, a hiba mértéke a két napelemes rendszer esetén 28,464% és 34,799% volt, a megtermelt energia tekintetében pedig az előrejelzés pontossága 6 rejtett neuron és ugyanazon bemeneti paraméterek esetén 8,858%, valamint 9,120% volt.

Az ismertett eredmények alapján a legkisebb hibát adó hálózat is elemzésre került. A 14 rejtett neuront, globális sugárzást és napelem-hőmérsékletet, mint bemeneti adatokat felhasználó hálózat P<sub>1</sub> rendszer esetén 19,156%-os, P<sub>3</sub>-nál pedig 21,446%-os MAPE mutatójú volt. A hibák a szakmai

konzultációk során megismert pontossággal összemérhető, így a hálózatot alkalmasnak találtam a fotovillamos termelés előrejelzésére.

A napelemes termelés időjárás alapú csoportosításához k-közép klaszterezést alkalmaztam. A klaszterezéshez kiszámításra került a napi clear sky index, a napi átlagos és maximális borultság [%], valamint a napi átlagos és maximális óras gradiensértékek [kW/m<sup>2</sup>/h]. Az osztályozást három, illetve négy jól elkülönülő időjárási körülmény esetén alkalmaztam, és kiszámoltam a klaszterezés hibáját a középponttól mért távolság függvényében. A kapott eredmények a szakirodalomban alkalmazott jellemző csoportosításoknak megfeleltek. A csoportosítás segítséget nyújt például a dolgozatban ismertett mesterséges adatgenerálás során, historikus termelési adatok és globális sugárzás ismeretében az időjárási klaszterek a nem ismert termelési adatok meghatározását teszik lehetővé.

A dolgozat tehát a fotovillamos termelés szempontjából releváns vizsgálati módszereket tárgyalta, illetve valósított meg, célja a módszerek tesztelése és az elért eredmények kiértékelése volt. A dolgozat megalapozza egy konkrét ipari probléma megvalósítását, hiszen a bemeneti adatok felbontásának változtatásával, illetve az előrejelzés célértékének megfelelő időeltolással számos, rendszerirányítói, KÁT intraday piaci, szabályozási kérdés megválaszolhatóvá válhat.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Dr. Fidy Judit, Dr. Makara Gábor:** Biostatisztika; 10. fejezet – KORRELÁCIÓ – ÉS REGRESSZIÓANALÍZIS, 2005, <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/biostatisztika-1/ch10.html> (2018. 06. 28.)
- [2] **Mark Hudson Beale, Martin T. Hagan, Howard B. Demuth:** Neural Network Toolbox User's Guide, 1992-2017
- [3] **Michael J.A. Berry, Gordon S. Linoff:** Data Mining Techniques For Marketing, Sales, and Customer Relationship Management, Second Edition, 2004
- [4] **Altrichter Márta, Horváth Gábor, Pataki Béla, Strausz György, Takács Gábor, Valyon József:** Neurális hálózatok, 2006, [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0026\\_neuralis\\_4\\_4/ch04s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0026_neuralis_4_4/ch04s03.html) (2018. 06. 28.)
- [5] **Glen Mitchell, Sanjay Bahadoorsingh, Neil Ramsamooj and Chandrabhan Sharma:** A Comparison of Artificial Neural Networks and Support Vector Machines for Short-term Load Forecasting using Various Load Types, 2017
- [6] **Yinyin Liu, Janusz A. Starzyk, Zhen Zhu:** Optimizing number of hidden neurons in neural networks, 2007
- [7] **Saurabh Karsoliya:** Approximating Number of Hidden layer neurons in Multiple Hidden Layer BPNN Architecture, 2012
- [8] **Jameel Mohammed, Sanjay Bahadoorsingh, Neil Ramsamooj and Chandrabhan Sharma:** Performance of Exponential Smoothing, a Neural Network and a Hybrid Algorithm to the Short Term Load Forecasting of Batch and Continuous Loads, 2017
- [9] **Glen Mitchell, Sanjay Bahadoorsingh, Neil Ramsamooj and Chandrabhan Sharma:** A Comparison of Artificial Neural Networks and Support Vector Machines for Short-term Load Forecasting using Various Load Types, 2017
- [10] **Gianfranco Chicco, Valeria Cocina, Filippo Spertino:** Characterization of solar irradiance profiles for photovoltaic system studies through data rescaling in time and amplitude, 2014
- [11] **Kuk Yeol Bae, Han Seung Jang, Dan Keun Sung:** Hourly Solar Irradiance Prediction Based on Support Vector Machine and Its Error Analysis, 2016
- [12] **MATLAB kmeans függvény leírása,** <https://www.mathworks.com/help/stats/kmeans.html> (2018. 06. 28.)
- [13] **XLSTAT honlap,** <https://www.xlstat.com/en/> (2018. 06. 28.)



### Visnovszky Lilla

okl. villamosmérnök

MEE-tag

visnovszky.lilla@gmail.com

### Szakmai előadás: az „e-mobilitásról”

A szervezők előzetes elképzeléseinek megfelelően nagy várakozás előzte meg a 2018. december 6-ára meghirdetett szakmai előadást Szegeden. Az előadás címe:

„Hol tart az e-mobilitás a világon és Magyarországon. A Nemzeti Közmuvek eredményei és tervei az e-mobilitás terén.”



Az előadó, Balogh Szabolcs

A téma előadója: Balogh Szabolcs ügyvezető, NKM Mobilitás Kft.

Az előadó a téma felvezetőjében érzékeltette azt a mérhetetlen fejlődést, ami az elmúlt évtizedekben jellemezte a technika korszerűsödését a világban és hazánkban egyaránt. Példaként tekintette át a mobiltelefon 1998. évi megjelenését, majd el-kepesztő fejlődését és terjedését a világban. Ezzel kapcsolatos egy sokatmondó adat 2010-ből, ekkorra már 1 emberre 1,12 telefon jutott. Az autók fejlődését is hasonló módon mutatta meg a hallgatóságnak, hiszen egy korabeli fényképen 1900-ban New

York Cityben az 5-ös sugárúton számtalan lovas kocsis és 1 autómobil vonult fel. Ugyanitt 1913-ban az akkori felvonuláson készült fényképfelvétel már számtalan autómobil és 1 lovas kocsis vonulását láthatjuk. A fentieket figyelembe véve nehéz ma megjósolni mind a világot, mind a mi kis országunk fejlődését és annak ütemét. Bemutatta ismert cégeveken keresztül, hogy 1-1 új termék vagy szolgáltatás révén új piacok jönnek létre. Mindezt mindenki számára érzékeltette a mobiltelefonok és az autógyártás területén. Az Ericsson, a Nokia, vagy éppen az iPhone cég példája, de a német autógyártás példája is a fejlődés útját jelzi. A jelenlegi elképzelések szerint valószínűsíthetően 2030-ra túl leszünk a változásokon. A mobilitás az emberek többsége részére elérhetővé válik. Európában ma már 1 millió elektromos autó van. A hazai állomány is rohamosan nő, 2019-ben megközelítőleg 10 600 ilyen gépkocsi lesz.

A Nemzeti Közmuveknél az e-mobilitás stratégiai cél. A 2017-es év komoly szerepet kapott a mobilitás üzletgá válásában, létrejött az NKM Mobilitás Kft. Novemberben az



Hozzájáruló, Kruzslíc István

első töltőtelepítések megtörténtek. 2017. december 15-én pedig az MEKH e-mobil-engedélyt megkapta az NKM Mobilitás Kft. A 2018. évi célkitűzések jó ütemben haladnak. Az e-mobilitás IT rendszer indítása, a 24/7 e-mobilitás ügyfélszolgálat elindult, az országos átjárhatóságot biztosító töltőhálózat telepítése pedig folyamatban van.

Hallottunk még a nyilvános töltőhálózatról, a töltőberendezések típusairól és az ezekhez kapcsolódó előírásokról, a töltőtelepítés, -üzemeltetés és karbantartás biztonsági szempontjairól is. Természetesen az otthoni töltés, az informatikai biztonság és az együttműködések is szóba kerültek. Ez utóbbiak közül az előadó



A hallgatóság



Hozzájáruló, Pálfalvi István



Hozzájáruló, Asztalos Imre

kiemelte az európai uniós együttműködés fontosságát, a koordináció szerepét, valamint az önkormányzatokkal – Jedlik Program – kialakított jó együttműködést.

Az igen érdekes és tartalmas előadás után tagtársaink tettek fel kérdéseiket. Többek között:

- a számítógépes útvonaltervezésről
  - az előzetes töltő „foglalás” lehetőségéről (finn példa alapján)
  - a korrekt elszámolás lehetőségéről
  - a „villám-töltők” villamosenergia-árainak kialakításáról, vagy éppen a jövedékiadó-kieséssel kapcsolatos aggályokról stb.
- Az előadó a feltett kérdésekre minden esetben kielégítő és megnyugtató választ adott.

Arany László  
Szeged

# Évértékelők, évszárók, „Hírlevél” és hogyan tovább (?)

**2018. 12. 10. A szegedi Nyugdíjas Csoport évértékelő, évszáró rendezvénye**

**2018. 12. 12. Az MEE Szegedi Szervezet vezetőségének – kibővített – ülése**

**Megjelent a 2018. II. félévi „Hírlevél”**



Lakatos István köszönti nyugdíjas tagtársainkat



Dobi László tájékoztatót tartja

2018. december 10-én került sor – immár hagyományosan – az MEE Szegedi Szervezet Nyugdíjas Csoport évértékelő, évszáró rendezvényére. A megjelent nagyszámú tagtársunkat Lakatos István, a csoport vezetője köszöntötte és elismeréssel szólt a 2018-as év munkájáról. Megköszönte a nyugdíjas tagtársak egész évi aktív és példamutató munkáját. Ezt követően a cikk írója köszönte meg a vezetőség nevében a nyugdíjasaink kiemelkedő munkáját, majd tétélesen áttekintette mind az országos, mind pedig a helyi szakmai és szabadidős rendezvények történéseit. Elismeréssel szólt a nyugdíjas tagtársaink aktív és példaértékű közösségi munkájáról. Röviden áttekintette és beszámolt az Elektrotechnikai folyóirat helyi tudósítójaként végzett munkájáról és annak eredményességéről. A továbbiakban Dobi László titkár, a helyi Jelölő Bizottság tagja adott részletes tájékoztatást a jövő év elejére tervezett Beszámoló és Tisztújító Taggyűlés előkészítéséről, az eddig beérkezett javaslatokról és a várható személyi változásokról. Ezt követően a tagtársak mondták el véleményeiket, illetve észrevételeiket és javaslatokat. Az évértékelő, évszáró rendezvény a hivatalos részt követően meghitt, baráti beszélgetéssel ért véget.

2018. december 12-én az MEE Szegedi Szervezet vezetősége – kibővített – vezetőségi ülésen értékelt a 2018-as évet és határozta meg a 2019. év I. negyedévének programját. Napirend szerint Tóth József elnök tájékoztatta a vezetőségi ülés résztvevőit az MEE Elnökség legutóbbi üléséről, az Országos Küldött Közgyűlés előkészítéséről, valamint az Országos Jelölő Bizottság előkészítő munkájáról és az ehhez kapcsolódó tudnivalókról.

Dobi László titkár a novemberi Elnök-Titkári Tanácskozás legfontosabb történéseiről és témáiról számolt be részletesen. Tájékoztatást adott az MEE Stratégiájáról, a Tisztújítással összefüggő tennivalókról, a „kis csoportos” foglalkozásokról és azok tapasztalatairól.

Ezután ugyancsak Dobi László titkár tekintette át a szervezetünk 2018. IV. negyedévi megvalósult programját, majd a vezetőség részéről javaslatok hangzottak el a 2018. évi Beszámoló és Tisztújító Taggyűlés időpontjáig tervezett programokról, melyeket a vezetőség jóváhagyott és elfogadott.

Szervezetünk 2018. évi gazdasági munkáját Árvai Sándor értékelt. Gondosan előkészített táblázatos összeállításával mutatta be az ez évi tevékenységünk gazdasági mutatóit. A vezetőség a beszámolót elfogadta.



A résztvevők egy csoportja

A „Jedlik Ányos Elektrotechnikai Múzeum” 2018. évi munkáját Kormányos Károly és Sándorfi Tibor – „megbizott” tagtársunk – értékelt. Megállapították és adatokkal támasztották alá, hogy 2012 óta ez az év volt a „legmozgalmasabb” év a látogatók és a rendezvények számát illetően is. Külön kiemelték a „Nyílt Nap, Múzeumok éjszakája, Névadó ünnepség, a „Déri” és a „JÁK”-os diákok látogatását.



A vezetőségi ülés résztvevői

A vezetőség a beszámolót elfogadta és megköszönte tagtársaink áldozatos és eredményes munkáját. A további munkájukhoz pedig sok sikert és hasonló eredményeket kívánt.

A vezetőségi ülés további aktuális témák és feladatok megbeszélésével folytatódott.

Tóth József elnök zárszavában megköszönte a jelenlévők és a jelen nem lévő, valamennyi tagtársunk elmúlt évi aktív és kiemelkedő munkáját. Hasonlóan eredményes munkát kívánt az előttünk álló 2019-es évben is. Ehhez jó egészséget és kitartást, a közelgő ünnepekhez pedig:

Eredményekben gazdag, békés boldog új esztendőt kívánt.

Ez utóbbi jókívánságokat tagtársi üdvözléssel kívánjuk minden kedves olvasónknak is!

2018. II. félévi „HÍRLEVÉL”

Tagtársaink 2018. december végén kapják kézhez az MEE Szervezetünk 2018. II. félévi „HÍRLEVELÉT”, melyben az előző hírösszefoglalónk megjelenését követő időszak történéseit foglaltuk össze. A Hírlevélben rögzített sokszínű és aktív tevékenység – az országos rendezvényeken való részvételünk, a nagyszámú és színvonalas helyi szakmai és szabadidős tevékenységünk – alapján 2018-ban is egy kiemelkedő közösségi munkáról adhatunk számot.

Arany László, Szeged

## EMT konferencia Tusnádfürdőn 2018-ban

2018. október 11-14. között rendezte meg az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) XIX. alkalommal a Nemzetközi Elektrotechnikai Konferenciát és XXVIII. alkalommal a Nemzetközi Számítástechnikai és Oktatási Konferenciát. A konferenciák több éve közösen kerülnek szervezésre, hiszen több olyan kérdés van, amely közös érdeklődésre tarthat számot mindkét szakterület képviselői számára. A konferencia helyszínét évente más-más városban jelölik ki, más-más területi szervezet a házigazda. 2018-ban Tusnádfürdő adott helyet a konferenciának. Nagy érdeklődés előzte meg a konferenciát, hiszen az utóbbi időben Tusnádfürdő a városba látogató medvékről vált ismertté. Sajnos csak a hírekből hallottunk a medvékről, akik rendszeresen bejárnak a városba és még a hűtőkből is lakmároznak időnként. A konferencia idején „sajnos” nem láttunk medvét a városban.

A konferencia szervezője az EMT Energetika-elektrotechnika és Számítástechnika Szakosztálya. Társzervezőként több éve vesz részt a konferencián a Magyar Energetikai Társaság. A konferencia szervezőinek célja az erdélyi és a magyarországi szakemberek számára találkozási fórum biztosítása, a résztvevők számára új kutatási, műszaki eredmények bemutatása, szakmai kapcsolatteremtés, tapasztalatcsere. A konferencián évek óta számos egyetem és szakember képviseli Magyarországot. Az egyetemek közül meg kell említeni a Miskolci Egyetem Elektronikai-Informatikai Kutató Intézetet, az Óbudai Egyetemet, valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszéket, ahonnan számtalan tanár és diák érkezett és tartott előadást. A konferencia iránt évről évre nő az érdeklődés. Ebben az évben több mint 60 cikk érkezett a konferenciára. A konferencia helyszíne a Csukás hotel konferenciaterme volt.

A konferencia résztvevőit Bíró Károly Ágoston, az EMT Elektrotechnika – Elektronika Szakosztály elnöke, Sebestyén Pál György, az EMT Számítástechnikai Szakosztály elnöke és Dr. Szabó Lóránd, az ENELKO konferencia társelnöke köszöntötte. Örömeiket fejezték ki, hogy évek óta nagy az érdeklődés a konferencia iránt és reményüket fejezték ki a folytatásra.

A plenáris előadások vegyesen kerültek megtartásra a két párhuzamos konferencia résztvevői részéről. A plenáris előadások elhangzottak Zichar Marianna: „Szinergikus kapcsolódási lehetőségek a geovizualizáció területén”, Kátai Zoltán: „Számítógépes gondolkodás fejlesztése az Algorhythms környezetben”, Lingvay József és Lingvay Dávid: „Tévhitek és valóság – az elektromos vontatás kihatásai a környezetre. Valóban környezetkímélő az elektromos autó?” és Zarándy Tamás, Hortay Olivér: „A villamosenergia fogyasztásának elemzése új megközelítésben Magyarországon” című előadások.

A plenáris előadások utóbbi két előadásából emelnék ki néhány gondolatot. Dr. Lingvay József (Bukarest Villamosmérnöki Tudományok Nemzeti Kutató Intézete) előadása azt vizsgálta, hogy a hagyományos belső égésű motorok szennyezőanyag-kibocsátása, határfoka hogyan viszonyul az elektromos autók töltéséhez megtermelt villamosenergia-termelés szennyezéséhez, a termelés, szállítás és elosztás hatásfokához. Az előadásban elhangzott adat, miszerint



globálisan az elektromos autók üzemeltetése csak akkor környezetbarát, ha a töltés elektromosenergia-szükségletének csak maximum 5%-át termelik hőerőművekben. Jelenleg Romániában közel 50% ez az arány, így az előadó szerint közel tízszeres a szennyezése az elektromos autókknak. Ez nagy felzúdulást váltott ki a hallgatókból és elhangzott, hogy az ilyen kérdésekre érdemes lenne kerekasztal-fórumot biztosítani a téves gondolatok tisztázására.

Zarándy Tamás (Budapest Századvég Gazdaságkutató Zrt.) előadásában bemutatta azokat a globális villamosenergia-piaci tendenciákat, amelyek az előrejelzési modellek megváltoztatásának szükségességét indukálják. Előadása szerint az eddigi top-down technika nem képes figyelembe venni a trendtöréseket, a gazdasági szerkezeti átalakulásokat, az új technológiák ellátás biztonsági hatásait és nem veszik számításba az egyes döntések környezeti és társadalmi hatásait. A probléma megoldására „alulról építkező” (bottom-up) módszert dolgoztak ki, amelynek lényege, hogy a gazdaságot a lehető legkisebb egységekre bontja és ezeknek az egységeknek a jövőbeli alakulását becsüli meg.

A plenáris előadások után a két konferencia párhuzamosan folytatta a munkáját. Az elektrotechnika-elektronika egyik szekció témája „Villamos- és hőenergia környezetbarát termelése”. A szekcióban hét előadás hangzott el. Néhány gondolat az elhangzott előadásokból. Gács Iván „Honnan lesz villamos energiánk?” előadása áttekintette az érveket a megújuló energiák, az alaperőművek és a villamosenergia-import mellett és ellen. Az áttekintés a gazdasági szempontokat veszi alapul, mind az erőművek, mind a villamosenergia rendszer szempontjából, de nem hagyja figyelmen kívül az ellátásbiztonság kérdését sem. Szabó Rudolf „Szélenergia hasznosítás és kihívások” előadása bemutatta, hogy a megújuló energiák, ezen belül a szélenergia és a napenergia hasznosítása a fejlesztések előterébe került. A szélturbinák hatékonysága, a lapátok méretnövekedése, a lapátokra ható nagy mechanikai igénybevételek szükségessé teszik kompozitok használatát. Mára a szélturbinákkal előállított villamos energia aránya gyorsan növekszik és árban is versenyképes az előadás szerint. Sigmund György „A megújuló energia hányada a hőszivattyúval termelt hóból” előadása szerint hibás a kereskedők, gyártók állítása, hogy a hőszivattyúval termelt hő túlnyomó részben megújuló energiatermelés. Hibás szerinte a 2001/77 EK irányelvben szereplő képlet is, mivel a hőszivattyú hajtásához felhasznált villamos energiával veti össze a termelt hasznos hőenergiát és figyelmen kívül hagyja a villamos energia előállításának hatásfokát.



A szekció érdekességét fokozta Dr. Perneczky László „Atomenergetika és zene” című előadása, amely a 2017. évi előadásának a folytatása volt. Előadásában számos zenei részlettel mutatta be a Camerata Nukleare zenekart, amely 28 és fél évig működött Németországban.

A második szekció címe „Automatika, irányítás-, mérés- és vezérléstechnika”. A szekció előadásai ezt a kérdést próbálták körüljárni. Az előadók többsége a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai Kutató Intézetben folyó kutatásokról szóltak. Az előadásokból néhány témát emelnék ki. Kazup László „Intelligens mérő és vezérlőrendszerek fejlesztése épületenergetikai menedzsment rendszerhez”, Bodolai Tamás „Elektromágneses kompatibilitás mérőrendszer fejlesztése a Miskolci Egyetemen”, Váradiné Szarka Angéla „Nagyfeszültségű teszter berendezés fejlesztése szupravezető mágnesek vizsgálatára” vagy Pónya Balázs „Háztartási fogyasztók áramfelvételi

karakterisztikájának mérése energiateljesítményi rendszerhez” című előadása. Ez utóbbi előadásból néhány gondolat. A háztartási eszközök energiateljesítményi karakterisztikájának ismerete fontos egy energiateljesítményi rendszer működéséhez. Cél egy olyan rendszer kidolgozása, amely a hálózatban található felesleges energiát fogyasztó eszközöket felismeri, kategorizálja, akár készenléti állapotban is.

A szekció-előadások során a már évek óta megszokott hangulatot, érdeklődést tapasztalhattuk.

Köszönetet kell mondani a szervezőknek, akik a hagyományokhoz híven, érdekes, kulturális programot szerveznek minden évben a résztvevők számára. Profi idegvezetők segítségével igyekeznek bemutatni a térség történelmét és földrajzát. Ebben az évben Székelyföld bemutatására került sor. Megtekintettük Kisbác településen Benedek Elek emlékházát. A házat az író dédunokája mutatta be. A következő látnivaló a miklósvári Kálnoky-kastély volt, amelyet az utóbbi években gyönyörűen felújítottak. A kirándulás fénypontja a Sepsiszentgyörgyi Székely Nemzeti Múzeum volt. A múzeum épületét Koós Károly tervezte és a mai napig folyó fejlesztések is az eredeti Koós Károly-tervek alapján történnek. A múzeumi gyűjtemény igyekszik képet adni Székelyföld múltjáról, kultúrájáról.

Külön ki kell emelni a konferenciára elkészített, az előadásokat tartalmazó, színvonalas kiadványt. Érdemes megemlíteni, hogy az előadók fontosnak tartják, hogy szerepeljenek ebben a kiadványban.

A búcsúestén került sor az immár hagyományos baráti találkozóra.

Ezúton is köszönjük az EMT kedves meghívását, a szervezőknek pedig az áldozatos és professzionális munkáját.

*További sok sikert kívánunk munkájukban.*

## Nekrológ



### Lerner Péternek, az ő emlékére

Meglehet, ez a nekrológ a szokásosnál kevésbé borongós, de jól ismertem Pétert, egyetértene velem.

Huszonöt év alatt megszületünk, felnövünk, diplomázunk, házasodunk, gyermekünk születik, esetleg el is válunk, mert ennyi egy emberöltő. A Szent

István óta eltelt idő kettő és fél százaléka, egyesületünk működésének csaknem egynegyede. Ennyi ideig voltál egyesületünk első számú alkalmazottja, az apparátus vezetője, mint főtitkár, és mint ügyvezető. Választott vezető tisztségviselőink jöttek-mentek, de egyesületünk léte egy napra sem lankadt, mert a te lendületed, tenni akarásod lett a meghatározó, az hajtotta a szekerünket. Bocsánat elnök és exelnök urak, de ez így volt.

1982-től kormányokon, sőt, rendszereken is átvitelt a működésed, miközben mi zökkenést is alig éreztünk. Egyedülálló teljesítmény. A kritikus időszakokban azt hirdetted, hogy a kormányokat az egész nép választja, és a döntés után kialakuló bármely személyi felálláshoz is alkalmazkodnunk kell, hogy

egyesületünk maximálisan boldoguljon. Ezt is tettük. Azt csak kevesen, a legjobb barátaid tudtuk, hogy van saját politikai véleményed is.

Mint legrégebbi barátod, kezdetektől tudtam, rendkívüli kapcsolatteremtő képességed és memóriád mintha erre a feladatra teremtettek volna. Sokszor rádcsodálkoztam, amikor mondjuk egy vándorgyűlésen váltottál egy fél mondatot egy addig nem látott emberrel, és évek múlva már ismerősként tudtad üdvözölni. Rengeteg információt hordoztál az emberekről. Kétszer kínáltam fel neked másik munkahelyet, de inkább maradtál. Jól tetted.

Szeretted, ha minden virág virágzik. Idén lennél aranydiplomás villamosmérnök, a szakmát jól ismerted, de állásponthoz sosem kényszerítetted másokra, sőt. Ötvenegy éve vagy egyesületünk tagja, a te idődben sok fontos feladatot kaptam. Elő-előfordult, hogy szemben úsztam az éppen divatos szakmai áramlatokkal, sosem fogtál vissza. Minden véleményt tiszteltél, azt vallottad, üljetekek össze, győzzétek meg egymást, te majd biztosítod hozzá a fórumot.

Nem halmoztunk el kitüntetésekkel, de jobb is így, kapjanak azok, akiket ezzel kell motiválni a munkához. Fontosabb, amikor beszéltünk rólad, csak keresztneveden emlegettünk: Péter. Mindenki tudta, kiről van szó. Ezt csak azokkal tesszük, akiket nemcsak tisztelünk, de szeretünk is. Mint Dantét vagy Leonardót.

*Knizner István*

# MŰKÖDŐ!

Idén is több mint  
40 diák mutatja be  
saját alkotását.

Ezzel is bizonyítva,  
hogy igazi  
**MŰSZAKI** vénával  
rendelkeznek!

A pályaművek itt tekinthetők meg:  
[http://muszakivagyok.hu/  
modul/palyamunkak2018](http://muszakivagyok.hu/modul/palyamunkak2018)

Szerettel várjuk az érdeklődő  
cégeket a díjátadó ünnepségre.  
*Időpont:* 2019. március 8.  
*Hely:* Óbudai Egyetem,  
1034 Budapest, Bécsi út 96/b.



A részvétel regisztrációhoz kötött:  
<http://muszakivagyok.hu/modul/szakmainap>

# INFOSHOW

Rendezvénysorozat a biztonságos villanszerelés jegyében

## 2018-2019

Biztonságos villanszerelés - Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzat (VMBSZ) elméletben és gyakorlatban, villamosipari szakembereknek!

Egy nap, amikor első kézből értesülhet **az aktuális szabályozásokról, trendekről, és kipróbálhatja a legújabb technikai, technológiai megoldásokat!**

Ne maradjon le!  
Legyen részese a szakma párbeszédének!

A mindennapi munkája során használható tudást adunk.

**Keresse meg az Önhöz legközelebb eső helyszínt:**



Miskolc	2018. október 11.
Békéscsaba	2018. október 18.
Veszprém	2018. november 8.
Debrecen	2018. november 29.
Budapest	2018. december 6.
Szeged	2019. február 7.
Győr	2019. február 21.
Pécs	2019. március 14.
Zalaegerszeg	2019. március 21.

**A részvétel ingyenes, de regisztrációhoz kötött!**  
Jelentkezzen honlapunkon: [www.infoshow.hu/jelentkezés](http://www.infoshow.hu/jelentkezés)