Elektrotechnika

A MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET HIVATALOS LAPJA ■ ALAPÍTVA: 1908
JOURNAL OF THE HUNGARIAN ELECTROTECHNICAL ASSOCIATION ■ FOUNDED: 1908

MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET
MEE
1900

IPAR 4.0

VILLAMOS HAJTÁSOK

Redundáns motorok

■

Az inverteres villamos hajtások fejlődési irányai

■

E-mobilitás laboratórium a BME FIEK keretében

■

A villamos jel analízis eljárás alkalmazása és perspektívái a villamos hajtásrendszerek állapotfigyelésében és diagnosztikájában

■

3 kVA és 30 kVA-es napelemes energiatároló rendszerek Fóton

111. ÉVFOLYAM
2018/12
www.mee.hu

INFOSHOW

Rendezvénysorozat a biztonságos villanyszerelés jegyében

2018-2019

Biztonságos villanyszerelés - 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/jelentkezes

Elektrotechnika

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. Bencze 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: Andrássy 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 évre: 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
HUISSN: 0367-0708

Lapszikat rendszeresen szemlézi a megújult OBSERVER www.observer.hu

IMEDIA

TARTALOMJEGYZÉK 2018/12

Dr. Madarász György Attila: Előszó 4

VILLAMOS GÉPEK ÉS HAJTÁSOK

Kovács Gábor: 3//Y / 3//Y kapcsolású pólusátkapcsolásos tekercselések nagy teljesítményű aszinkron motorokhoz II. rész: Távoli pólusszámok 5

Dr. Jagasics Szilárd: Redundáns motorok 8

Halász Sándor, Stumpf Péter: Az inverteres villamos hajtások fejlődési irányai 11

Dr. Veszprémi Károly, Dr. Varjasi István, Dr. Balogh Attila: E-mobilitás laboratórium a BME FIEK keretében 15

INNOVÁCIÓ

Gyökér Gyula, Dr. Dineva Adrienn, Prof. Dr. Vajda István: A villamos jel analízis eljárás alkalmazása és perspektívái a villamos hajtásrendszerek állapotfigyelésében és diagnosztikájában 19

VILLAMOS RENDSZEREK ÉS TUDOMÁNY

Dohány László, Várhelyi Nándor: 3 kVA és 30 kVA-es napelemes energiatároló rendszerek Fóton 23

BIZTONSÁGTECHNIKA

Arató Csaba, Kádár Aba, Dr. Novothny Ferenc: Emlékeztető az Érintésvédelmi Munkabizottság 2018. december 3-i üléséről 27

VILÁGÍTÁSTECHNIKA

Némethné Dr. Vidovszky Ágnes: Pillanatképek a VTT életéből 32

Király Tamás: Signify budapesti irodája világításának bemutatása 34

TECHNIKATÖRTÉNET

Makai Zoltán: Szemelvények Máramaros megye villamosítása történetéből 40

Szabó Gergő: Vissza a jövőbe, avagy százéves a GANZ KK 42

EGYESÜLETI ÉLET

Lieli György: Angyalföldön, a Tüzér utcában jártunk… 43

Arany László: Szakmai előadás Szegeden: a Nemzeti Közművek jelenéről és jövőjéről 44

HÍREK

A jövőbe vezető út elektromos autókkal van kikövezve 10
Kiterjesztett valóság és robotok 22
Fényszennyezést csökkentő közvilágítás 29
A jövő energiatermelésének kulcsa 30
Villámok a múzeumban 38
A világ első HVDC hálózata 42

NEKROLÓG 45

Dr. Nagy Lóránt
Dr. Horváth Tibor
Borkovits György

CONTENTS 12/2018

György Attila Madarász Dr: *Editorial*

ELECTRIC MACHINES AND DRIVES

Gábor Kovács: *3//Y / 3//Y Pole Changing Windings for High Power Asynchronous Motors, Part 2: Distant Pole Numbers*

Szilárd Jagasics Dr: *Redundant Motors*

Sándor Halász, Péter Stumpf: *Development Trends of Inverter Based Electric Drives*

Károly Veszprémi Dr, István Varjasi Dr, Attila Balogh Dr: *E-mobility Laboratory in the BME FIEK*

INNOVATION

Gyula Gyökér, Adrienn Dineva Dr, Vajda István Prof Dr: *Application and Perspectives of Using Electric Signal Analysis Procedures in the Status Monitoring and Diagnostics of Electric Drive Systems*

ELECTRIC SYSTEMS AND SCIENCE

László Dohány, Nándor Várhelyi: *3 kVA and 30 kVA Solar Panel Energy Storage Systems in Fót*

SAFETY TECHNOLOGY

Csaba Arató, Aba Kádár, Ferenc Novothny Dr: *Minutes of the Meeting of the Shock Protection Workshop Held on December 3, 2018*

LIGHTING TECHNOLOGY

Ágnes Némethné Vidovszky Dr: *Snapshots of Life at the VTT*

Tamás Király: *Presentation of the Lighting of the Budapest Signify Office*

TECHNICAL HISTORY

Zoltán Makai: *Extracts from the History of the Electrification of Máramaros County*

Gergő Szabó: *Back to the Future, or GANZ KK is Now One Hundred Years Old*

ASSOCIATION LIFE

György Lieli: *We Have Visited Tüzér Street in Angyalföld…*

László Arany: *Professional Presentation in Szeged: Regarding the Present and Future of the National Public Works*

NEWS

The Road to the Future is Paved with Electric Cars
Augmented Reality and Robots
Public Lighting to Decrease Light Pollution
The Key to Future Energy Generation
Lightning Strikes at the Museum
The World's First HVDC Network

NECROLOGY

Lóránt Nagy Dr
Tibor Horváth Dr
György Borkovits

Kedves Olvasó!

Ön most a 2018. évi utolsó lapszámot tartja kezében, melynek gondozását a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Villamos Gép, Készülék és Berendezés Szakosztálya vállalta magára. Lapunk tartalma, külleme évtizedek óta az egyesületi tagság jobbító szándékú érdeklődésének középpontjában áll. Meg kell felelnünk az olvasóink, azaz az egyesületi tagok elvárásainak, ugyanakkor egy kirakat is a külvilág felé. Sokféle kérdés merül fel: külalakjában menynyire tartsuk meg a nemes hagyományokat, ugyanakkor ne tűnjön avíttnak; szakmai cikkek inkább tudományos jellegűek vagy inkább gyakorlatias szemléletűek legyenek; mennyire feleljen meg a különböző korú és szakmai érdeklődésű olvasóink elvárásának; milyen legyen az egyes szakterületekkel foglalkozó cikkek aránya; mennyire foglalkozzunk napi hírekkel, egyesületi élettel és nemzetközi újdonságok bemutatásával; mennyi és milyen hirdetés jelenjen meg; hogyan kapcsolódjunk az elektronikus megoldásokhoz stb.

Teljesen természetes, hogy ezek a kérdések egy része időről időre újra felmerül, és a lap tartalmát, megjelenését hozzá kell igazítani az olvasói igényekhez. Korábban felmerült az igény, hogy egyes lapszámok szakmai gondozását egyesületi szervezeteink végezzék. Ennek kapcsán születtek meg az ún. „tematikus" lapszámok, melyek egyes tématerületekről adtak átfogóbb képet. A színvonalas tartalmak mellett ezzel az volt a probléma, hogy a csak „tematikus" lapszámok esetén az eltérő szakmai érdeklődésűek ritkábban találtak vonzó olvasnivalót.

Jelen lapszámban megpróbáltuk ezt az ellentmondást feloldani. Idén immáron a 12. alkalommal tartottunk szakmai napot, melynek témája most a „Villamos hajtások és az Ipar 4.0" volt. (Az előadások többsége megtekinthető az egyesület honlapján a http://www.mee.hu/cikk/vgkbsz_rendezvenyek címszó alatt.) A lapszám cikkeinek összeállításánál válogattunk a szakmai nap témáiból, ugyanakkor nagy súlyt helyeztünk arra, hogy más szakmai témájú cikkek és információk is megjelenjenek. Célunk az volt, hogy minél többen találjanak legalább egy irományt, amely felkelti érdeklődésüket. A fentiek tükrében tekintsék át e lapszámot, és válogassanak a teljesség igénye nélkül megjelent olvasnivalók közül!

Dr. Madarász György Attila
elnök
Villamos Gép, Készülék és Berendezés Szakosztály

A Magyar Elektrotechnikai Egyesület kiemelt támogatói:

Kovács Gábor

3//Y / 3//Y kapcsolású pólusátkapcsolásos tekercselések nagy teljesítményű aszinkron motorokhoz

II. rész: Távoli pólusszámok

A cikk I. részében a módszer elméletét ismertettük, valamint megvizsgáltuk tulajdonságait közeli pólusszámok esetére. A II. részben megvizsgáljuk, hogy a módszer távoli pólusszámok esetén is alkalmazható-e.

5. A MÓDSZER ALKALMAZÁSA TÁVOLI PÓLUSSZÁMOK ESETÉRE

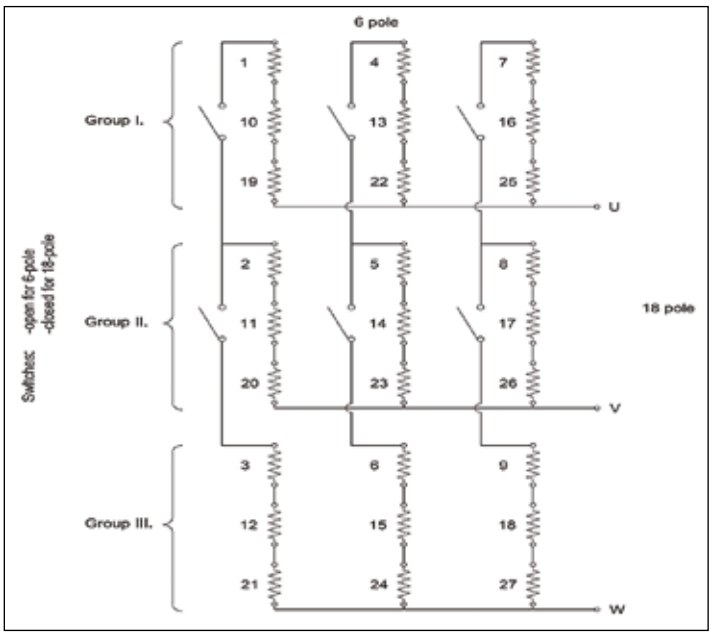
5.1. Általános meggondolások

Az előző részben csak azokkal az esetekkel foglalkoztunk, ahol a pólusszámok aránya (jóval) kevesebb mint 2, mivel ipari motorok esetén ez az általános igény. Azért, hogy meggondolásaink teljesek legyenek, vizsgáljuk meg azokat az eseteket is, ahol a pólusszámok igen messze állnak egymástól, mint pl. 1:2 (Dahlander), vagy még távolabbi arányban. Legegyszerűbben vizsgálódásainkat azokra az esetekre korlátozzuk, melyeket 1:N arányban fejezünk ki, ahol N egész szám.

Ha N páros, mint pl. 2, 4, 8 stb., és szimmetrikus (átmérős) lépést választunk a kisebbik pólusszámon, logikus kiindulásként a páros harmonikusok elkerülésére, nem lesz gerjesztés a nagyobbik pólusszámon. Ezt könnyű belátni, mert a felső rétegben levő pl. U alá ugyanabban a horonyban az alsó rétegben mindig –U kerül, vagyis minden horony gerjesztése zéró lesz. Következésképpen ez a motor így egyszerűen nem működik. Ha a lépést módosítjuk, a motor működik és persze páros harmonikus keletkezik.

Ha N nem osztható 3-mal (4, 5, 7, 8 etc.), a 3// kapcsolás egyáltalán nem valósítható meg, mivel a 3 csoport sohasem lehet egyforma (egy fázis mindig jelentősen különbözik a másik két – különben egymás közt egyforma – fázistól).

Ha N osztható 3-mal, de nem páros (3, 9 stb.), mint pl. 4 – 12, 6 – 18 stb. pólusváltós tekercselés, a megvalósítás nemcsak hogy lehetséges, hanem kifejezetten ideális, egyik pólusszámon sincs páros felharmonikus, így aztán a motor viselkedése



5. ábra *Tekercselés kapcsolása 1:3 pólusszám arányra*

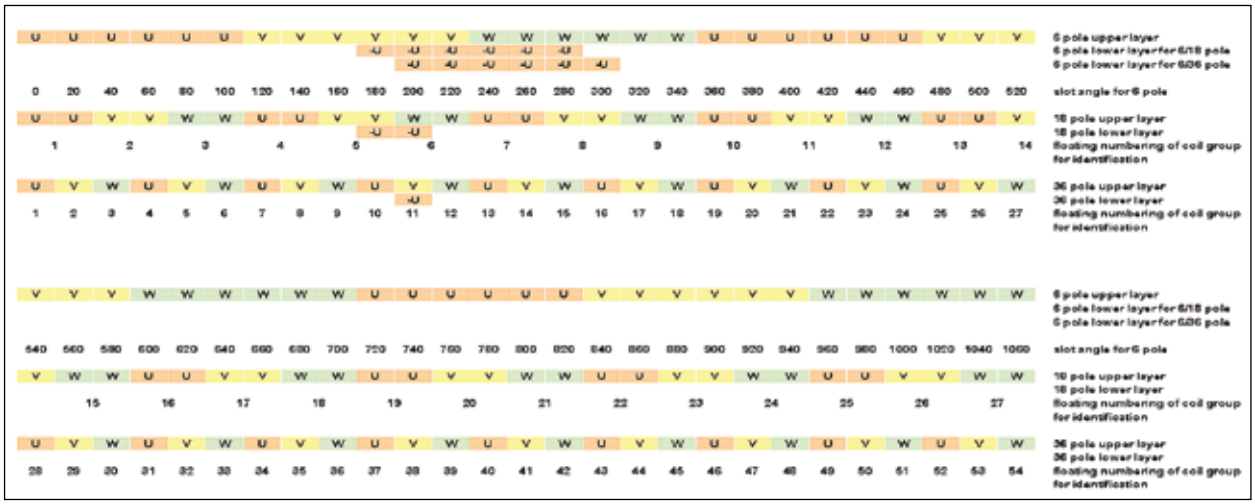
mindkét pólusszámon azonos a neki megfelelő egyfordulatú motoréval. Lásd a 4. ábrát, mely a horonyelrendezést, az 5. ábrát, mely a tekercselés kapcsolását mutatja. Előbbi nemcsak a felső réteget mutatja, hanem az alsó rétegre is utal.

Ha N = 6, 12 stb., azaz páros, a probléma megoldható a lépésnek akár csak 1 horonnyal történő változtatásával. Ekkor minden horonyban van gerjesztés, a motor nemcsak hogy működik, hanem a páros felharmonikusok aránya is elfogadható keretek között marad.

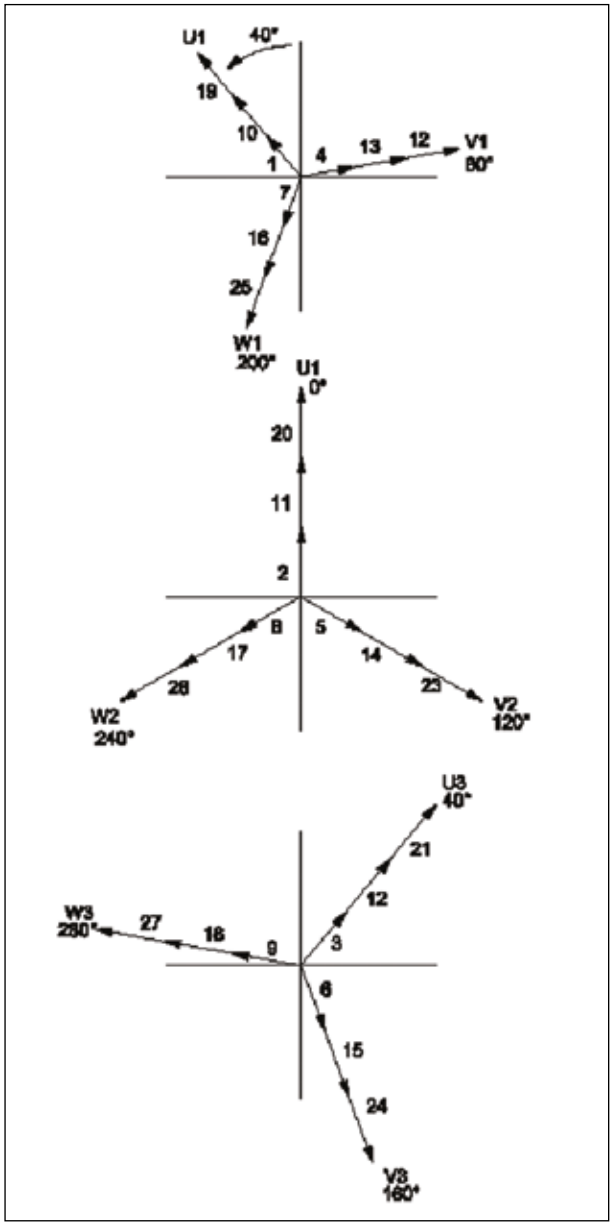
5.2. Speciális meggondolások a kisebb pólusszám táplálására

A behatóbb vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy ilyenkor (N=3, N=6 stb.) a közeli pólusszámú tekercselés vizsgálatakor talált, azzal azonos eredetű és következményű fázisaszimmetria a kisebb pólusszámon mindenféleképpen fellép, sőt már olyan mértéket ér el, melynek csökkentésére, sőt eltüntetésére megoldást kell találni. A megoldást ezúttal a táplálásban keressük, annak érdekében, hogy a motor egyszerűségét megtarthassuk.

Vizsgáljuk még egyszer az 5. ábrát, összevetve a 4. ábra 6 pólusú horonyelrendezésével. Az I. csoport minden pólus „kezdetét", a II. csoport azok „középső részét", míg a III. csoport azok



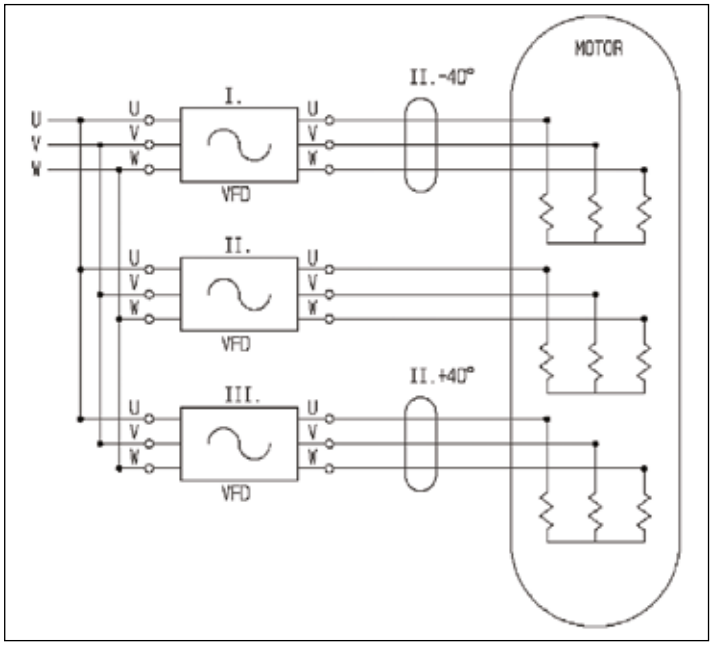
4. ábra *Horonyelrendezés 1:3 és 1:6 pólusszám arányra*



6. ábra *A kisebbik pólusszámon a tekercselésben indukált feszültségek csillaga*

„végét" tartalmazza. Ennek megfelelően felrajzoltuk a főfluxus által indukált feszültségek csillagait mind a három, párhuzamosan kötendő csoportra, lásd a 6. ábrát.

Ha az I. csoportot, II. csoportot és III. csoportot ugyanazzal a 3 fázisú rendszerrel tápláljuk, bármilyen számítás nélkül is nyilvánvaló, hogy jelentős kiegyenlítő áramok fognak fellépni, melyeket semmiképpen sem tarthatunk elfogadhatónak. Abban az esetben azonban, ha a II. csoport 0° – 120° – 240° fázishelyzetű 3 fázisú rendszerrel van táplálva, az I. csoportot pedig – 40° – 80° – 200° fázishelyzetű, míg a III. csoportot 40° – 160° – 280° fázishelyzetű 3 fázisú rendszerrel tápláljuk, vagyis éppen



7. ábra *Javaslat nagyteljesítményű, 1:3 áttételű pólusváltós hajtás kapcsolására*

a főfluxus által abban a tekercscsoportban indukált feszültségnek megfelelően, semmilyen kiegyenlítő áram nem lép fel.

A megoldás, hogy a 3 fázisú rendszereket 40°-kal el kell tolnunk egymáshoz képest. Amit viszont ezáltal kaptunk, az nem más, mint egy szabályos 9 fázisú táplálási rendszer. A javasolt teljes hajtásrendszert a 7. ábra mutatja.

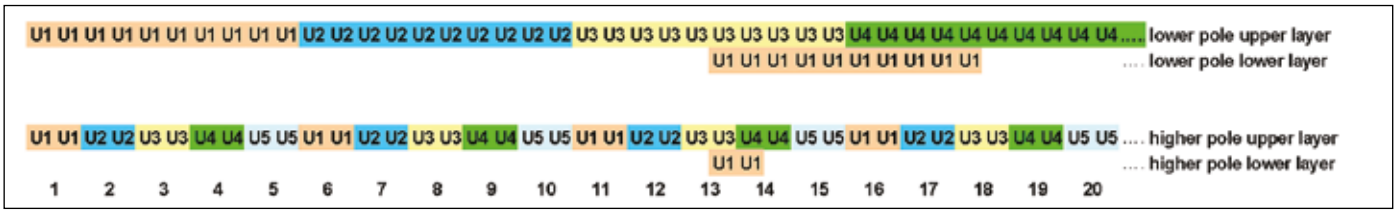
Következésképpen, a kiegyenlítő áramok elkerülésének egyetlen lehetősége 2p – 3*2p vagy 2p – 6*2p stb. esetén, ha a kisebbik pólusszámon 9 kivezetésünk lesz.

Ez a megoldás nehézkesnek tűnik szokásos ipari méretű motorok esetén, nem okoz gondot, sőt igen előnyös azonban igen nagy teljesítményű motorok esetén, ahol is a tekercselésen belüli párhuzamos kapcsolás szokásosnak – sőt szükségesnek – számít. Ugyanez a helyzet a frekvenciaváltók esetén: így tehát, ha az igen nagy teljesítményű frekvenciaváltó 3 párhuzamos ágba van kapcsolva, és ezek vezérlését az eddigi azonos helyett 40°-ra eltoljuk egymáshoz képest, éppen a kívánt 9 fázisú rendszert értük el.

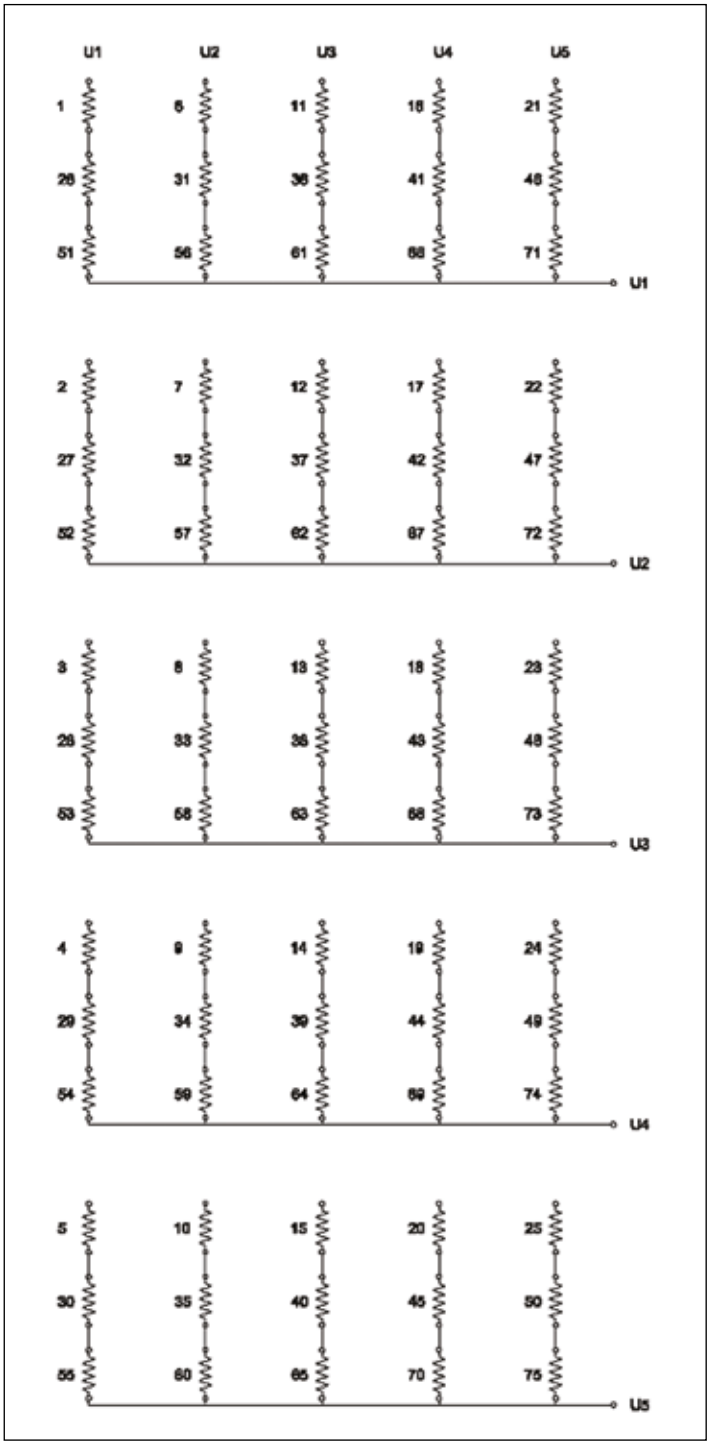
Ilyen fáziseltolás nem szükséges a nagyobbik pólusszámon, ezért ott megtartjuk a 3 fázisú rendszert mind a motornál, mind a frekvenciaváltónál, 3 kivezetéssel. A táplálás átkapcsolásakor a másik 9 kivezetést külön kapcsolóval rövidre kell zárni.

A fenti meggondolásokkal végül is eljutottunk pl. hajók igen nagy teljesítményű főmotorának ideális hajtási rendszeréhez, ahol egymástól jelentősen különböző sebességekre van szükség (utazó sebesség – kikötői manőverezési sebesség) és még a pólusváltós motorok is frekvenciaváltón keresztül vannak táplálva.

Megjegyezzük, hogy számos hasonló javaslat jelent meg az elmúlt évtizedekben, kezdve az 1:3 arányú pólusátkapcsolásra vonatkozóan már 1956-ban [6] egészen a legutóbbi időkig, hogy csak egyet említsünk a sok közül [9], melyben



8. ábra *Horonyelrendezés 1:5 pólusszám arányra*



9. ábra *A tekercselés kapcsolása 1:5 pólusszám arányra*

a kisebb pólusszámon a 9 fázisú táplálás hasznosságát/szükségességét felismerték. A javaslatok kiindulása és végigvitele azonban különbözik, a javaslatok maguk egyedi alkalmazásra voltak csak alkalmasak. A 3//Y / 3//Y kapcsolás alkalmazására távoli pólusszám-kombináció esetére a szerző az irodalomban nem talált példát.

5.3. A módszer továbbfejlesztése 1:N póluskombináció esetére

További fejlesztést tesz lehetővé a fentieknek megfelelően, ha kilépünk a szokásos 3 fázisú táplálásból és többfázisú táplálást is megengedünk. Így aztán az eddig lehetetlennek bizonyult 1:4, 1:5, 1:7 stb. pólusviszonyok azonnal lehetségessé válnak. 1:4 pólusviszony lesz lehetséges 4 fázisú táplálással és 4//Y / 4//Y kapcsolással, 1:5 pólusviszony lesz lehetséges 5 fázisú táplálással és 5//Y / 5//Y kapcsolással, 1:7 pólusviszony lesz lehetséges 7 fázisú táplálással és 7//Y / 7//Y kapcsolással és így tovább, elméletileg végtelen pólusszámaránya.

A 8. ábra mutatja példaként az N=5-re vonatkozó horonyelrendezést (csak az „elejét" a jobb olvashatóság érdekében), a 9. ábra pedig a kapcsolási elrendezést.

Az 1:3 (1:6) pólusviszonyra talált meggondolások továbbra is érvényesek.

A kisebbik pólusszám táplálását továbbra is a 7. ábrában vázolt elv szerint kell megvalósítani. A kisebbik pólusszámon tehát N x N kivezetés szükséges.

Ha N páros, páros harmonikusok fognak fellépni.

Ha N páratlan pl. N=5, N=7 stb., az eredmény tökéletesen ideális, semmilyen páros harmonikus nem lép fel, így aztán a motor viselkedése azonos ahhoz, mintha két standard egy fordulatszámú motor lenne egybeépítve; a tervező használhatja standard tervezési szoftverét.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

3Y / 3Y módszert alkalmazó pólusváltós motorok alkalmazását, jellemzőit és tervezési irányelveit tárgyaltuk.

Azt találtuk, hogy a módszer alkalmas mind közeli, mind távoli pólusszám-kombinációk esetére.

Közeli, az iparban ténylegesen szükséges pólusszámok esetén a módszer közvetlenül alkalmazható fáziskiegyenlítő módszerek alkalmazása nélkül.

Újdonságként megmutattuk, hogy a módszer távoli pólusszámok esetére is alkalmazható. Mégpedig N fázisú táplálás esetén bármely, elméletileg végtelen, 1:N pólusszám-kombinációra. Javaslatot tettünk igen nagy teljesítményű hajtások, pl. hajók fő hajtásának elrendezésére.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] **Kovács G.:** A 3Y / 3Y Winding for high Power Asynchronous Motors, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering Vol:12, No:1, *2018. p. 1367- 1374*

[2] **Kovács G.:** Pole-Changing Windings for Close Ratio and 1:N Ratio Using the 3//Y / 3//Y Method, Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal Vol. 3, No.4, p. 241-253 *(2018)*

[3] **Nürnberg, W.:** Die Asynchronmaschine , Springer Verlag *1952. p. 299*

[4] **Liska József:** Villamos gépek, IV. Aszinkron gépek, Tankönyvkiadó *1960. p. 126.*

[5] **Lengyel Zoltán:** Korszerű kéttekercselésű motorok, Ganz Közlemények *1964. p. 31 – 36.*

[6] **Rawcliff, G.H., Jayawant, B.V.:** The development of a new 3:1 pole-changing motor. Proceedings of the IEE – Part A Power Engineering *1956. p. 306 – 316.*

[7] **Broadway, A.R.W., Ismail, K.S.:** Phase modulated 3-phase pole changing windings", IEE Proceedings B - Electric Power Applications Vol. 133, Pt. B, No. 2, *MARCH 1986 p.61-70.*

[8] **Dawei Meng, Qian Wang:** Research on Balanced Winding Used in 3Y/3Y/ pole/changing Motor, - International Journal of Automation and Power Engineering (IJAPE) Volume 2 Issue 4, *May 2013*

[9] **Umesh, B. S, Kiran Kumar, N., Sivakumar, K.:** Performance improvement of a nine phase pole phase modulated induction motor drive". IEEE International Conference on Industrial Technology, *2015 p. 812-817.*

[10] **Heller, B., Hamata, V.:** Harmonic Field Effects in Induction Machines, ELSEVIER Scientific Pulishing Company Amsterdam, Oxford, New York *1977.*

Kovács Gábor
Senior Development Manager
Ganz Villamossági Művek
gabor.kovacs@cgglobal.com

Dr. Jagasics Szilárd

Redundáns motorok

A járművekben egyre több villamos hajtású egység található. Egy részük kényelmi funkciót lát el, esetleges meghibásodásuk csak kellemetlenséget, kényelmetlenséget okozhat. Vannak köztük biztonságkritikus egységek is, mint például az elektromos kormányszervó, melynek kiesése veszélyezteti a jármű irányíthatóságát. Az ilyen egységek hibatűrő képessége fokozható például redundáns alegységek bevezetésével.

There are many electric drives installed in the vehicles. Many of them is used only for comfort purposes, if one fails, it causes only discomfort. There are also safety critical applications like electric power steering: if it fails, it may cause dangerous situations. Fail rate can be reduced by introducing redundant system topology.

1. BEVEZETÉS

A járművek tömegétől, kormányműáttételtől függően meghibásodás esetén a jármű csak korlátozottan, vagy egyáltalán nem vezethető. A kormánymű változó áttétele jellemzően növekvő, így a két végállás között kevesebb kormányfordulat szükséges. Ez komfortosabb kormányzást eredményez: könnyíti a parkolást, ha kevesebb kormányfordulattal érhető el a két végállás. Középállás környezetében alacsonyabb az áttétel, ami finom kormányzást tesz lehetővé például sávtartáskor, majd a végálláshoz közeledve emelkedik az áttétel.

Az áttétel karakterisztikájából adódóan hibás kormányszervó esetén a középállás környékén is nehéz manőverezni. Álló jármű esetén lényegesen nehezebb a kormányzás, mint alacsony sebesség esetén.

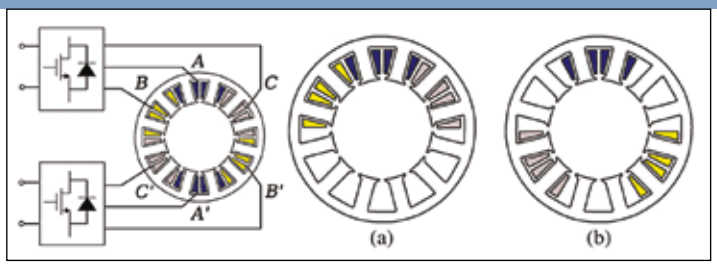
Egy átlagos autó esetén a 4-5 Nm fölötti kormányzási nyomatékigényt a villamos hajtás szolgáltatja. Az érték jellemzően változó, gyakran sebességfüggő: parkoláskor nagyon alacsony, nagyobb sebességnél viszont magasabb, hogy a veszélyes, hirtelen manővereket korlátozza.

1.2 REDUNDÁNS RENDSZEREK KIALAKULÁSA

Ha a kormányszervó meghibásodik, akkor általában a teljesítményelektronika végfok vagy a motor lesz zárlatos, ami általában a porvédő gumiharang sérülése miatt következik be. Mindkét esetben lekapcsol az elektronika, amint észleli a hibát. A motor az esetek döntő többségében állandó mágneses szinkron motor. A motort a kormánnyal együtt forgatja a vezető, így lekapcsolt állapotban generátorként viselkedik. Ha a meghibásodott komponensek között valamelyik zárlatos, akkor generátoros féküzembe kerül, ezáltal blokkoló hatást kelt.

A kormányszervó hajtások fejlődésével több védelmet fejlesztettek a blokkolás kiküszöbölésére. Ezek közül az egyik széleskörűen elterjedt megoldás a csillagponti relé vagy szilárdtestrelé. Nevének megfelelően a motor csillagpontját zárja, ha bekapcsol a hajtás, hiba esetén pedig vezéreletlen marad, azaz a motor csillagpontja nem lesz összekötve, így blokkolás sem lesz.

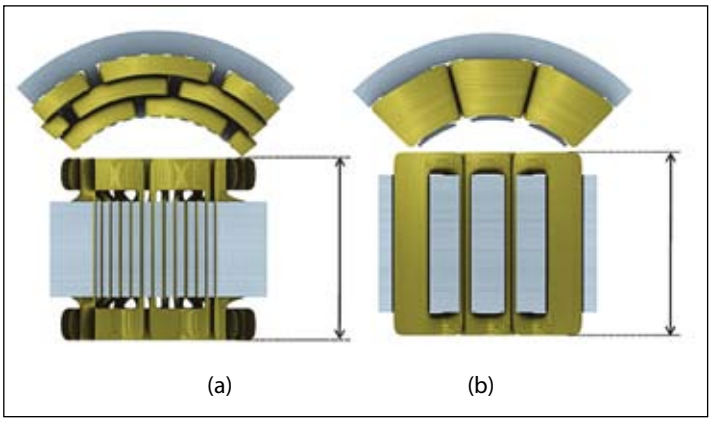
A blokkolás elhárítása viszont önmagában nem megoldás, hiszen kormányszervó hajtás továbbra sem lesz meghibásodás esetén. A problémát redundáns motor, illetve hajtáselektronika kifejlesztésével orvosolták, lásd az 1. ábrát.



1. ábra *Redundáns motor és inverter [1]*

A komponensek duplikálása, azaz 2 db inverter és 2 db motor beépítése helyett egy kompaktabb megoldást dolgoztak ki. Először vizsgáljuk meg a motorkialakítást.

A kormányszervó motorok tekercselési rendszere a 2.ábrán látható. A 2.a. ábrán a hagyományos háromfázisú, a 2.b. ábrán az úgynevezett fogratekercselt állórész szerepel. Az egyik fő különbség a tekercsfejméret: fogratekercselt kivitel esetén lényegesen kisebb: a huzal a szomszédos horonyba lép át, nem több hornyot, mint a hagyományos háromfázisú tekercselés esetén. A 2. ábrán megfigyelhető, hogy a nyilakkal jelölt, azonos állórész hossz esetén az elektromágneses szempontból aktív szakasz, azaz a vastest hossza a 2.b ábrán nagyobb. Ebből adódnak előnyei, melyek a kompaktabb méret, nagyobb teljesítménysűrűség, kisebb ellenállás, hiszen rövidebb a tekercsfej. A tekercsfejben a szomszédos fázisok huzaljai nem találkoznak, így a fázisok közti zárlat lehetősége is jelentősen csökken.



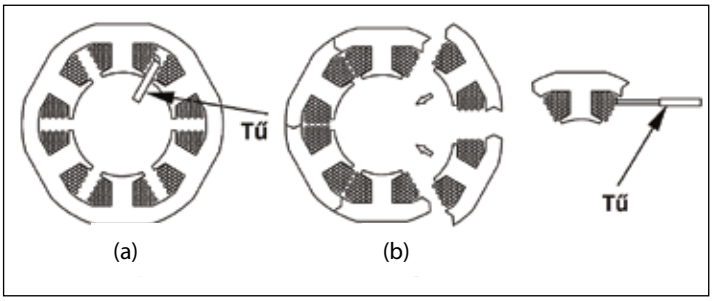
2. ábra *(a) hagyományos háromfázisú, (b) fogratekercselt állórész [2]*

A fogratekercselést általában tűs tekercseléssel végzik. Ez azt jelenti, hogy egy tű körüljárja a fogfejet a horonyszájakon keresztül, miközben bevezeti a huzalt (3. ábra). A huzalrendezettség így tökéletes lesz, a huzalkereszteződés kiküszöbölésével lényegesen nagyobb horonykitöltés érhető el. A horonykitöltés tovább javítható, ha az állórész lemez szegmentált, azaz minden horony közközépvonalánál el van vágva (3.b. ábra). Szegmentált lemez esetén tetszőleges lehet a horonyszájméret, illetve a tű mozgására sem kell területet biztosítani. A tűs tekercselés egyik hátránya, hogy párhuzamos szálak tekercselésére nem alkalmazható.

Kisfeszültségű, nagy áramú motorok esetén (jellemzően 120-160 A fázis csúcsáram) a fázisellenállás minimalizálása kulcsfontosságú, ezért gyorsan elterjedt ezen a területen a szegmentált motor kialakítás.

Ha a fogankénti tekercsek nem tartalmazhatnak párhuzamos szálakat, akkor a tekercsek soros-párhuzamos kötésével lehet a tekercselést optimalizálni. A túl nagy huzalátmérő esetén a huzal merevsége korlátozza a tekercselhetőséget, ilyen esetben például párhuzamosan kötött, dupla menetszámú tekercseket lehet alkalmazni.

Az 1. táblázat példaként ismerteti a 10 pólusú (azaz 5 póluspárú), 12 hornyos motor tekercselési sémáját: a fázisonkénti tekercsek be- és kilépő oldalát, illetve a tekercsek relatív villamos szögét. Az 1, 3, illetve 2, 4 tekercsek eltérő fázishelyzetűek. Sorosan bármelyik, azonos fázishoz tartozó



3. ábra *Tűs tekercselés a, egy lemezből szaggatott, illetve b, szegmentált állórész lemez esetén [3]*

	fázishelyzet	A fázis		B fázis		C fázis	
tekercs száma	vill. szög	be	ki	be	ki	be	ki
1	0	1	2	5	6	9	10
2	-30	3	2	7	6	11	10
3	0	8	7	12	11	4	3
4	-30	8	9	12	1	4	5

1. táblázat *10 pólusú (5 póluspárú), 12 hornyos motor tekercselési sémája*

tekercs köthető, párhuzamosan viszont csak azonos fázishelyzetűek. Például egy lehetőség: sorosan van kötve az 1, 2, illetve 3, 4 tekercs, majd az 1-2 és 3-4 tekercsek egymással párhuzamosan. Ezzel a kialakítással két párhuzamos ágú motort kaptunk.

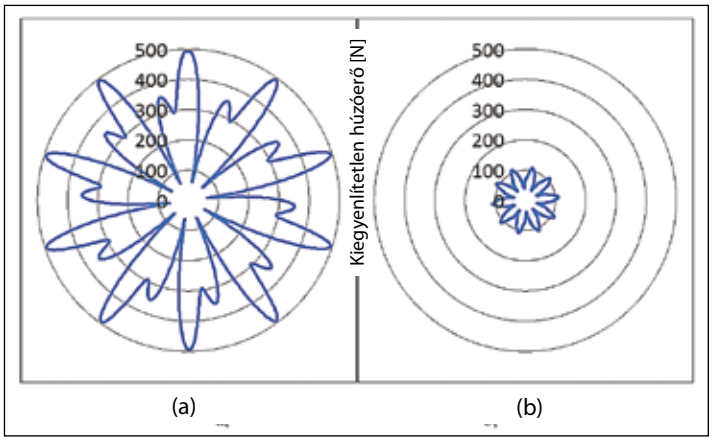
1.3. REDUNDÁNS RENDSZER ÜZEME

Ugorjunk vissza az 1. ábrához: ahol két inverter és egy motor szerepel. A két párhuzamos ágú tekercsrendszert táplálhatjuk két független inverterrel, bizonyos feltételek mellett. Ha az 1-2, illetve 3-4 tekercsek csillagpontja külön kerül kialakításra és nincsenek összekötve, a két inverter galvanikusan független tekercseket táplál, azaz ha pillanatnyi eltérés lép fel a kimenő feszültségek fázisa vagy amplitúdója között, nem lép fel járulékos kiegyenlítőáram.

A fenti kialakítással egy motor, galvanikusan független, 2x3 fázisú tekercseléssel és két inverter alkalmazásával létrehoztuk a redundáns hajtást.

A tekercsrendszer kialakítása során több szempontot is mérlegelhetünk. Választhatunk például olyan kialakítást is, hogy az 1-4, illetve 2-3 tekercseket kötjük sorosan, így kapjuk az 1. ábrán b-vel jelölt tekercselési rendszert. Ha az 1-2, illetve 3-4 tekercsekből alkotjuk az ágakat, akkor az 1. ábra a jelű kialakítását kapjuk. A két kialakítás közötti különbség akkor érzékelhető, ha csak az egyik inverter hajtja a motort, a másik inverter kikapcsolt állapota mellett. A b kialakítás esetén a tekercsek távolabb helyezkednek el egymástól, homogénebb lesz a gép melegedése. További előny a táplálásból adódó kiegyenlítettebb húzóerő-eloszlás is (4. ábra), melyet egy 2x80 A fázis csúcsáramú, 5 Nm-es motor esetén vizsgáltam meg. A szimuláció során az egyik háromfázisú tekercselésen 80 A folyt, míg a másik háromfázisú tekercsszett nem volt gerjesztve.

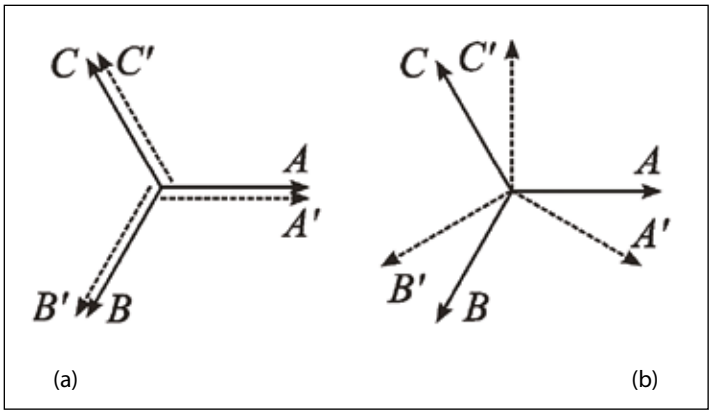
A b kialakítás esetén lényegesen kisebb a mágneses húzóerő, ami előnyös a csapágyak igénybevétele kapcsán, továbbá kisebb a féloldalas táplálás esetén fellépő zaj, rezgés is.



4. ábra *Az 1. ábra (a), illetve (b) szerinti elrendezés és egy inverteres táplálás esetén fellépő mágneses húzóerő-eloszlás egy mechanikus rotorfordulat esetén*

1.4. NYOMATÉK HULLÁMOSSÁG CSÖKKENTÉS

Ha a tekercseket párhuzamosan kötve szeretnénk alkalmazni, akkor az 1-3, illetve 2-4 tekercseket köthetjük párhuzamosan fázisonként. Ebben az esetben a két inverter nem azonos rotorpozícióval fog üzemelni, hiszen a két háromfázisú tekercsrendszer között villamosan 30° a különbség. Az inverter kialakítás kétféle lehet: vagy teljesen független a két rendszer, ez a költségesebb kialakítás, viszont tetszőleges rotorszöggel üzemelhet a két inverter. Egyszerűbb inverter kialakítás esetén az inverternek csak a teljesítményelektronikai végfoka duplikált, ilyen üzemre ezek nem alkalmasak.



5. ábra *(a) 1-2, ill. 3-4 soros, vagy 1-4, ill. 2-3 soros elrendezés, (b) 1-3, ill. 2-4 párhuzamos kötés szerinti rendszerek közti fáziseltolás [1]*

A kormányszervó hajtások esetén a kormányzási érzet kiemelt fontosságú, a nyomaték hullámosság kellemetlen érzést okoz a kormányon. Az egyik elterjedt nyomaték hullámosság csökkentési módszer a forgórész mágnesek ferdítése, amely hatékonyan csökkenti a nyomaték hullámosságot, de rontja a gépből kivehető teljesítményt.

Ha a tekercselés az 1-3, illetve 2-4 tekercsekkel épül fel és a két inverter különböző rotorszöggel üzemel, a rotorszög megfelelő mértékű módosításával előállítható az az állapot, mintha a rotor lenne ferdítve. Nem szükséges fizikailag rotort ferdíteni, viszont a nyomaték hullámosság hatékonyan csökkenthető.

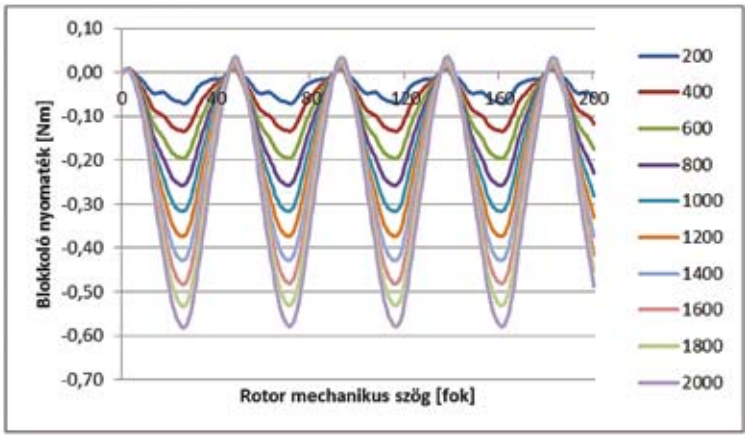
1.5. ÜZEMMÓDOK

Hibamentes üzem esetén a két inverter az aktuális teljesítményigényt fele-fele arányban szolgálja ki. Ha túlmelegedés határára kerül a rendszer, az inverterek teljesítményét limitálják, míg nem hűl vissza a normál üzemi hőmérséklet tartományba.

Hibás üzemállapot esetén a hibát észlelő inverter lekapcsol. Az inverter és a motor között fázisonként FET-ek vannak beiktatva, melyek kikapcsolásával a motor és az inverter is szétkapcsolható. Ezeket a FET-eket általában fázisfetnek nevezik.

A fázisfet célja az olyan állapotok kiküszöbölése, amely a motorban blokkolást eredményezhet. Mivel állandó mágneses szinkron motor végzi a hajtást, ha forog a tengely, feszültség indukálódik, ami blokkoló nyomatékot eredményezhet.

Az inverterben egy vagy több végfok FET zárlat vagy DC köri kondenzátor zárlat okozhat blokkolást, melyek ellen a fázisfetek nyitása védelmet biztosít, kizárja a motor fázisok közötti zárlat lehetőségét. A menetzárlat ellen a fázisfet nem véd, viszont ez a hibamód nem is okoz jelentős mértékű blokkolást. Legrosszabb esetben így teljes fázis-csillagpont zárlat léphet fel, a blokkolás hatása fordulatszámfüggő.



6. ábra *Blokkoló nyomaték teljes fáziszárlat, 200..2000 1/perc fordulatszámtartományra vizsgálva egy 7 Nm-es motor esetén*

A 6. ábrán megfigyelhető a blokkoló nyomaték fordulatszámfüggése teljes fáziszárlat esetén 200..2000 1/perc tartományban. A kormánymanőverek többségét lefedi a görbesereg. A motor nyomatéka két inverterrel hajtva 7 Nm, egy inverterrel hajtva 3,5 Nm. Középértékben a nagy fordulatú kormánymanőverek esetén is kevesebb mint 0,3 Nm esik ki teljes fázis-csillagpont közti zárlat esetén a meghibásodott alegység blokkoló hatása miatt, ami meglehetősen „worst case", azaz pesszimista üzemállapot, előállásának esélye nagyon alacsony. Így a rendszer hibajelzés mellett a legtöbb kormányzási manővert teljesíteni tudja, a jármű biztonságosan el tud jutni önerőből a célállomásig, vagy a szervizig.

2. ÖSSZEFOGLALÁS

A redundáns motorok esetén, ha kritikus hiba lép fel, a rendszer teljesítményének csak egy része esik ki teljes leállás helyett. A hagyományos kialakításhoz képest jelentős technológiai változtatást nem igényel a redundáns kialakítás alkalmazása. A motoron belül csak a tekercsek elkötése változik, illetve a csatlakozási pontok száma. Inverter oldalról a részegységek duplikálására van szükség.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] **Massimo Barcaro, Nicola Bianchi, Freddy Magnussen:** Analysis and Tests of Dual Three-Phase 12-Slot 10-Pole Permanent-Magnet Motor, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 46 2010 pp 2355-62

[2] **Thomas Fin ken, Marco Hombitzer, Kay Hameyer:** Study and Comparison of several Permanent-Magnet excited Rotor Types regarding their Applicability in Electric Vehicles, *2010 Emobility - Electrical Power Train*

[3] **F. Libert, J. Soulard:** Manufacturing Methods of Stator Cores with Concentrated Windings, 2006 3rd IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives - PEMD *2006*

Dr. Jagasics Szilárd, Ph.D.
Thyssenkrupp Presta Hungary Kft., motortervező
Óbudai Egyetem, Automatika Intézetének
félállású adjunktus
jagasics.szilard@kvk.uni-obuda.hu

A jövőbe vezető út elektromos autókkal van kikövezve

A Bloomberg 2018-as Electric Vehicle Outlook jelentése szerint 2040-re az újautó-értékesítések 55 százalékát, illetve a teljes járműállomány 33 százalékát elektromos autók adják majd.

Napjainkban tehát már nem az a kérdés, hogy átállunk-e az elektromos közlekedésre, hanem az, hogy mikor és hogyan megy végbe ez az átalakulás. Ehhez mind a járművek üzemeltetésében, mind a kapcsolódó infrastruktúra kiépítésében fontos lépésekre van szükség, az érintett vállalatoknak pedig számos kérdést kell átgondolniuk. Az energiafelhasználás minden szintjén folyamatosan nő az igény a nem szénalapú energiaforrások iránt, hogy mérsékelhető legyen a klímaváltozás és annak negatív hatásai. Életünk számos területén váltunk új forrásokra, ezek közül pedig a járművek jelentős levegőszennyezése miatt a közlekedés az egyik legfontosabb. Az **Európai Unióban** például a szén-dioxid-termelés 12 százalékáért az autók a felelősek. A közlekedés okozta károsanyag-kibocsátás mérséklésére kézenfekvő válasz, hogy a belsőégésű motorokról elektromos meghajtásra állunk át. A **Bloomberg előrejelzése** szerint 2040-re a világ teljes járműállományának egyharmada, mintegy 559 millió autó elektromos meghajtású lesz, és az újonnan vásárolt autók 55 százalékát is már az ilyen modellek teszik ki, ami 60 millió elektromos járművet jelent.

Szakértők jóslata még messzebbre merészkedik. Ők úgy gondolják, hogy két-három évtizeden belül teljesen általános lesz az elektromos és önvezető járművekkel való közlekedés, amelyeken másokkal is osztozni fogunk, szolgáltatásként igénybe vehető utazási modellben (transportation-as-a-service). Az autópályák tele lesznek olyan pihenőhelyekkel, amelyeket gyorstöltőkkel szereltek fel, és a városokban ugyanolyan általános látványnak számítanak majd az utcai autótöltő állomások, mint ma a parkolóórák. Aki túlzásnak találna egy ilyen jövőképet, annak érdemes belegondolnia abba, hogy 25 évvel ezelőtt a bolygó népességének nagy része nem is hallott még az internetről, és 15 éve mindössze néhány embernek volt mobiltelefonja. Ma pedig elképzelni sem tudjuk az életünket a világháló és az okostelefonok, illetve az ezeken keresztül elérhető szolgáltatások nélkül.

Ahhoz, hogy a közlekedésben lecseréljük a káros üzemanyagokat, nem elég az elektromos járművek elterjedése. A megfelelő infrastruktúrának is ki kell épülnie, ami lehetővé teszi, hogy a sofőrök a hosszabb távok megtételéhez is kényelmesen feltölthessék autójuk akkumulátorát. A változás kulcsa tehát annak a két csoportnak a kezében van, amely a legtöbb jármű működtetésében, illetve az infrastruktúra fejlesztésében érintett.

www.schneider-electric.hu

Halász Sándor, Stumpf Péter

Az inverteres villamos hajtások fejlődési irányai

Az inverterről táplált villamos hajtások jelentős szerepet játszanak a korszerű műszaki berendezésekben. A cikk egy rövid áttekintést ad a villamos hajtásokban alkalmazott inverter topológiákról, az inverterekben alkalmazott modulációs eljárásokról és kapcsolóelemekről. Az elmúlt évtizedekben és években ezen területeken történt fejlesztések jelentősen hozzájárultak az inverteres hajtások fejlődéséhez és széles körű elterjedéséhez.

1. BEVEZETÉS

Váltakozó áramú aszinkron vagy szinkrongép fordulatszám-változtatásának legjobb műszaki megoldása az állórész feszültség frekvenciájának változtatása, amellyel széles fordulatszám-tartományban folyamatosan szabályozható hajtást lehet megvalósítani. A megoldás elve régóta ismert, de csak a teljesítményelektronika rohamos fejlődése tette lehetővé, hogy minden műszaki követelményt kielégítő, megbízható és költségek szempontjából is elfogadható inverterek kerüljenek kifejlesztésre és gyártásra.

Ennek következtében inverterről táplált villamos hajtásokat – teljesítményszinttől függetlenül – egyre szélesebb körben alkalmaznak: kezdve a megújuló energiaforrások hasznosításától, az elektromos és hibrid járművektől, az ipari robotokon és ipari rendszereken keresztül egészen az orvosi segédeszközökig és a háztartási berendezésekig.

Az inverterről történő táplálás lehetőséget teremtett, hogy a motorok névleges f_1 tápfrekvenciájának nem kell megegyeznie a hálózati 50/60 Hz-es frekvenciával. Így megjelentek olyan nagy fordulatszámú, jellemzően egy póluspárú motorok, melyek tápfrekvenciája több száz vagy akár kHz fölötti érték és így a névleges percenkénti fordulatszám több tíz vagy akár százezer is lehet. Ilyen hajtásokat alkalmaznak például szerszámgépekben. Hasonlóan nagy névleges f_1 tápfrekvenciával rendelkeznek a hibrid és elektromos autókban található motorok. Ugyanakkor a nagyobb leadható nyomaték miatt ezek a motorok több póluspárt tartalmaznak, így a névleges percenkénti fordulatszámuk jellemzően tízezer körüli érték.

A továbbiakban röviden bemutatásra kerülnek a hajtásokban alkalmazott inverter topológiák, az inverterekben alkalmazott modulációs eljárások és kapcsolóelemek.

2. INVERTER TOPOLÓGIÁK

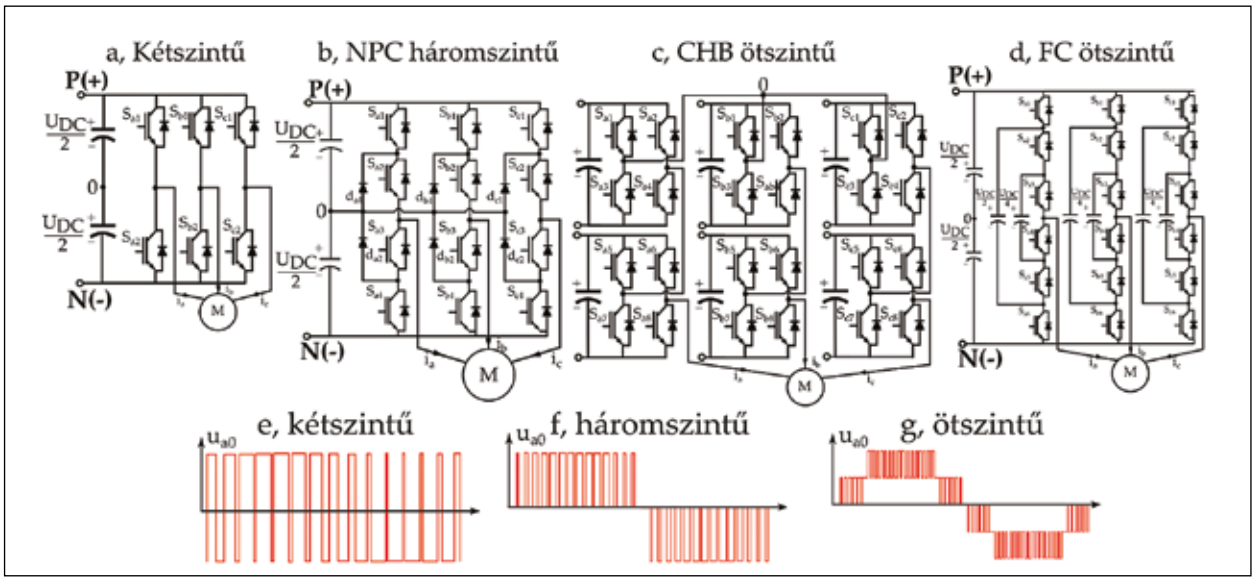
Az invertereket két nagy csoportra, az úgynevezett közbenső egyenáramú körös és a közvetlen átalakítós inverterekre oszthatjuk. A mai modern ipari hajtásokban alkalmazott inverterek legnagyobb része az első csoportba tartozik, ezért a cikk is ezeket fogja részletesebben bemutatni. A közvetlen átalakítós inverterek közé tartozik például a tirisztoros ciklokonverter, illetve a tranzisztor alapú mátrix konverter. Utóbbinak jelentős előnye, hogy az energiatároló elem hiánya miatt kisebb a mérete.

Attól függően, hogy a közbenső egyenáramú körös inverter bemenete feszültségforrásként vagy áramforrásként viselkedik, feszültség inverterekről (angolul Voltage Source Inverter) vagy áram inverterekről (angolul Current Source Inverter) beszélünk. Megfelelő vezérléssel a frekvencián kívül az első típusoknál a kimenő feszültséget, míg a másik típusnál a kimenő áramot tudjuk változtatni. Miután a modern ipari hajtások jelentős része feszültség inverteres, ezért a továbbiakban ez a típus kerül ismertetésre.

Feszültség inverterek esetében elsősorban diódás egyenirányítót alkalmaznak, hogy a hálózati feszültségből egyenfeszültséget állítsanak elő. Ez csak motor irányú energiaáramlást tesz lehetővé. Hálózat oldali inverter alkalmazásával négynegyedes hajtás is megvalósítható. Ilyenkor az egyenfeszültség nagysága is szabályozható, ami további előnyöket jelent.

Akkumulátoros táplálás esetén, például elektromos vagy hibrid autóknál, egyenáramú átalakítóval lehetőség nyílik fékezés során az akkumulátor töltésére és így a regeneratív fékezés megvalósítására.

Az 1. ábra mutatja be a továbbiakban bemutatásra kerülő inverter topológiákat és a hozzájuk kapcsolódó kimenő feszültség időfüggvényeket.



1. ábra *Feszültséginverter topológiák és jellemző kimenő feszültségalakjuk*

2.1. Kétszintű háromfázisú inverter

Az egyik leggyakrabban alkalmazott inverter topológia a kétszintű háromfázisú inverter (1a ábra). Az *a, b* és *c* fázisok vagy a P pozitív, vagy az N negatív sínhez kapcsolódnak. Ennek megfelelően az u_{a0}, u_{b0} és u_{c0} feszültségek két értéket, $\boldsymbol{U}_{DC}/2$ és $-\boldsymbol{U}_{DC}/2$-t, vehetnek fel (1e ábra). Így létrehozható különböző kapcsolóállapotok száma $2^3=8$. E 8 darab kimenő feszültségállapot közötti kapcsolgatással állítható elő a kívánt frekvenciájú és amplitúdójú alapharmonikus feszültség.

Megfelelő modulációs technika alkalmazásával nagyon jó minőségű hajtást lehet megvalósítani. Általában a tranzisztorok f_c kapcsolási frekvenciája több kHz vagy több tíz kHz. Emiatt 50/60 Hz-es névleges frekvenciájú motorok esetén a kapcsolási frekvencia és a kimenő feszültség f_1 alapharmonikusának aránya, melyet $m_f=f_c/f_1$-gyel szoktak jelölni, magas érték, jellemzően 100 fölötti. Ezekben az esetekben a motor fázisáramai nagyon jó közelítéssel szinusz alakúak.

Nagyobb teljesítményeknél, ahol kisebb kapcsolási frekvenciát kell alkalmazni, vagy a korábban említett nagyobb frekvenciájú hajtásoknál az m_f frekvenciaarány alacsony érték (jellemzően m_f<20-30). Emiatt a motor fázisáram jelalakjai jelentősen eltérnek a szinuszos jelalaktól. A nagyobb harmonikus torzítás többletveszteséget okoz.

2.2. Háromfázisú többszintű feszültség inverterek

Több feszültségszint bevezetésével alacsonyabb frekvenciaarányoknál is elfogadhatóbb jelalakokat kaphatunk.

A többszintű feszültség invertereket három csoportba lehet osztani: semleges pontra megfogott (angolul *Neutral Point Clamped [NPC]*), H-hidas (angolul *Cascaded H-bridge [CHB]*), illetve lebegő kondenzátoros (angol *Flying Capacitor [FC]*).

Egy háromszintű NPC topológiát mutat az 1b ábra, míg a kimenő feszültség jelalakja az 1f ábrán látható. A két kondenzátorral a bemenő feszültség két egyenlő részre oszlik. A kimenő fázis (*a,b* vagy *c*) a két felső tranzisztor bekapcsolásával a P sínre, a két középső tranzisztorral a 0 pontra, míg a két alsó tranzisztor segítségével az N sínre kapcsolható. Ennek megfelelően az u_{a0}, u_{b0} és u_{c0} feszültségek három értéket ($\boldsymbol{U}_{DC}/2$, 0, $-\boldsymbol{U}_{DC}/2$) vehetnek fel, a lehetséges kapcsolások száma így már $3^3=27$. Az ábrán szereplő NPC topológia egyik hátránya, hogy a kondenzátorok feszültségét szabályozni kell működés során, illetve, hogy a veszteségek nem egyenletesen oszlanak meg a félvezető eszközökön. Utóbbi hátrány kiküszöbölésére a megfogó diódák helyett is tranzisztorokat alkalmaznak (angolul *Active NPC*), amiknek a megfelelő kapcsolásával a veszteséget egyenletesen lehet elosztani a tranzisztorok között. Bár NPC topológia esetén van lehetőség újabb kondenzátorokkal és tranzisztorokkal növelni a feszültségszintek számát, ez a gyakorlatban nem terjedt el.

A feszültségszintek számát könnyebben lehet a másik két típusú topológiával növelni. Ahogy az 1c ábrán látható, a H-hidas többszintű feszültség inverter több egyfázisú inverter (H-híd) sorba kötésével állítható elő. Ennek a topológiának az előnye, hogy minden modult vagy másképpen cellát elegendő alacsony feszültségszintre méretezni. Ez egyszerű és olcsó cserélhetőséget biztosít meghibásodás esetén. A cellák sorba kötésével az alacsony feszültségszintre tervezett alacsony teljesítményű modulokkal nagyobb feszültségű és nagyobb teljesítményű motorok is táplálhatók.

Motoros hajtások esetében a topológia jelentős hátránya, hogy minden cella bemenő feszültségének galvanikusan függetlennek kell lennie. A hálózati feszültségből ez leggyakrabban olyan transzformátorokkal oldható meg, melyek szekunder oldala több kivezetést tartalmaz. Minden kivezetéshez egy-egy diódás egyenirányítót kötve egymástól független feszültségforrások kaphatók. A diódás egyenirányítás miatt a hálózat irányú energiaáramlás ebben az esetben nem lehetséges. Ez megoldható vezérelt egyenirányítókkal, de ez tovább növeli a topológia bonyolultságát.

FC típusú többszintű inverter esetén (1d ábra) a tranzisztorok segítségével a kimenő fázis a P vagy N sínre, vagy valamelyik lebegő kondenzátorra kapcsolható. Az ábrán látható 5 szintű elrendezésben a kimenő feszültség lehet $\boldsymbol{U}_{DC}/2$, $\boldsymbol{U}_{DC}/4$, 0, $-\boldsymbol{U}_{DC}/4$, $-\boldsymbol{U}_{DC}/2$. Fontos, hogy a kondenzátorok feszültségét, az NPC-hez hasonlóan, szabályozni kell működés során.

Az FC többszintű inverterek, hasonlóan a H-hidas elrendezéshez, modulárisan épülnek fel. Minden új feszültségszinthez egy új kondenzátor és egy tranzisztorpár szükséges. Ugyanakkor, szemben a H-hidas topológiával, a modulok számának növelésével nem növelhető a teljesítményszint, csak a kimenő feszültség harmonikus torzítása csökkenthető. Előnyük, hogy elegendő egyetlen feszültségforrás bemenetként.

Ahogy az 1. ábrán látható, többszintű feszültség inverterek esetén az inverterek összetettsége jelentősen megnő, sokkal több tranzisztor, hozzájuk kapcsolódó meghajtó és védőáramkör szükséges és a kapcsolók vezérlése is bonyolultabbá válik. Háromszintű inverterek esetén ugyanakkora kapcsolási frekvencia mellett jelentősen javul a fázisáram jelalak és ennek megfelelően csökken a harmonikus torzitás. Ugyanakkor, a feszültségszintek további növelése nem hozza magával a harmonikus torzítás további jelentős csökkentését. Emiatt az ipari hajtásokban elsősorban a háromszintű NPC és H-hídas topológia kezdett elterjedni.

A bemutatott három többszintű topológia mellett megjelennek a topológiák keverésével kapott inverterek is. Például a H-hidas elrendezés esetén a cellát egy egyfázisú NPC topológia adja. Az elmúlt években számos vizsgálat és kutatás folyt az úgynevezett moduláris többszintű inverterek (angolul *Modular Multilevel Converter [MMC]*) terén. Ezekben az esetekben a modul vagy cella egy fél híd vagy egy teljes H-híd egy bemeneti kondenzátorral. Szemben a H-hidas topológiával, itt a cellákat fázisonként sorba kötik és a teljes inverterre egyetlen feszültségforrást kapcsolnak. Ugyanakkor, az MMC topológiát nem hajtásokban, hanem elsősorban nagyfeszültségű energiaátvitel (angolul *High Voltage Direct Current transmission [HVDC]*) során alkalmazzák.

2.3. Többfázisú feszültség inverterek

Az eddig tárgyalt topológiák háromfázisúak voltak. Könnyen belátható, hogy az ágak számának növelésével többfázisú (5, 7, 9…) inverter is készíthető többfázisú motorok meghajtásához.

Többfázisú motorok egyre szélesebb körben terjednek. Ezek előnye, hogy a nagyobb fázisszámú motorok üzembiztonsága – a háromfázisú motorhoz képest – jelentősen javul, mivel a motornak lesz indítónyomatéka akkor is, ha az egyik fázis meghibásodik. Háromnál nagyobb fázisszámnál a motor állórészének felharmonikus veszteségei valamivel nagyobbak lesznek, ugyanakkor a forgórészköri harmonikus veszteségek jelentősen kisebbek. Emiatt a forgórészkör harmonikus áramok miatti túlmelegedése is jelentősen csökken, ami csökkenti a motor tengelyének és csapágyainak túlmelegedését.

3. MODULÁCIÓS TECHNIKÁK

Feszültség inverterek feszültség- és frekvenciaváltoztatása Impulzusszélesség modulációval (ISZM, angolul *Pulse Width Modulation [PWM])* történik. A digitális eszközök

(mikrovezérlők, DSP-k, FPGA-k) látványos fejlődése új lehetőséget nyitott a különböző ISZM technikák gyors és egyszerű megvalósításában.

Az egyik legelterjedtebb modulációs technika a vivőfrekvenciás. Ilyenkor egy állandó U_v amplitúdójú és f_c frekvenciájú háromszög jelet, az úgynevezett vivő jelet hasonlítják össze, komparálják fázisonként egy változó U_{ref} amplitúdójú és f_1 frekvenciájú szinuszos periódusos jellel, az úgynevezett alapjellel (vagy referenciajellel), hogy előállítsák a kapcsoló jeleket. A kívánt kimeneti feszültség frekvenciája megegyezik az alapjel frekvenciájával. A kimenő feszültség U_1 amplitúdója a szinusz jel U_{ref} és a háromszögjel U_v amplitúdójának arányától függ (amennyiben m_f>8):

$$\boldsymbol{U}_1 = 1/2 m_a \boldsymbol{U}_{DC}, \qquad (1)$$

ahol $m_a = \boldsymbol{U}_{ref}/\boldsymbol{U}_v$ az úgynevezett amplitúdó modulációs arány és $\boldsymbol{U}_{DC}$ a bemenő egyenfeszültség nagysága. Szinuszos vezérlőjel esetén a fenti egyenlet csak lineáris tartományban igaz ($m_a \leq 1$). Túlmodulációs tartományban (m_a>1) többlet harmonikus veszteség lép fel és megszűnik a lineáris kapcsolat U_1 és m_a között.

Vivőfrekvenciás ISZM technikák esetén a háromfázisú szinuszos alapjelekhez gyakran hozzáadnak egy zérussorrendű módosító komponenst. Ezzel növelik az egyenfeszültség kihasználtságát, csökkenthetik a kapcsolási veszteségeket vagy alacsonyabb harmonikus többletveszteséget kaphatnak nagyobb kimenő feszültségek környékén.

A 2. ábra mutatja be a leggyakrabban alkalmazott zérussorrendű komponenseket és a segítségükkel kapott módosított alapjeleket.

A DPWM jelölésű módszereket, melyek elnevezése az angol Discontinuous PWM kifejezésből jön, gyakran kétfázisú módszereknek is hívják, hiszen ezekben az esetekben egy kapcsolási periódusban mindig csak 2 fázisban történik kapcsolás, a harmadik fázis vagy a P vagy az N sínre van kikötve. Fontos megjegyezni, hogy ezek közül csak a DPWM1 vagy más néven flat-top moduláció terjedt el széles körben.

Vivőfrekvenciás ISZM módszerek kiterjeszthetőek többszintű inverterekre is több vivőjel alkalmazásával.

A legszélesebb körben alkalmazott ISZM módszer az úgynevezett térvektor moduláció (angolul Space Vector Modulation, SVM). Ennek lényege, hogy a kívánt háromfázisú kimeneti feszültség x-y síkban értelmezett térvektorát az inverter által kiadható feszültségvektorok megfelelő idejű bekapcsolásával állítják elő. A gyakorlatban a térvektor modulációt is vivőfrekvenciás modulációként valósítják meg. Az ilyenkor alkalmazott zérussorrendű komponenst (fekete szaggatott görbe) és a módosított referenciajelet (kék görbe) a 2. ábra mutatja. Ezt a fajta megvalósítást szokták min-max módszernek is hívni.

Fontos előnye a térvektoros és a kétfázisú modulációs ISZM módszereknek a szinuszossal szemben, a lineáris modulációs tartomány végét m_a=1,154-es értéknél érjük el.

A 3. ábra mutatja a vivőfrekvenciás módszerek fajlagosított általános veszteségi tényezőjét az m_a modulációs arány függvényében. Jól látható, hogy a térvektoros moduláció rendelkezik a legalacsonyabb veszteségi tényezővel. Ugyanakkor nagyobb kimenő feszültség amplitúdóknál, az inverter által kiadható maximális feszültség környékén a kétfázisú módszerek veszteségi tényezője alacsonyabb.

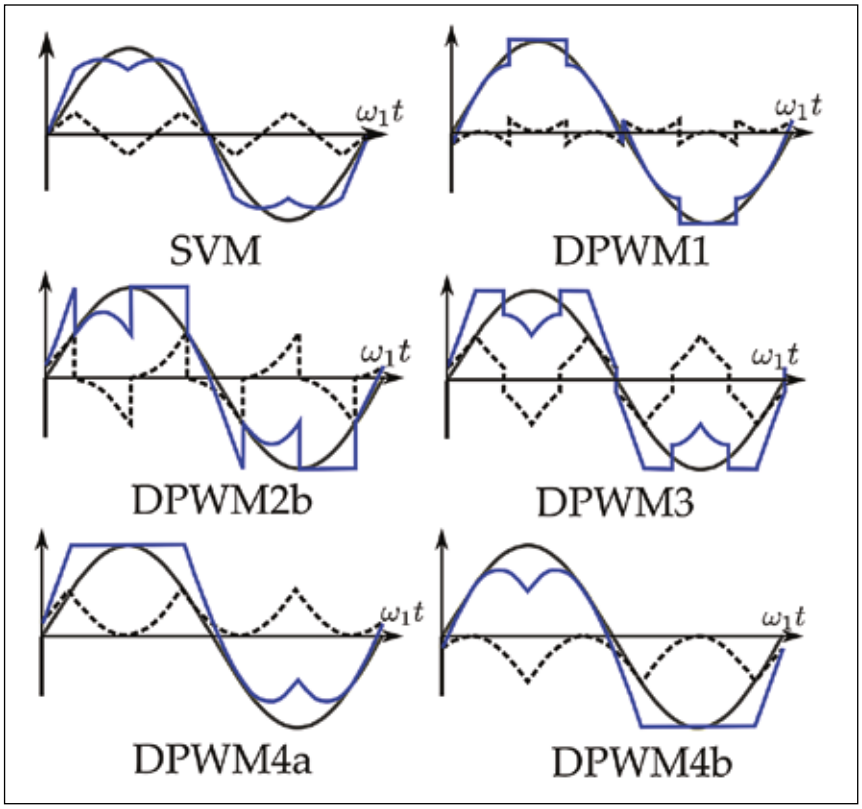
Az eddig tárgyalt módszerek jellemzően magas kapcsolási frekvenciákon, magas m_f frekvenciaarányok mellett működnek megfelelően. Olyan nagy teljesítményű vagy nagyfrekvenciás hajtásoknál, ahol m_f alacsony érték, jó megoldást nyújt az úgynevezett optimalizált ISZM alkalmazása. Ilyenkor a kapcsolási időpontok valamilyen veszteséggel arányos célfüggvény minimalizálásával határozhatók meg.

A célfüggvény megválasztása alapján számos módszer terjedt el. Jellemzően a számításokat offline végzik és a processzorok look-up táblázatban tartalmazzák a kapcsolási időpontokat a kimenő feszültség függvényében. A processzorok számítási kapacitásának növekedése következtében azonban már megjelentek olyan módszerek is, amelyek valós időben is képesek számolni a kapcsolási időpontokat.

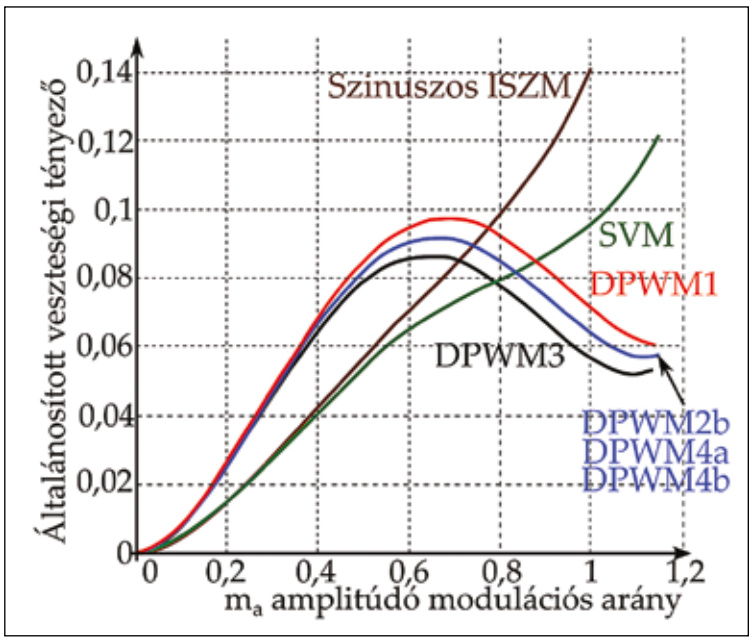
Természetesen a módszer nemcsak kétszintű, hanem többszintű inverterek esetén is alkalmazható. Ugyanakkor a feszültségszintek növelésével a kapcsolható variációk száma növekszik, ami nehezíti az optimalizációs eljárás megvalósítását.

Az elmúlt évtizedben modell prediktív szabályozási módszereket egyre szélesebb körben alkalmaznak teljesítményelektronikai rendszerekben és hajtásokban is.

Prediktív ISZM technikák esetén egy matematikai modell segítségével előre megjósolható a hajtás jövőbeni viselkedése, ami alapján kiszámítható, hogy melyik következő kapcsolás a legelőnyösebb.



2. ábra *Zérussorrendű komponensek és a módosított vezérlőjelek vivőfrekvenciás ISZM módszernél*



3. ábra *Veszteségi tényező értéke különböző vivőfrekvenciás ISZM módszerek esetén*

Alacsony teljesítményű szervohajtásokban előforduló módszer az úgynevezett hiszterézises ISZM is. Ebben az esetben kétállású szabályzók segítségével tartjuk az inverter fázisáramait egy sávon belül. A módszer egyszerű, robusztus és könnyen megvalósítható, ugyanakkor változó kapcsolási frekvenciát eredményez.

4. INVERTEREKBEN ALKALMAZOTT FÉLVEZETŐ ELEMEK

Az inverteres hajtásokban leggyakrabban szilícium alapú MOSFET és IGBT kapcsolókat használnak. MOSFET kapcsolókat inkább az alacsonyabb feszültségű, nagy áramú hajtásokban, például szervo- vagy robothajtásokban alkalmaznak, míg IGBT-k a közepes teljesítményű, nagy feszültségen működő hajtásokban egyeduralkodók.

Nagy teljesítményű hajtásoknál alkalmaznak integrált rácson vezérelhető IGCT kapcsolóelemeket, amik a kikapcsolható GTO tirisztorok továbbfejlesztett változatai. Ezek maximális kapcsolási frekvenciája néhány száz Hz körül van.

Napjaink teljesítményelektronikai fejlesztéseinek egyik legjelentősebb iránya az úgynevezett széles tiltott sávú félvezetők (angolul *wide gap materials*) kutatása. A leggyakrabban használt anyagok a szílicium-karbid (SiC), illetve a gallium-nitrid (GaN). A tiltott sáv nagysága azt adja meg, hogy mekkora energiával kell a félvezető elektronjait gerjeszteni ahhoz, hogy a vegyértéksávból a vezetési sávba jussanak. Szilícium-karbid esetén ez az energia körülbelül háromszorosa a szilíciuménak, ezért képesek jelentősen nagyobb feszültségen és hőmérsékleten működni.

Az ilyen félvezetőkből készített, elsősorban MOSFET tranzisztorok, számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek. Jó tulajdonságaik közé tartoznak: nagyon gyors kapcsolási idő, alacsony kapcsolási veszteség, alacsony és hőmérséklettől kismértékben függő vezetési irányú ellenállás és így alacsonyabb vezetési veszteség. Továbbá a magas megengedett üzemi hőmérséklet. Ezen előnyöknek hála, nagyobb teljesítménysűrűségű, jobb hatásfokú, gyorsabb inverterek hozhatók létre belőlük, mint szilícium alapú társaikkal. Hátrányaik közé sorolható, hogy nagyobb vezérlő feszültség kell a tranzisztorok bekapcsolásához, illetve a kikapcsoláshoz negatív kihúzó feszültség szükséges. Emellett a nagyon gyors kapcsolások során nagy feszültség- és áramváltozások mennek végbe, ami komoly zajforrás lehet. Ezek kezelése, szűrése és árnyékolása komoly kihívást jelent. Továbbá a nagy sebességű tranziensek miatt az áramkörök parazita kapacitásainak és induktivitásainak zavaró hatása is jelentősebb.

Míg GaN alapú MOSFET-eket inkább a kisebb teljesítménytartományban alkalmaznak, addig a SiC-MOSFET esetén több ezer voltos névleges feszültségű és ezer amper fölötti névleges áramerősségű elemek is elérhetőek ma már. Emiatt ezek a tranzisztortípusok megjelentek közepes teljesítményű, például elektromos autókban, illetve nagy teljesítményű, például vonatokban alkalmazott hajtásokban is.

A korszerű félvezető eszközöket a gyártók úgynevezett teljesítménymodulokba integrálják. Elérhető olyan modul, mely néhány tranzisztort és ellenpárhuzamos diódát tartalmaz, de kapható olyan is, ami tartalmaz vezérlő és védő áramköröket is, sőt akár a teljes alkalmazásnak megfelelő szabályzó kört.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk röviden ismertette a villamos hajtásokban alkalmazott két-, illetve többszintű feszültség invertereket, a különböző ISZM technikákat és bemutatta az inverterekben alkalmazott félvezető eszközöket.

IRODALOMJEGYZÉK:

[1] **Halász S., Hunyár M., Schmidt I.:** Automatizált Villamos Hajtások II., Műegyetem Kiadó, *1998, ISBN: 963-4205631*

[2] **Kazmierkowski, M. P., García Franquelo, L., Rodriguez, J., Perez, M., León Galván, J. I.**: High-performance motor drives. IEEE Industrial Electronic Magazine, *2011, Vol. 5, Nr. 3, pp6-26.*

[3] **Holmes, D. Grahame, and Thomas A. Lipo:**. Pulse width modulation for power converters: principles and practice. Vol. 18. John Wiley & Sons, *2003.*

Köszönetnyilvánítás

A munka a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) FK 124913 sz. pályázata támogatásával készült.

Halász Sándor
professzor emeritus
BME Villamos Energetika Tanszék
halasz.sandor@vet.bme.hu

Stumpf Péter
egyetemi adjunktus
BME Automatizálási
és Alkalmazott Informatikai Tanszék
Stumpf.Peter@aut.bme.hu

Dr. Veszprémi Károly, Dr. Varjasi István, Dr. Balogh Attila

E-mobilitás laboratórium a BME FIEK keretében

Az e-mobilitás járműveiben használt villamos hajtások minden elemének tesztelésére alkalmas nagy teljesítményű modern laboratórium készül a BME Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ keretein belül. A cikk bemutatja ennek főbb koncepcióját, elemeit, paramétereit, használhatóságát és kompetenciáit.

A modern high-power laboratory for testing every component of the electric drives in e-mobility vehicles is under development at the BME Center for University-Industry Cooperation. This paper presents its main concepts, components, parameters and competencies.

1. BEVEZETÉS

A villamos autók elterjedése napjainkban felgyorsult, köszönhetően a műszaki fejlődésnek, a szigorodó környezetvédelmi céloknak és a dízelautókhoz kötődő botrányoknak. A nagy teljesítményű, magas fordulatszámú hajtások alkalmazása a villamos meghajtású járművekben rendkívül előnyös, hiszen ezzel nagy teljesítménysűrűség és jobb hatásfok érhető el. Így az autóiparhoz kötődő fejlesztések az akkumulátorok mellett az ilyen típusú hajtásláncokra koncentrálnak. Az elmúlt időszakban számos autóipari szereplő jelentette be, hogy a közeljövőben villamos meghajtású járművekkel újítja meg termékpalettáját. Ezekben az alkalmazásokban 80-150 kW teljesítménytartomány és 14 000-22 000 rpm fordulatszám a tipikus.

Bár a villamos hajtásrendszerek évtizedek óta tartó fejlődése érintette azok minden komponensét (villamos gép, teljesítményelektronika, hajtásszabályozás, érzékelők stb.), egy járműben alkalmazott rendszer esetén számos új kihívás jelenhet meg (megbízhatóság, rázkódásállóság, környezeti hatások, szélsőséges hőmérséklet-tartomány stb.). A fejlesztőknek választ kell adniuk ezekre a kihívásokra, amit nagymértékben támogat a kifejlesztett vagy fejlesztés alatt álló berendezéseinek tesztkörnyezetben való minél szélesebb körű és mindenre kiterjedő vizsgálata.

Ez az igény motiválta a magas szintű szaktudást nyújtó egyetem keretein belül egy erre a célra kifejlesztendő és kialakítandó laboratórium tervének megszületését.

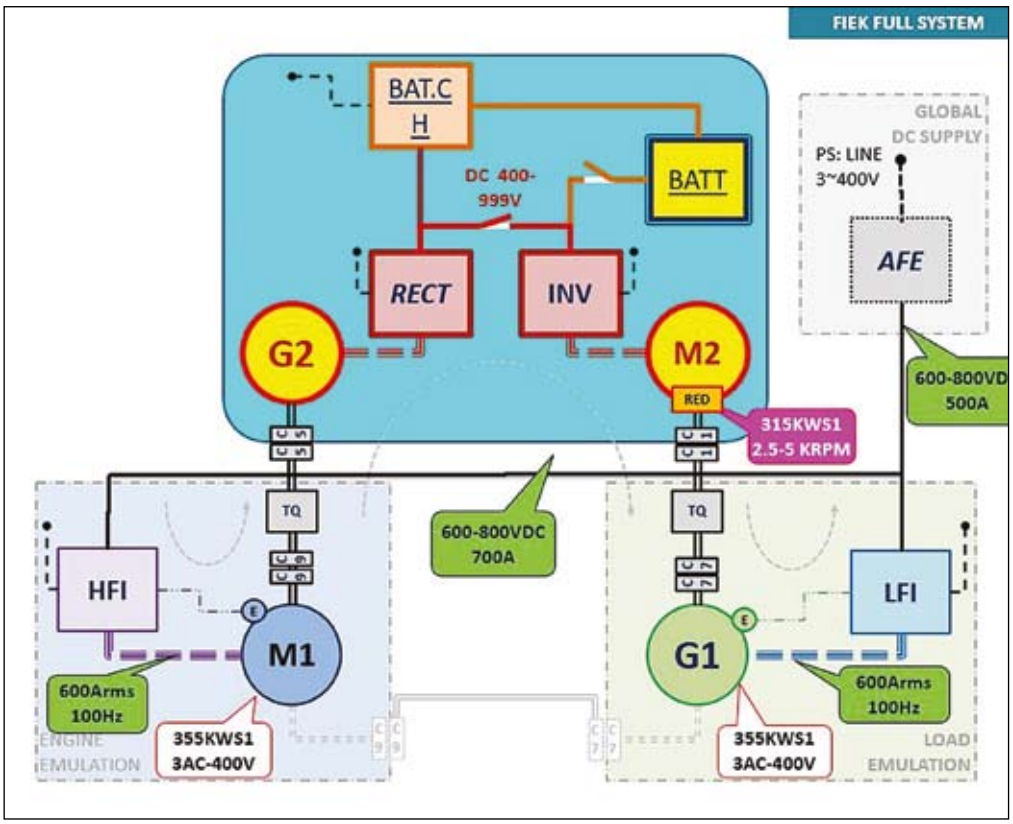
Egy ilyen laboratóriumnak nemcsak a jelen kor kihívásainak kiszolgálását kell megcéloznia, hanem a jövőben felmerülő igényekre és paraméterekre is megoldásokat kell adnia.

A fejlesztési kihívásokra válaszul épül meg a Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ (FIEK) keretében egy e-mobilitás villamos hajtásrendszer laboratórium, amely lehetővé teszi a villamos (akár hibrid) hajtáslánc minden elemének részletes, üzemi és speciális körülmények közti átfogó vizsgálatát.

2. A FIEK

2.1. A FIEK szervezet

A BME Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ, egyrészt önálló egyetemi szervezeti egység, ugyanakkor egy kutatásszervezési modell is a felsőoktatási intézmény és a vállalatok stratégiai együttműködésével, közös irányításával. A cégek lehetőséget kapnak, hogy megfogalmazzák kutatás-fejlesztési és képzési igényeiket a felsőoktatás számára, míg a felsőoktatási intézmény tudományos tevékenysége mellett olyan eredményeket mutat fel, amelyek a gyakorlatban hasznosíthatóak. Feladata, hogy menedzselje a kutatási eredmények hasznosítását és az ipari szereplők számára innovációhoz kapcsolódó szolgáltatásokat nyújtson. A középtávú cél, hogy az egyetem nagy hozzáadott értékű tevékenységgel kapcsolódjon be a globális értékláncba.



1. ábra *A laboratórium villamos koncepcionális terve (teljes hibrid hajtáslánc; a vizsgált berendezés cián háttérrel)*

2.2. A FIEK mint projekt

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma Oktatásért felelős államtitkára 2014-ben fogalmazta meg azt a célt, hogy az egyetemi kutatási-fejlesztési tevékenységeket közelíteni kell a vállalatok igényéhez. Ennek érdekében született meg a Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ. 2017-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, a Siemens Zrt., a

Richter Gedeon Nyrt., a Nokia Solutions and Networks Kft. és a Magyar Villamos Művek Zrt. konzorciumot alapított az egyetem és az ipar kapcsolatainak erősítésére.

A Központ munkájához a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal FIEK 16-1-2016-0007 kódszámú pályázatának keretén belül 3,96 milliárd forint támogatást nyert el, a részt vevő vállalatok összesen 2 milliárd forint forrást biztosítottak.

A négy ipari résztvevővel együttműködve a támogatásból alprojektek keretein belül kutató csoportok végzik munkájukat.

A Siemens Zrt-vel együttműködve a Villamos Energetika Tanszék és az Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék munkatársaiból alakított kutatócsoport dolgozik az e-mobilitás laboratórium kialakításán. A laboratórium villamos koncepcionális terve az 1. ábrán látható.

3. BME–SIEMENS-ALPROJEKT

3.1. Az alprojekt célja

A projekt keretei között egy modern villamos hajtás laboratórium kerül kialakításra a BME V1 épületének C szárnyában. A Siemensszel közösen végzett FIEK projekt célja egy olyan próbapad rendszer fejlesztése, amely flexibilisen képes elektromos és hibrid meghajtású járművek (közúti vagy légi) teljes hajtásláncának és összes komponensének tesztelésére (hibrid esetén a belsőégésű motort villamos hajtógéppel emulálja). Emellett kiemelt célja, hogy az autóipar számára lehetővé tegye nagy fordulatszámú hajtásláncok tesztelését.

Az egyedi paramétereivel, nagy teljesítménnyel, magas fordulatszámmal, magas egyenköri feszültség szinttel, magas alapharmonikus frekvenciával a hajtáslaboratórium képes lesz arra, hogy teljesítse nemcsak napjaink, hanem a jövő legmagasabb műszaki igényeit is. Az alkalmazott technológia a tudomány élvonalába tartozik.

A maximális modularitás (cserélhetőség és párhuzamos mérések lehetősége) miatt két egyforma villamos gép beépítése történik meg (350 kW-os háromfázisú aszinkrongépek), így az egyik villamos géppel lehetőség van egy belsőégésű motor emulálására is, ezzel lehetséges egy hibrid hajtáslánc mérése is (M2, G2), ahogy az 1. ábrán látszik. A maximális laborkihasználtság mellett egyszerre üzemelő négy darab, egyenként ~300 kW-os gép vesztesége (jó esetben is) 140 kW lehet, ami alátámasztja a vízhűtés igényét.

A hajtáslaboratórium jellemző paraméterei:

- Teljesítményszint: 350 kW
- Fordulatszám: 5000 rpm (áttétel nélkül), 15 000 rpm (áttétellel)
- Nyomaték: 1200 Nm (2500 rpm-en)
- Egyenköri feszültségszint: 1000 V
- Maximális alapharmonikus frekvencia: 1000 Hz

3.2. A próbapad részei és azok paraméterei

A kitűzött célt moduláris felépítésű rendszer tudja hatékonyan kiszolgálni. A rendszer elemei egyszerű, de biztonságos átkapcsolásokkal konfigurálhatók a kívánt vizsgálati konfiguráció megvalósítására alkalmas kapcsolásokká.

- **AFE**: aktív egyenirányító a DC feszültség létrehozásához (500 A)
- **LFI:** kisfrekvenciás inverter, alapvetően a hajtó motor táplálásához, szabályozásához
- **HFI:** nagyfrekvenciás inverter, a nagy alapharmonikus frekvencia eléréséhez (f_{1max}=1 kHz)
- **DCDC:** feszültségnövelő/csökkentő konverter (galvanikusan leválasztott)
- **3L:** fojtó az invertertesztekhez
- **3L-C:** LC szűrő.
- **G1, M1:** terhelő, hajtó gépek
- **Mátrix:** a különféle mérési konfigurációkat megvalósító átkapcsolásokhoz
- **TQ:** nagy pontosságú (0,05 OP) nyomatékmérő HBM K-T40B a motorok tengelyein

Különböző átkapcsolásokkal a rendszer adaptálható az összes elem egyedi tesztjére, illetve a teljes hajtásrendszer együttes tesztelésére is.

A teljes rendszer Siemens PLC-vel lesz vezérelve. A mérőrendszer kiválasztásánál és a mérőműszereknél fontos szempont volt, hogy nagy pontosságú mérési eredmények legyenek a teljes teljesítménytartományon.

3.3. A vizsgálható berendezések és azok paraméterei

A próbapadnak alkalmasnak kell lennie a következő elemek és a belőlük felépített rendszerek mérésére:

- **M2:** A mérendő hajtómotor [maximális teljesítmény 350 kW, maximális fordulatszám 5000 rpm (áttétel nélkül), 15 000 rpm (áttétellel)]
- **INV:** A hajtás inverter (max. 1000 V DC bemeneti feszültség)
- **BATT:** Az akkumulátor
- **G2:** Hibrid hajtáslánc esetén a generátor
- **BAT.CH:** Az akkumulátortöltő és elektronika

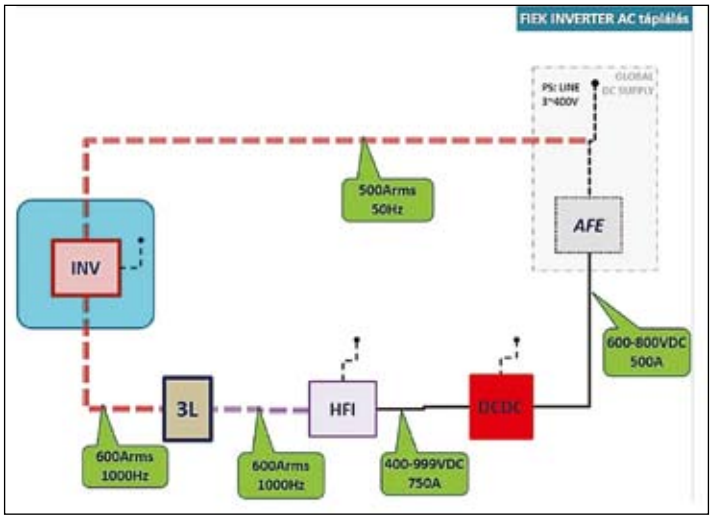
4. ELVÉGEZHETŐ TESZTELÉSI FELADATOK

Néhány jellemző tesztelési feladatot mutatunk be a flexibilitás és modularitás érzékeltetésére.

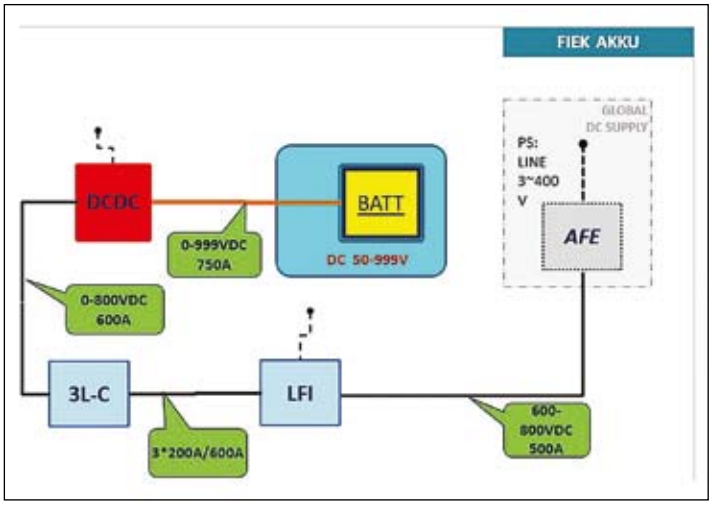
4.1. Az inverter tesztelése

Az invertert AC és DC táplálással is lehet vizsgálni. A 2. ábrán az AC táplálás látható. Ez a teszt alapvetően az inverter melegedésének mérésére szolgál, így célszerű a legegyszerűbb U/f vezérlést alkalmazni. Az inverter kimenetén háromfázisú fojtó (3L) van, a nagyfrekvenciás inverterrel (HFI) és egy feszültségcsökkentő szaggatóval (DCDC) a hálózat irányába táplálható az energia. Teszt közben az energia nagy része a hurokban cirkulál, a hálózatból csak a veszteségeket veszi fel.

Az egyedi inverterek működése többféle konfigurációban vizsgálható. Ennek köszönhetően a vezérlő rendszer működése széles tartományban analizálható mind stabilitás, mind pedig dinamika szempontjából. Emellett a HFI lehetővé teszi gyors tranziensek vizsgálatát is, amit valóságos motorral nehéz lenne kivitelezni.



2. ábra *Inverter tesztelése (AC táplálás)*



3. ábra *Akkumulátor tesztelése*

4.2. Az akkumulátor tesztelése

Az akkumulátor tesztelése nemcsak a cellák kimérését, öregedési, töltési tulajdonságainak tesztelését jelenti, hanem az akkumulátort kezelő elektronika – akkumulátor felügyeleti rendszer (BMS) tesztjét is. A BMS rendszerek tipikusan CAN buszon kommunikálnak, amit a mérőrendszer is kihasznál. A megfelelő feszültségcsökkentő elektronikával (DCDC), LC szűrővel (3L-C), és aktív egyenirányítóval (AFE) a kisütő teljesítmény – amely akár 300 kW is lehet – nagy része a hálózatba kerül visszatáplálásra.

4.3. A motor tesztelése

A mérendő motor tipikus fordulatszáma repülőgépes alkalmazás esetén 2500-5000 rpm, villamos autós alkalmazás esetén 15 000-20 000 rpm. A szokásos magas pólusszám mellett a magas fordulatszám eléréséhez ekkor szükséges, hogy a HFI inverter képes legyen akár 1 kHz frekvenciájú alapharmonikus előállítására.

A teszteléshez szükség van egy terhelő gépre (G1), amelylyel a mérendő motort lehet terhelni. A terhelő gép teljesítményelektronikája a próbapad része, standard kétszintű topológiával rendelkező inverter, amely 600 A effektív értékű, maximum 200 Hz alapharmonikusú táplálást képes előállítani (LFI). A terhelő gép a 200 Hz-es kiadható alapharmonikus miatt áttétel nélkül képes a vizsgálandó motort 0-5000 rpm fordulatszám-tartományban terhelni, magasabb fordulatszám esetén mechanikus áttétel alkalmazása szükséges. A mechanikus áttétellel elérhető a 15 000-20 000 rpm-es fordulatszám, amely illeszkedik az autóipar igényeihez.

4.4. Teljes elektromos hajtáslánc tesztelése

A FIEK laboratórium fő erőssége, hogy lehetővé teszi nagy teljesítményű integrált hibrid vagy elektromos hajtáslánc teljes rendszerének a vizsgálatát.

A fejlesztők számára ez lehetővé teszi, hogy a komponensek viselkedését az eredeti rendszerben vizsgálják. A laboratóriumot úgy alakítottuk ki, hogy az integrált tesztek során nemcsak a statikus, hanem a dinamikus viselkedés is nagy pontossággal megfigyelhető legyen. Ezek a tesztek lehetővé teszik, hogy a hajtáslánc egészét termikusan és villamosan optimalizálják a fejlesztők, hiszen ilyenkor az igénybevételek a valóságos környezetben figyelhetőek meg. Az integrált tesztek legfőbb előnye szabályozástechnikai szempontból, hogy nem alkalmazunk szakaszmodelleket az analízisek során, így a modellhibákból adódó kockázatok elhanyagolhatóak. Ez a konfiguráció az 5. ábrán látható.

A laboratórium rugalmassága lehetővé teszi, hogy a villamos hajtáslánc gyártók a funkcionális vagy karakterizáló mérések során saját fejlesztésű rendszerüket gyorsan be tudják integrálni a laboratórium infrastruktúrájába. Egy ilyen rendszer tipikus elemei az akkumulátor, az akkumulátortöltő, az inverter, illetve a villamos motor.

A laboratóriumban egyéb vizsgálatok mellett lehetőség lesz a teljes hajtáslánc hatásfokának kimérésére, az egyes modulok helyes működésének ellenőrzésére.

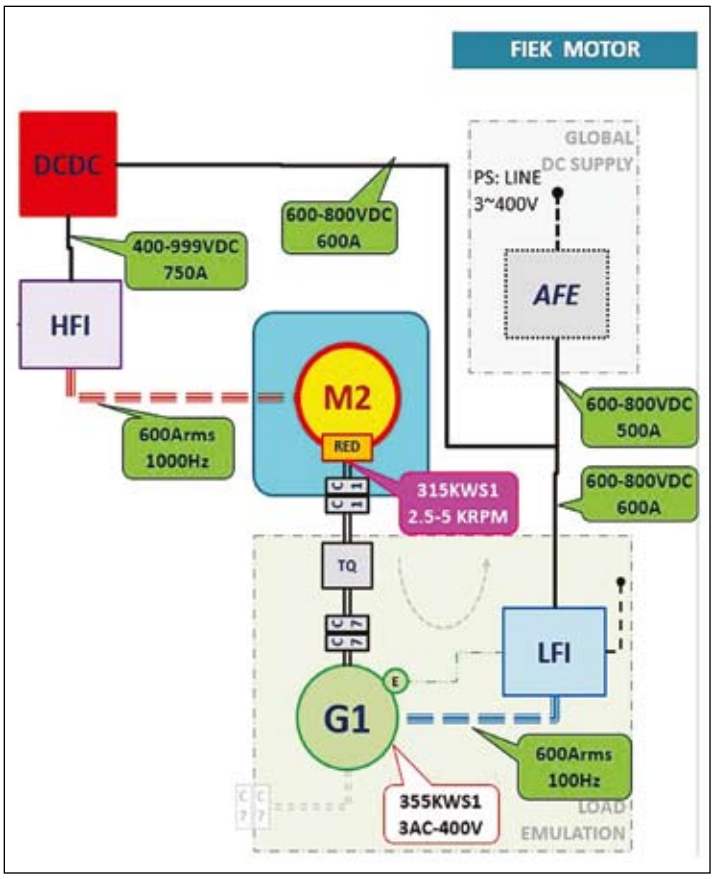
5. NÉHÁNY SZAKMAI RÉSZLET

5.1. Villamos gépek

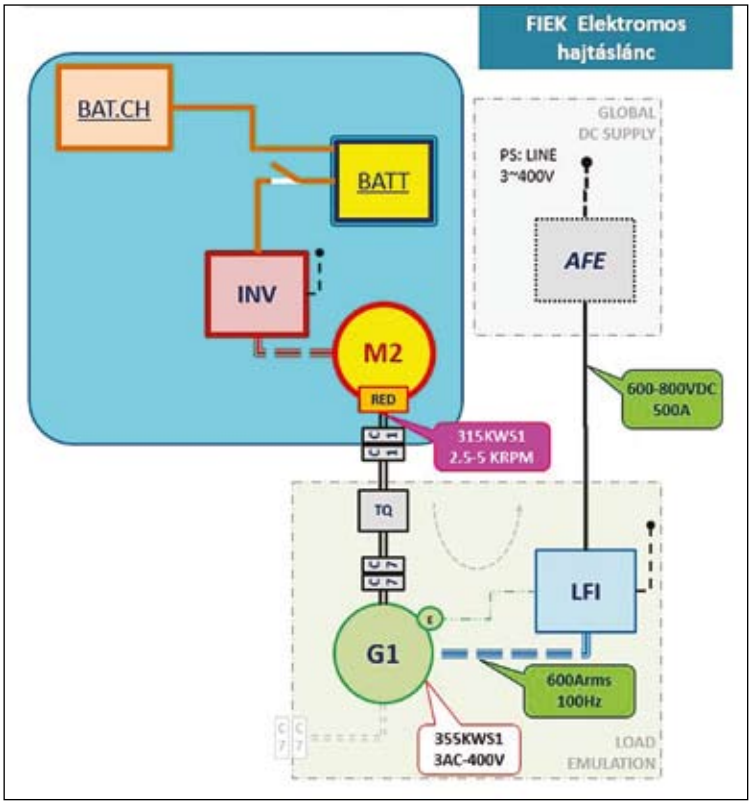
A maximális modularitás (cserélhetőség, párhuzamos mérések) miatt kettő egyforma villamos gépre van szükségünk. Ezek feladata a tesztelendő villamos gépek hajtása/fékezése, illetve a komplett hibrid hajtás vizsgálata esetén a belsőégésű motorok emulálása.

A gépeket két egymástól nagyon eltérő inverter fogja táplálni. Az egyik az LFI, ami viszonylag kis alapharmonikusú (100-200 Hz) feszültség előállítására képes, ez alapvetően meghatározza a pólusok számát (2,4), hogy mezőgyengítéses tartományban el tudjuk érni az 5000 rpm fordulatot. A másik konverter nagy (akár 100 kHz látszólagos) kapcsolási frekvenciával működik (a villamos gép veszteségének csökkentése végett). Ennek maximális alapharmonikusa 1000 Hz. Így ennél az eszköznél nagyon magas a feszültség, ugrások meredeksége, a „szokásos érték" többszöröse. Ez az általunk kiválasztandó gépeknél speciális tekercsfej-szigetelést és nagy dU/dt elviselését igényli.

A mechanikai paraméterek közül nagyon fontos a rezgés és hangnyomás érték, hiszen ebben a laboratóriumban egyszerre négy, nagy teljesítményű gép forog majd. Ezek közül a méren-



4. ábra *Motor tesztelése*



5. ábra *Teljes elektromos hajtáslánc tesztje*

dő gépek (prototípusok) vélhetően sokkal rosszabb paraméterekkel rendelkeznek majd, mint a fix gépeink. Ezért a mi általunk választottak „rezgésszegények" lettek (3,5 mm/s^2-nél kisebb rezgésgyorsulás), hogy az eredő környezetre gyakorolt hatás minél kisebb legyen. A tesztelő motorok rendelkeznek rezgésérzékelőkkel, hogy rezonancia esetén vészleállással megvédjük a berendezéseket. A rezgések csillapítására a motorpadok hangolt rezgéscsillapító alátámasztásokkal rendelkeznek.

5.2. Teljesítményelektronika

A teljesítményelektronika konvertereinek tervezése, tesztelése és irányításának kifejlesztése a BME-n történt. Ez komoly gyakorlati és elméleti vizsgálatokat igényelt, melyekből számos tudományos cikk született [1-4].

A jövő várható tendenciáinak kiszolgálására a mérendő berendezésekhez a feszültség inverterek egyenáramú körében képesek vagyunk az 1000 V-os feszültségszint biztosítására. Ez kihívást jelent a félvezetők feszültség igénybevétele szempontjából. A DC feszültség szintet szigetelt DC/DC konverterrel állítjuk elő.

A másik kihívás a teljesítmény és a fordulatszám magas értéke. A nagy fordulatszámhoz nagy alapharmonikus frekvencia szükséges. Ahhoz, hogy a vizsgálat minél kisebb felharmonikus tartalom mellett történjen, növelni kell a felharmonikusok frekvenciáját a kapcsolási frekvencia növelésével (ami nagyobb alapharmonikus frekvencián kritikusabb), vagy/és nagyobb szintszámú invertert kell használni. Ezeket a módszereket használtuk a konverterek kifejlesztésénél. A HFI inverter nagy kapcsolási frekvenciát lehetővé tévő, Silicon-Carbid (SiC) diódás gyors IGBT modulokat tartalmaz. Az inverter háromszintű hídágakból áll (fázisonként három, eredőben egy 7 szintű invertert kapunk). A félvezetők a legmodernebb, a gyakorlatban most először kipróbált modulok.

A modern, úttörő jellegű fejlesztések biztonságos tesztelési, szimulációs eszközök használatát igénylik. Ennek kiváló eszköze a Power Hardware-In-the-Loop szimulátor, amellyel biztonságos virtuális, de a gyakorlathoz közeli környezetben lehet a tesztelendő berendezést vizsgálni. Ilyen eszközök kifejlesztése is feladat volt [1], [3], [4].

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A készülő e-mobilitás laboratórium jövőbe mutató paramétereivel, flexibilitásával, a mögötte lévő, a BME szakemberei által nyújtott magas szintű elméleti és gyakorlati támogatással unikális lesz a szakterületen.

A laboratórium 2019 második felétől várja a villamos hajtások fejlesztőit, akármelyik részegységét vagy rendszerét akarják tesztelni berendezésüknek. És nemcsak az e-mobilitás területéről.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt a FIEK 16-1-2016-0007 projekt keretében készül el, a Nemzeti Fejlesztési, Kutatási és Innovációs Hivatal támogatásával, finanszírozva a FIEK 16 által.

A cikkben szereplő mérési elrendezések képeit a BME FIEK munkacsoport állította össze.

IRODALOMJEGYZÉK:

[1] Kökényesi T., Sütő Z., Varjasi I.: Multilevel Validation Method for Hardware-in-the-Loop Simulation Models, SPEEDAM 2018 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, Amalfi, *June 2018.*

[2] Veréb Sz., Balázs G., Kökényesi T., Debreceni T., Sütő Z., Varjasi I.: Application Dependent Optimization of Balancing Methods for Lithium-ion Batteries, IEEE-PEMC 2018 - 18th Int. Conf. on Power Electronics and Motion Control, Budapest, *August 2018.*

[3] Sütő Z., Balogh A., Kiss D., Veréb Sz., Varjasi I.: Power HIL Emulation of AC Machines with Parallel Connected ANPC Bridge Arms, IEEE-PEMC 2018 - 18th Int. Conf. on Power Electronics and Motion Control, Budapest, *August 2018.*

[4] Kökényesi T., Hegedűs M., Veréb Sz., Balogh A., Sütő Z., Varjasi I.: FPGA-Driven DAC with Second Order Sliding Mode Control of Filter Model for Hardware-In-the-Loop Simulators, IEEE-PEMC 2018 - 18th Int. Conf. on Power Electronics and Motion Control, *Budapest, August 2018.*

Dr. Veszprémi Károly
egyetemi tanár, BME Villamos Energetika Tanszék, MEE-tag
veszpremi.karoly@vet.bme.hu

Dr. Varjasi István
egyetemi docens, BME Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
varjasi.istvan@aut.bme.hu

Dr. Balogh Attila
egyetemi docens, BME Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
balogh.attila@aut.bme.hu

Gyökér Gyula, Dr. Dineva Adrienn, Prof. Dr. Vajda István

A villamos jel analízis eljárás alkalmazása és perspektívái a villamos hajtásrendszerek állapotfigyelésében és diagnosztikájában

Az „Ipar 4.0”-val nevesített legújabb ipari forradalomban az élet minden területén gyorsuló ütemben hódítanak teret a legkülönfélébb automatizált és intelligens géprendszerek, melyeket villamos gépek és hajtások működtetnek. A tervezők és üzemeltetők számára óriási kihívást jelent a biztonságos és megbízható üzemvitel, melynek kulcsa a gépek egészségi állapotának folyamatos figyelése és fenntartása. A cikk az egyik leghatékonyabbnak ígérkező gépállapotfigyelő- és diagnosztikai módszert, a villamos jel analízist (VJA) részletezi. Összefoglalja az alkalmazás legfontosabb nemzetközi és hazai eredményeit és megjelöli azokat a fejlesztési irányokat, melyek a VJA széles körű elterjedését segíthetik.

Industry 4.0 is commonly referred to as the latest industrial revolution featured with accelerated penetration of various automated and intelligent machinery actuated by electrical machines and drives. There is a capital challange for the designers and operators to maintain the safe and reliable operation of such kind of systems which is impossible without efficient machinery health monitoring. The article is discussing one of the most prospective monitoring and diagnostic methods the Electrical Signature Analysis (ESA) summarising the worldwide and home achievements and courses supporting the efficient implementation of ESA.

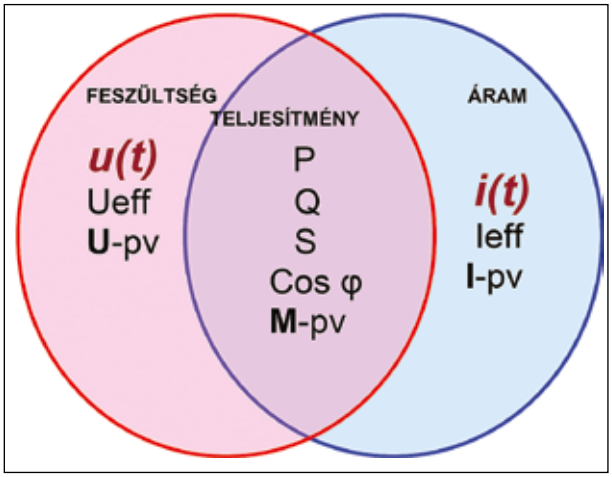
1. BEVEZETÉS

A karbantartás az ezredforduló után robbanásszerűen fejlődő, multidiszciplináris mérnöki tudománnyá vált a számítógépes tervezés, digitális méréstechnika, információtechnológia és a mesterséges intelligencia térhódításának hatására.

A minőségi fejlődést az állapotfüggő, ill. előrejelző karbantartási módszerek sikere indította útjára, mely azon a felismerésen alapul, hogy a gép funkcionális hibája fokozatosan alakul ki és megfelelő diagnosztikai módszerek alkalmazásával az üzemzavar bekövetkezése előtt azonosítható. Cikkünkben egy ma még nem széles körben elterjedt, de rendkívül hatékony állapotfigyelő és diagnosztikai eljárást, az ún. villamos jel analízist (VJA), (ESA, Electrical Signature Analysis), ismertetjük, amelyet a nukleáris, űr- és repülőgépipar követelményei hoztak létre.

2. A VILLAMOS JEL ANALÍZIS ALAPJAI

A módszer eredete az USA Oak Ridge National Laboratories 80-as évekbeli kutatásaira vezethető vissza, amikor atomerőművi szervohajtások működését távdiagnosztizálták úgy, hogy a kapcsolótér leágazásában felvették a motor áram jeleket és vizsgálták azok spektrumait. Ennek eredményeképpen alakult ki az ún. motor áram analízis (MCSA-Motor Current Signature Analysis) diagnosztikai eljárás. A módszer évtizedek alatt tovább fejlődött a feszültség- és áramjelek, valamint a belőlük származtatható számos paraméter analízisével, melyet a szakirodalom villamos jel(alak) analízisként (VJA, ESA) jegyez.



1. ábra *Villamos jelek analízise*

A VJA lényege, hogy az érzékelő maga a villamos gép, mely leképezi a hajtásrendszer dinamikus viselkedését. A legegyszerűbb, mereven kapcsolt villamos hajtásrendszer mozgásegyenlete:

$Md=Mm-Mt=\Theta*d\omega/dt$, ahol

Md – a rendszert gyorsító dinamikai nyomaték,

Mt – a munkagép terhelőnyomatéka,

Θ – a forgó géprendszer tehetetlenségi nyomatéka,

$\varepsilon=d\omega/dt$ – a forgórész szöggyorsulása,

ω – a forgórész szögsebessége,

$Mm=1{,}5p(\Psi s X \mathbf{is})$ – a motor (légrés)nyomatéka, ahol

p – a motor póluspárok száma,

Ψs – a motor fluxusa a légrésben,

$\mathbf{is}$ – a motor állórész áram térvektora

A fenti összefüggésből látható, hogy a legkülönbözőbb aszimmetriákból, villamos és/vagy mechanikai rendellenességekből, meghibásodásokból, a terhelések ingadozásaiból eredő kisebb-nagyobb, tranziens jellegű vagy ismétlődő nyomatékváltozások (pl. *Mt* perturbációk) modulálják a villamos gép pillanatnyi légrésnyomatékát és áramát, melyek nemcsak a villamos gép, de a kapcsolt hajtáslánc összes elemének (tengelykapcsolat, hajtómű, közlőmű, csapágyak) és a munkagép mozgásának dinamikáját is leképezik.

A VJA előnye, hogy elvileg alkalmas bármilyen üzemmódban (S1...S8) működő, bármilyen villamos gépet alkalmazó hajtásrendszer vizsgálatára. Tágabb összefüggésben a VJA diagnosztikai lehetőségei kiterjednek az energiaellátás generátoraira, transzformátoraira és elosztó hálózatára a kapcsoló készülékekkel együtt, sőt magának a villamos energia minőségének figyelésére és minősítésére is (l. tranziens rekorderek, teljesítmény analizátorok, villamos védelmek stb.) a különböző villamos készülékeken keresztül az áramirányító és hajtásszabályozó eszközökig.

3. A VJA TECHNIKÁI

A villamos gépekkel kapcsolt hajtásrendszereknek számtalan változata létezik, ezért a VJA-alapú diagnosztika technikai megvalósítása is rendkívül sokrétű. Maga a VJA mint diagnosztikai eljárás folyamatosan fejlődik, alkalmazási lehetőségeit és technikáit a bőség zavara jellemzi. Mivel a VJA-nek magyar nyelvű szakirodalma nem létezik, ízelítőül felsorolunk néhányat az angol nyelvű szakirodalom által használt [1] terminológiából:

MCSA – *Motor Current Signature Analysis*
ESA – *Electrical Signature Analysis*
CSA – *Current Signature Analysis*

VSA – *Voltage Signature Analysis*
IPSA – *Instantaneous Power Signature Analysis*
EPVA – *Extended Park Vector Analysis*
MTSA – *Magnetic Torque Signature Analysis*
VMM – *Vienna Monitoring Method*
NRCEs – *Normalized Reference Current Errors*
ENCAAV – *Normalized Currents Average Absolute Values*
CPVPCP – *Current Park Vector Phase and Currents Polarity*
TSCFE-SS – *Time-Series Data Finite Element State Space Method*

A listából és az 1. ábrából jól látható, hogy bár a VJA „csak" az áramot és feszültséget méri, a jelalak vizsgálat kiterjeszthető az áram és feszültségből származtatható egyéb, teljesítmény- és nyomatékjellemzőkreis,sőtkülönféleföggvénytranszformációk és algoritmusok alkalmazásával széles körű jelvizsgálati lehetőségek nyílnak, hogy megállapíthassuk a gerjesztő hibafrekvenciákat és azok energiaszintjét.

4. MOTOR ÁRAM ANALÍZIS (MCSA)

Mivel a VJA (ESA) az ún. motor áram analízisből (MCSA) alakult ki, célszerű áttekinteni az ősmódszert, melyből a későbbi leképzések és újabb alkalmazások származnak. Az MCSA jól használható állapotfigyelő és diagnosztikai módszer, *különösen állandósult üzemállapot (S1...S3) esetén.* Az eredeti eljárás lényege, hogy figyelik a villamos gép legalább egy fázisának áramát és vizsgálják az áram spektrumokat (FFT), melyben keresik és azonosítják a különféle anomáliákra utaló frekvenciákat [2], [3]. Megjegyezzük, hogy különböző demodulációs eljárásokkal (pl. Park-transzformáció, Hilbert-transzformáció) leválaszthatók a hibafrekvenciák a hordozó tápfrekvenciáról és önállóan is vizsgálhatók. *A motor áram analízis (MCSA) alkalmazhatóságának feltétele a villamos gép forgási sebességének ismerete, de ehhez nem feltétlenül szükséges mechanikai sebességmérés, mivel a sebesség (pl. aszinkron motor szlip) a villamos jelekből nagy pontossággal megállapítható.* Az alábbi táblázat összefoglalja az aszinkron motoros hajtás működése során az áram spektrumban azonosítható jellemző hibafrekvenciákat különböző anomáliák (aszimmetriák, géphibák stb.) esetén.

1. táblázat

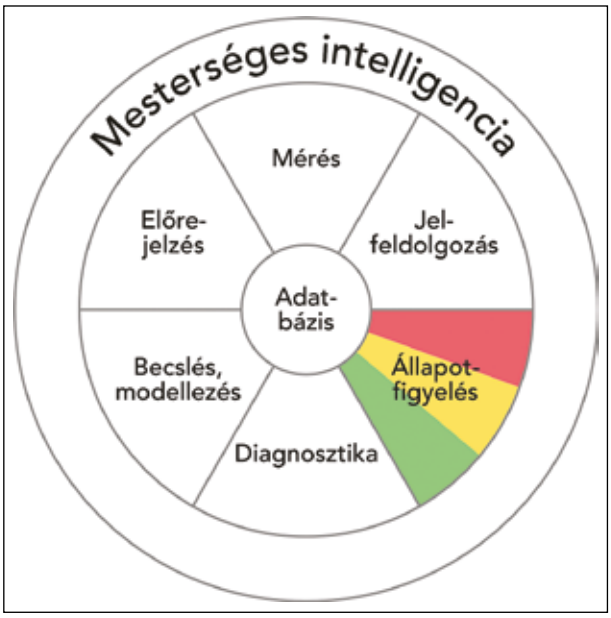
Gerjesztő hatás	Hibafrekvencia a motor áram spektrumban (Hz)
Motor forgórész statikus excentricitás	fec = f±n*fr
Motor forgórész dinamikus excentricitás	fec = f{(R±1)[(1-s)/p]±k}
Motor forgórész kiegyensúlyozatlanság	fub=f±fr
Motor fellazulás Állórész lemeztest fellazulás	szélessávú zaj a kisfrekvenciás tartományban
Motor forgórész kalicka-r.z.gyűrű törés-repedés	fb =f(1±2*n*s)
Motor-tengelybeállítási hiba	fsh=f±fr*n
Állórész horony harmonikusok	fsts=fr*S
Forgórész horony harmonikusok	frsh=f{1±n*R/p(1-s)}
Állórész menetzárlat	fstf = f{k/p*(1-s)±k}
Golyóscsapágy hibák: - külső gyűrű - belső gyűrű - golyók - kosár	 for=f±k*f_{BPO} fir=f±k*f_{BPIR} fb=f±k*f_{BSF} ft=f±k*f_{FTF}
Hajtómű foggerjesztés	fg=fr±n*Z
Szivattyú-, ventilátor-, lapátgerjesztés	lg=fr±n*L

A táblázatban használt jelölések:
f – *tápfrekvencia*; fr – *rotor mechanikai frekvencia;*
n=1,2,3,...; R – *rotor kalickarudak száma;* k=1,3,5,...;
s – *szlip;* p – *póluspárok száma;* S – *stator horonyszám;*
f_{BPO} – *belső gyűrű hibafrekvencia;* f_{BPIR} – *külső gyűrű hibafrekvencia;* f_{BSF} - *golyó hibafrekvencia;* f_{FTF} – *kosár hibafrekvencia;*
Z – *fogak száma;* L – *lapátok száma*

Az anomáliát jelző frekvenciák jellemző gerjesztési frekvenciaként és/vagy annak oldalsávjaiként (al- és felharmonikusok) jelennek meg áramspektrumban. Egy mérés alapján többnyire nem igazán lehet megbízható becslést adni a gép állapotára. Ezalól a kalickameghibásodás kivételt képez, mert a vizsgálati tapasztalatok és az irodalmi adatok alapján is -40...-35 dB hibajelszint már egyértelműen forgórészhibát mutat. Az állapotfigyelésből származtatott hibajelszint trendek vizsgálata elengedhetetlen a megbízható előrejelzéshez. A gépdiagnosztika során igen fontos a hibafrekvenciák energiájának meghatározása-becslése, mivel ez jelzi az anomália súlyosságát (fault severity). Általában tapasztalatokon alapuló küszöbértékeket határozunk meg, melyek túllépése esetén valamilyen intézkedés (pl. valamilyen helyszíni ellenőrzés, terheléscsökkentés vagy az üzemelés ideiglenes leállítása stb.) szükséges. Ha folyamatos online állapotfigyelést alkalmazunk, bizonyos kritikus határterhelések esetén akár védelmi jellegű leállítás is szóba jöhet. Ha ezeket a folyamatokat automatizálni akarjuk, akkor ismernünk kell az egészséges géprendszer működését jellemző terheléseket és becsülnünk kell, hogy azok túllépése mekkora kockázatot jelent a gép váratlan meghibásodása szempontjából. *Az előrejelzés megbízhatósága rendkívül fontos, mivel akár egy hamis, akár egy elmaradó hibajelzés egyaránt veszélyeztetheti az üzemvitel biztonságát.*

4. ÁLLAPOTFIGYELŐ, DIAGNOSZTIKAI ÉS ELŐREJELZŐ RENDSZEREK (ÁDER)

A VJA mint hardver-szoftver alrendszer egy többé-kevésbé komplett ÁDER-be illeszthető, mely az adott technológia folyamatirányítási rendszerének (SCADA) szerves része. Az ÁDER funkcióit az alábbi ábra mutatja:



2. ábra *Az ÁDER funkciói*

A diagnosztika fő eszközei:
- *jelvizsgálat az időtartományban,*
- *jelvizsgálat a frekvenciatartományban,*
- *jelvizsgálat az idő-frekvencia tartományban,*
- *mesterséges intelligencia alkalmazása.*

Ez utóbbi nemcsak a diagnosztikát támogatja [4], de az

előrejelzések megbízhatóságának növelésében is nélkülözhetetlen. Az ÁDER egyik fő jellemzője, hogy nagyságrendekkel gyorsabb dinamikus folyamatokat követ, mint egy átlagos folyamatirányítási rendszer, ezért a mérő-adatgyűjtő eszközök gyors mintavételezési sebessége miatt (ami akár a 100 kHz-et is elérheti) folyamatosan nagy tömegű digitális adat keletkezik, melyet csak egy osztott intelligenciájú informatikai rendszer képes optimálisan tárolni, továbbítani és feldolgozni. Ha egy komplett ipari üzem – melyben több ezer vagy akár több tízezer gép működik – teljes körű (plant-wide) automatikus állapotfigyelését kívánjuk megvalósítani, akkor érzékelhető, hogy rendkívüli feladattal állunk szemben. Ezzel együtt határozottan megjelenik az a követelmény is, hogy az ÁDER megbízhatósága nagyságrendekkel jobb legyen, mint a felügyelt technológiáé. Itt megjegyezzük, hogy nemcsak a folyamatirányítási, de a diagnosztikai rendszerek egyik leggyakrabban meghibásodó elemei a különféle érzékelők. A VJA alkalmazása ezen a téren is határozott előnyöket nyújt, mivel az áram- és feszültségérzékelők rendkívül megbízható eszközök.

A digitális méréstechnika és információtechnológia fejlődési irányait figyelembe véve úgy tűnik, hogy a gépközeli számítógépes mérő-adatgyűjtő rendszereket kiszorítják a jóval megbízhatóbb és árban is versenyképesebb, terepi A/D konverterek és FPGA-k, melyek akár valós időben elvégzik a digitalizálást és az elsődleges adatfeldolgozás legfontosabb részét. Az információ másodlagos feldolgozása, tárolása, rendezése, kiértékelése és a mesterséges intelligencia eszközeinek alkalmazása viszont már centralizálható nagy teljesítményű számítógépek és speciális szoftverek segítségével, akár a felhőben.

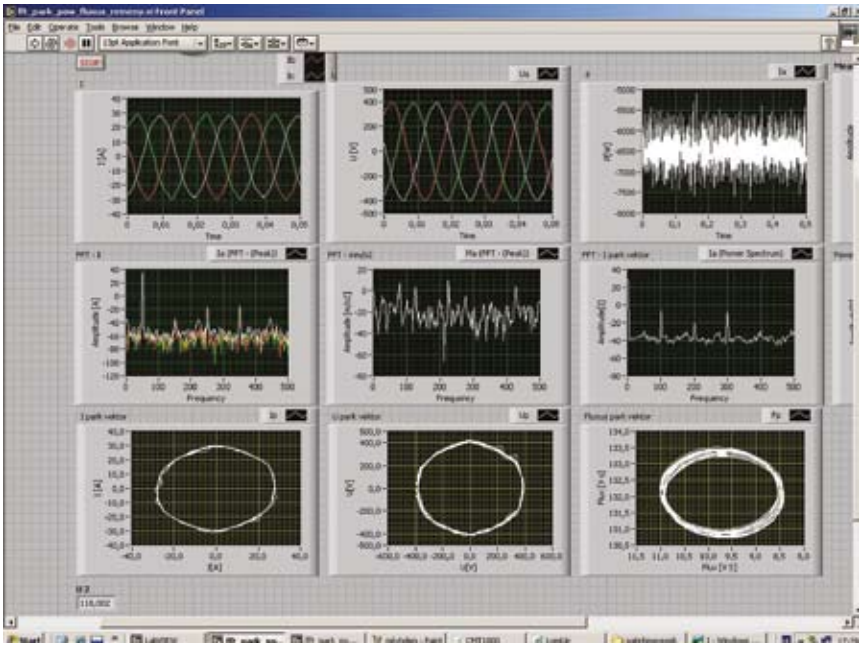
5. A VJA GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

Hordozható VJA-n alapuló diagnosztikai eszközöket több cég is gyárt (pl. ALL-TEST-Pro Instruments [5], Framatom [6]), és ma már használatuk, főképpen az Egyesült Államokban, a mindennapok gépdiagnosztikai gyakorlatához tartozik. Egyedi alkalmazásokon túl az SKF-Baker „Online Motor Analysis System NetEP/iNetEP" [7], VJA-n alapuló online motordiagnosztikai rendszere az, amely számottevő ipari referenciával rendelkezik, de a General Electric által folyamatosan fejlesztés alatt álló és bővülő Multilin diagnosztikai készülékcsalád [8] szintén a VJA széles körű és integrált alkalmazását célozza meg az energiaipar területén. Figyelemre méltó a National Instruments „Insight CM" [9] gépállapot-figyelő és diagnosztikai szoftvere is, mely információtechnológiai szempontból úttörő módon olyan nyitott rendszer (open system), mely a legkülönbözőbb alkalmazások, pl. a VJA terepi eszközök integrálását is lehetővé teszi.

A hazai gyakorlatban az ELMA Kft. 20 éve alkalmazza a villamos jel analízis különféle technikáit. Saját fejlesztésű hordozható mérőeszközökkel közel ezer villamos gépen és hajtáson végzett helyszíni vizsgálatokat, főként a cementiparban és szennyvízkezelő telepeken [10].

A tapasztalatok alapján a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola (KKVMF) az ELMA Kft. közreműködésével 2006-ban kifejlesztett és üzembe helyezett egy National Instruments PXI/SCXI/LabView technológián alapuló integrált multifunkcionális állapotfigyelő rendszert (IMÁR) a HOLCIM Hejőcsabai Cementgyárban.

Évekkel ezelőtt ígéretes hazai fejlesztésként indult a DATCON Kft. DT5350 U-I terepi adatgyűjtője és a Remagine Technologies Zrt. „Remagine Concentrator, Power Analyzer and Smart Socket" megnevezésű készüléke is a kapcsolódó szoftverekkel, melyek ipari bevezetése sajnos megakadt.



3. ábra *Jelanalízis az Óbudai Egyetem mérőrendszerén*

Az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar és elődje, a KKVMF már több mint egy évtizede kezdeményező szerepet vállal e technológia megismertetésében, és 2014-től a villamosmérnöki mesterképzés (MSc) keretében (Villamosenergia-átalakítók, -tárolók és irányítástechnika specializáció) bevezette a villamos jel analízissel kapcsolatos ismeretek oktatását is. Az egyetem laboratóriumában egy szélgenerátort szimuláló gépcsoportra feltelepítettünk egy olyan diagnosztikai mérőrendszert, mely villamos (VJA) és mechanikus (rezgés, nyomaték, szögsebesség) mérések összehasonlító vizsgálatára is alkalmas.

A Power Quattro Zrt. és az ELMA Kft. együttműködésével elkészült egy 7 csatornás, 24 bites, szimultán mintavételezésű kísérleti mérő-adatgyűjtő készülék, mely jelenleg az Óbudai Egyetemen VJA oktatási célokat szolgál és folyamatban van ipari használatra történő továbbfejlesztése (l. 4. ábra).

4. ábra *7 csatornás, 24 bites u-i mérő-adatgyűjtő*

Az Óbudai Egyetemen idén létrehoztuk a Villamosenergia-átalakító Rendszerek Kutatóközpontban az Intelligens Gépdiagnosztika Kutatócsoportot (IMD Research Group), melynek egyik fő törekvése a VJA eljárás alkalmazásának elősegítése a hazai iparban és a villamos hajtású járművekben.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A villamos jel analízissel kapcsolatos kutatás-fejlesztési és ipari alkalmazási tapasztalatok áttekintése alapján megállapíthatjuk, hogy a VJA a jövő villamos hajtásokkal működtetett intelligens géprendszereinek legígéretesebb gépállapot-figyelő- és diagnosztikai módszere. Cikkünkkel fel szeretnénk hívni a hazai ipar, különösen az atomenergetika-, olaj-, gáz- és vegyipar veszélyes technológiákat üzemeltető üzemviteli és karbantartási szakembereinek figyelmét a VJA előnyeire. Megjegyezzük, hogy ez a technológia utólagosan és fokozatosan is kiépíthető és az üzemviteli tapasztalatok alapján egyszerűen bővíthető. A VJA a folyamatirányítási, valamint a gépállapot-figyelő és diagnosztikai rendszereket tervező és telepítő rendszerintegrátorok számára is innovatív lehetőségeket nyújt.

Irodalomjegyzék:

[1] **Humberto Heano** at al. Trends in Fault Diagnosis for Electrical Machines. IEE Industrial Electronics Magazine, *June 2014*

[2] **Subhasis Nandi; Hamid A. Toliyat; Xiaodong Li.** Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Motors. IEE Transactions on Energy Conversion vol. 20, No 4, *December 2005*

[3] **Y. Gritli at al.;** Condition Monitoring of Mechanical Faults in Induction Machines from Electrical Signatures: Review of Different Techniques. 978-1-5090-0409-6/2017 IEEE

[4] **Ruonan Liu** at al. Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: A review. Mechanical Systems and Signal Processing 108 (2018) 33–47

[5] https://www.alltestpro.com/products/energized-motor-testing-products/all-test-pro-on-line-iitm.html

[6] http://www.framatome.com/EN/customer-526/empath-2000-electric-motor-performance-analysis-and-trending-hardware.html

[7] http://www.skf.com/group/products/condition-monitoring/surveillance-systems/on-line-systems/motor-performance-monitoring-netep/index.html

[8] https://www.gegridsolutions.com/multilin/catalog/869.htm

[9] http://www.ni.com/white-paper/52459/en/

[10] **Gyökér Gy.; Kovács Cs.;** Villamos jel analízis módszer alkalmazása forgó gépek energetikai és diagnosztikai vizsgálata céljából. Energiagazdálkodás *52. évf. 2012/1. szám*

Gyökér Gyula
ügyvezető
Elma Kft.
c. egy. docens, Óbudai Egyetem,
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
gyoker.gyula@elmakft.hu

Dr. Dineva Adrienn
egy. adjunktus
Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán
Villamosmérnöki Kar
Automatika Intézet
dineva.adrienn@kvk.uni-obuda.hu

Prof. Dr. Vajda István
egyetemi tanár
Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán
Villamosmérnöki Kar
Automatika Intézet
vajda@uni-obuda.hu

Kiterjesztett valóság és robotok

A kiterjesztett valóság (augmented reality – AR) az a technológia, ami általában speciális headsetekkel, szemüvegekkel, vagy vetítésekkel jár, adatokat vagy grafikát helyez valós képekre, érzékelőkkel és kamerákkal ismeri fel a működtető mozdulatait a visszajelzés és az irányítás érdekében. Mostanáig az AR főként a gaming területén volt jellemző, ám ahogyan terjed a technológia, úgy kerülnek napvilágra újabb felhasználási módok. A robotikai kutatásban meglepő, új szerep jut az AR-nak, aminek nemsokára jelentős hatása lehet a gyártási és logisztikai automatizálásra, valamint – idővel – az otthoni és kiszolgáló robotokra is.

Az AR szintet emel

A kiterjesztett valóság lehetővé teszi azt, hogy az emberi dolgozó úgymond átvegye a robot felett a hatalmat. A működtető az AR-t használva vezérli a robotot, természetes és óvatos mozdulatokkal, tehát úgy ad a robotnak pontos instrukciókat, hogy elvégzi azokat a feladatokat, amiket a robottól is szeretne viszontlátni. Ez az új hozzáállás ideális megoldásnak számít a kobotok esetében, mivel azok az emberekkel közvetlenül és közösen tudnak dolgozni, bármiféle zavaró biztonsági korlát vagy kerítés nélkül.

Az AR technológia és a kobotok kombinációja egy teljesen új szintre emelheti az együttműködést. A michigani Kubica Corporation tervezővállalat nemrég mutatta be az AR-es autóajtó-panel összeszerelő programját, amely egy UR10 robotot és a Light Guide Systems vetítőrendszerét alkalmazza. Carol Choma, a Kubica operatív és üzletfejlesztési igazgatója pozitívan nyilatkozik az alkalmazásról: „Ez nagyon jó példa egy olyan, együttműködő munkakörnyezetre, ahol a Universal Robots U10 robotja együtt dolgozik az emberi munkatárssal egy autóipari összeszerelő állomáson." Ebben a felállásban a Light Guide rendszere szerelési instrukciókat vetít közvetlenül a munkaterületre. A működtető ráteszi a kezét a virtuális, vetített „start gombra", és várja a további instrukciókat, miközben a robot elkezdi végezni a munkáját. A vetített fény kiemeli a robot által elvégzett feladatokat és segíti a működtetőt azokban, amiket neki kell elvégeznie. A folyamat úgy zajlik, hogy a rendszer megvilágítással és színkóddal jelöli a működtető számára a rögzítendő kábel pontos helyét, miközben a robot egyéb szerelési műveleteket végez el.

A működtető a minőség-ellenőrző üzeneteket is látja – mint például ha hiányzik egy csapszeg –, és a vetítőrendszer virtuális vezérlőjével további parancsokat adhat a robotnak. Miután minden folyamat befejeződött, a vetítőrendszer egy képet készít a kész munkáról a későbbi ellenőrzés és nyomon követés céljából.

Az AR-t érintő kutatások még korai szakaszban vannak, de a jelek szerint a technológia segíteni fog abban, hogy a robotok használatát kiterjesszék a komplexebb alkalmazásokra is. A segítségével javulni fog a gyártási minőség és a konzisztencia, valamint nőni fognak az emberek és robotok közti együttműködési lehetőségek is.

http://www.universal-robots.com

Dohány László, Várhelyi Nándor

3 kVA és 30 kVA-es napelemes energiatároló rendszerek Fóton

A cikkben bemutatásra kerül egy 3 kVA-es és 30 kVA-es napelemes energiaátalakító rendszer, amelynek feladata a hálózatból felvett energia optimalizálása, illetve fogyasztók szünetmentes energiaellátása. A beépített energiatároló egység (akkumulátortelep) segítségével a rendszer autonóm üzemben is működik. Az energiaellátó rendszer a hálózatból energiafelvételre, tárolásra, valamint energia-visszatáplálásra alkalmas, illetve autonóm (hálózattól független) üzemben is működik. A cikket a napelemes energiatároló rendszerekről készült fényképek teszik szemléletessé.

In the article will demonstrate a 3 kVA and a 30 kVA solar cells energy converter systems, which task to optimize the take in energy from the mains as well as to provide the uninterruptible energy for consumers. The system works also in autonomic mode with the help of the inbuilt energy storing unit (battery plant). The power supply system is suitable for taking in energy from the mains, storing that and as well as feeding the energy back to the mains respectively it works in autonomic mode (independently from the mains). The photos made from the solar energy container systems make the article picturesque.

A rendszerek célja a hálózatból felvett energia csökkentése, minél hatékonyabb felhasználása a fogyasztók felé. A napenergia elektromos energiává alakításával jelentősen csökkenthető a hálózatból felvett energia. Akkumulátorok alkalmazásával elektromos energiatárolást valósítunk meg, mellyel szünetmentes energiaellátó egység létesíthető, vagy akkumulátoros villamosenergia-tároló segítségével tervezhetőbbé tehetjük a hálózatból felvett energiát. A rendszerek automata üzemben működnek, a felügyeleti rendszerük lehetővé teszi az energiaáramlás nyomon követését, figyelését, valamint biztosítja a felhasználó részéről a beavatkozás lehetőségét (kézi üzem).

1.3 kVA-ES NAPELEMES ENERGIATÁROLÓ RENDSZER

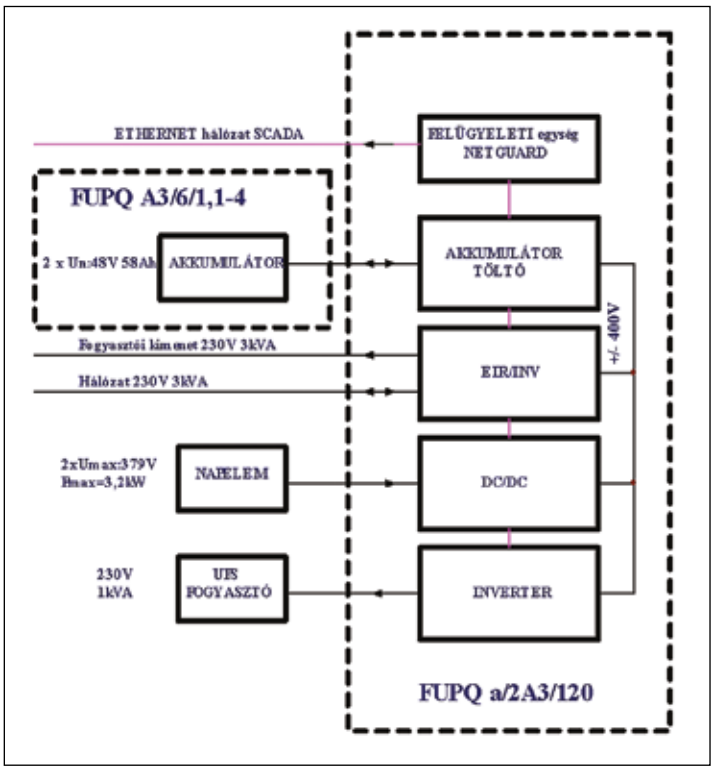
A 3 kVA-es névleges teljesítményű háztartási méretű energiatároló rendszer (Home Storage System) (l. 1. ábra) kisebb fogyasztók táplálására használható, minimális hálózati energiaigénnyel (a nappal megtermelt többlet napenergiát akkumulátorokban tárolva éjszaka bocsátja a fogyasztók rendelkezésére). A napelemek által előállított energiatúltermelést a rendszer a hálózatba táplálja vissza.

1.1. Az FUPQ a/2A3/120 típusú 19”-os moduláris rendszer felépítése

A rendszer blokkvázlata (l. 2. ábra) Az FUPQ a/2A3/120 típusú 19”-os modulokból felépített rendszer 599x641x1120 mm méretű kerekeken gurulós szekrényből és egy FUPQ A3/6/1,1-4 típusú akkumulátorszekrényből áll. A 19”-os rendszerszekrény fogadja az akkumulátoros egységet, 3 kVA-es teljesítményű egyfázisú hálózatot, egy 2x5 db-os napelemcellát, amely egy kocsibeálló tetején nyert elhelyezést és rendelkezik 1 kVA-es szünetmentes váltakozó feszültségű kimenettel, valamint 3 kVA-es fogyasztói váltakozó feszültségű kimenettel (l. 2. ábra).

Az egyfázisú hálózati feszültséget egy EIR/INV (egyenirányító/inverter) modul alakítja át egyenirányító üzemmódban, szinuszos áramfelvétellel egy úgynevezett közbensőköri DC +/- 400 V-os feszültséggé. Ebbe a közbensőköri feszültségbe tápláljuk be és ebből vételezzük ki az energiát úgy, hogy az energiaegyensúly mindig létrejöjjön, vagyis a DC +/- 400 V-os feszültség állandóan biztosított!

1. ábra *3 kVA-es napelemes energiatároló rendszer*



2. ábra *3 kVA-es napelemes energiatároló rendszer blokkvázlata*

Az AKKUMULÁTORTÖLTŐ modul az akkumulátor töltéséhez is a +/- 400 V-os közbensőköri feszültségből nyeri az energiát, illetve hálózati feszültség kimaradásakor az energiaáramlás megfordításával ide táplálja vissza az energiát az akkumulátorból.

A szünetmentes kimeneti feszültséget az INVERTER modul szolgáltatja ugyancsak a közbensőkörből, amely egy klímaberendezést működtet.

A napelem energiáját a DC/DC modul alakítja át feszültségnövelő (booster) üzemben +/- 400 V-os közbensőkörhöz. A napelemből maximálisan kinyerhető energia érdekében a DC/DC modul maximális teljesítmény munkapont kereső programmal (Maximum Power Point Tracking, MPPT) rendelkezik. A napenergia maximális hasznosítása csak abban az esetben lehetséges, ha a közbensőköri energia felhasználása folyamatosan biztosított (energiaegyensúly). Ha az akkumulátorok feltöltött állapotban vannak, a fogyasztói kimeneteken nincs energiafelhasználás, akkor a napelem terhelése csak akkor biztosított megfelelően, ha az EIR/INV modulok inverter üzemmódban az energiát a hálózatba táplálják vissza. A felhasználó kézi üzemben egyedileg beállíthatja a hálózatba visszatápláló áram nagyságát, függetlenül a napenergia intenzitásától. Ha a napelemek által termelt energia nagyobb, mint a kézzel beállított visszatáplálandó áram nagysága, akkor nem optimális a napenergia hasznosítása, ha viszont kisebb a megújuló energia mennyisége (felhős időjárás), mint a kézzel beállított visszatápláló áram értéke, akkor a különbségi energiát az akkumulátorból nyeri ki a rendszer.

A rendszer folyamatosan a hálózatra csatlakozik, és a mért adatok alapján a napelemek által termelt energiát az akkumulátorokba tölti, tárolja, majd a fogyasztói kimeneten keresztül a belső hálózatába juttatja vissza. A fogyasztói kimenet nem szünetmentes energiát szolgáltat.

Az energiatároló rendszeren a felügyeleti és kijelző egységen keresztül lehet a ki-bekapcsolást és egyéb üzemállapotokat váltani, az akkumulátor töltöttségének és a napenergia nagyságának megfelelően. Amennyiben nem áll rendelkezésre napenergia, csak egyirányú teljesítményáramlás van, vagy akkumulátortöltés van a hálózatból, vagy hálózati visszatáplálás az akkumulátorból.

A cél, hogy a rendszer minél több megtermelt megújuló energiát tároljon az akkumulátorokban, és a lehető legkisebb energiát vételezzen a hálózatból.

Ha van napenergia és ki van választva a hálózatba visszatáplálásos üzem is, valamint a szünetmentes kimenet is energiát igényel, feltölti az akkumulátorokat, és a többlet napenergiát a szünetmentes kimenet táplálására és a hálózatba történő visszatáplálásra fordítja.

Napfénymentes időszakban, ameddig csak lehetséges, az energiát az akkumulátorból biztosítja a rendszer a fogyasztók számára.

Az „AUTOMATA" üzemben 5 perces teljesítménymérleg átlagszámítással állítja be a visszatáplálás nagyságát, hogy a hálózatból felvett energiát minimálisra csökkentse.

2. 30 kVA-ES NAPELEMES ENERGIATÁROLÓ RENDSZER

2.1. Az FUPQ c/C30 típusú 19"-os moduláris rendszer felépítése

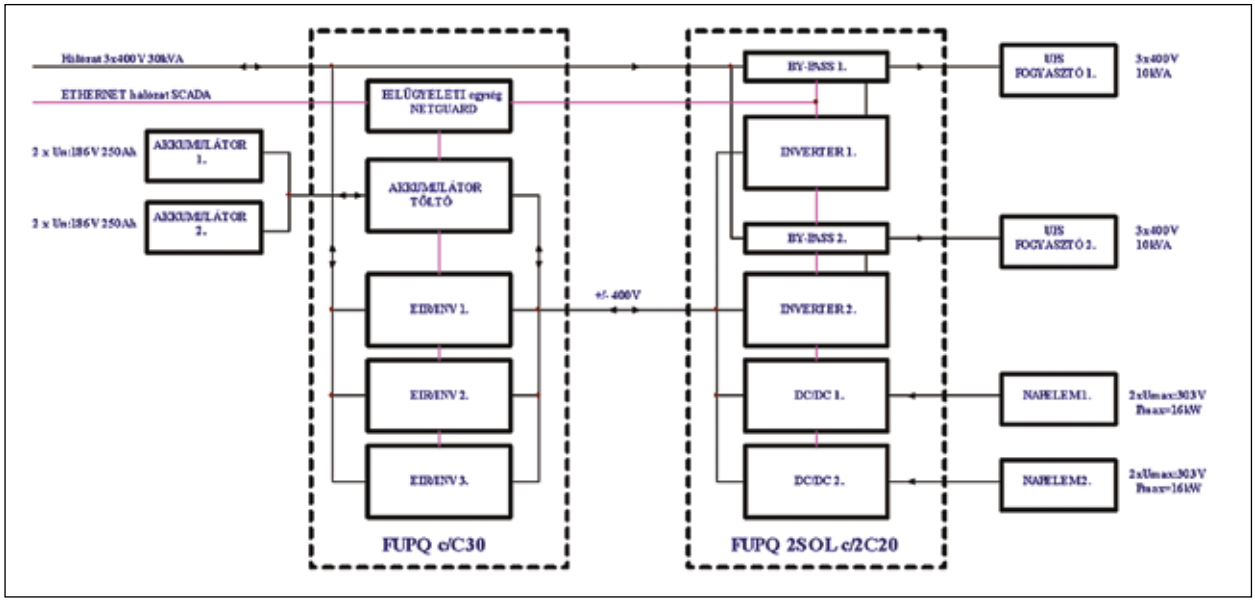
A 30 kVA-es energiaellátó rendszer szünetmentes áramforrásként (UPS) üzemel. A napenergia elsődlegesen az akkumulátorokba töltődik, illetve a fogyasztókat táplálja, valamint az ezen felül termelt elektromos energiát a hálózatba táplálja vissza. Az akkumulátorok töltöttsége hálózati feszültség tartós megléte esetén teljesen feltöltött, kisütésük a hálózat kimaradásakor történik.

A rendszer blokkvázlata (l. 3. ábra) látható. Két 600x600x 2000 mm méretű szekrényben foglal helyet a modulokból felépített FUPQ c/C30 típusú és FUPQ 2SOL c/2C20 típusú (l. 4. ábra) vezérlő és energiaátalakító rendszer. A szekrények fogadják a két napelemes és a két akkumulátoros egységet (l. 5. ábra), valamint 2x10 kVA/2x10 kW teljesítményű, 3x400 V-os háromfázisú fogyasztókat látnak el szünetmentes energiával.

A rendszer bemenetére kapcsolt 3x400 V hálózati feszültséget 3 db háromfázisú EIR/INV (egyenirányító/inverter) modul alakítja át egyenirányító üzemmódban, szinuszos áramfelvétellel egy közbensőköri DC +/- 400 V-os feszültséggé. Hasonlóan az előbb bemutatott rendszerhez, a közbensőkörbe tápláljuk be és ebből vételezzük ki az energiát úgy, hogy az energiaegyensúly mindig meglegyen. Az akkumulátorok töltése, kisütése, a napelemek illesztése DC-DC átalakító és a szünetmentes kimenetre, tápláló inverterek funkciója megegyezik a 3 kVA-es rendszerben leírtakkal. A rendszerben található egy hálózat-inverter átkapcsoló egység (BY-PASS), amely a rendszer fogyasztói kimenetén található. A BY-PASS modulon választható ki a „HÁLÓZAT", illetve „INVERTER" alapüzem.

A hálózati feszültség meglétekor a BY-PASS modul „HÁLÓZAT" alapüzemű beállításnál a hálózati feszültség energiáját kapcsolja a szünetmentes kimenetre.

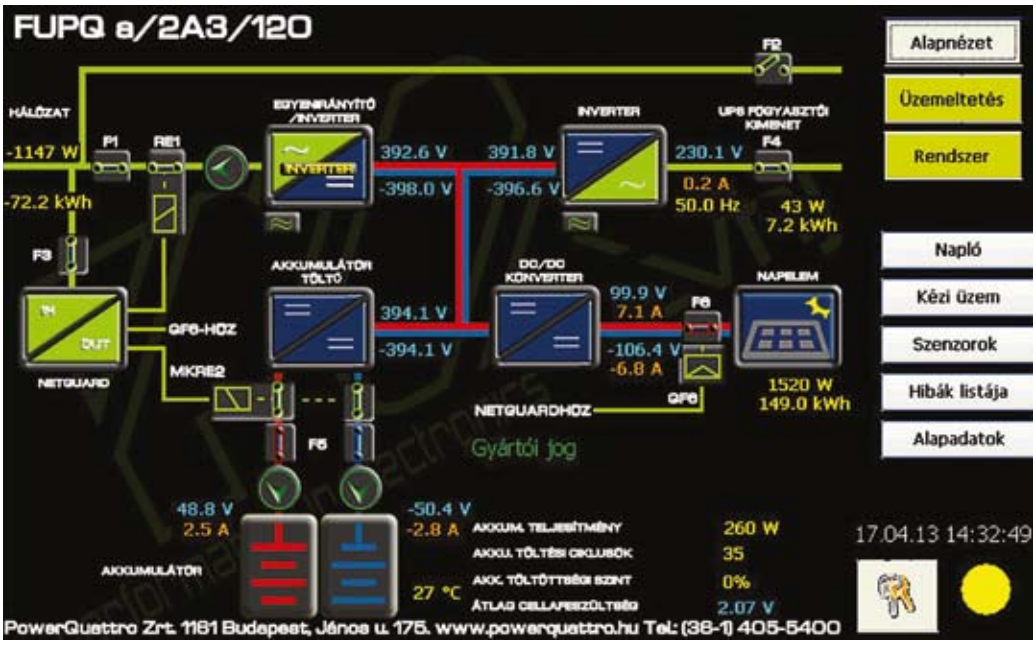
Ha a hálózati feszültség nem áll rendelkezésre, akkor elsődlegesen a napelemekből előállított energia, másodsorban az akkumulátorban tárolt energia – INVERTER és a BY-PASS



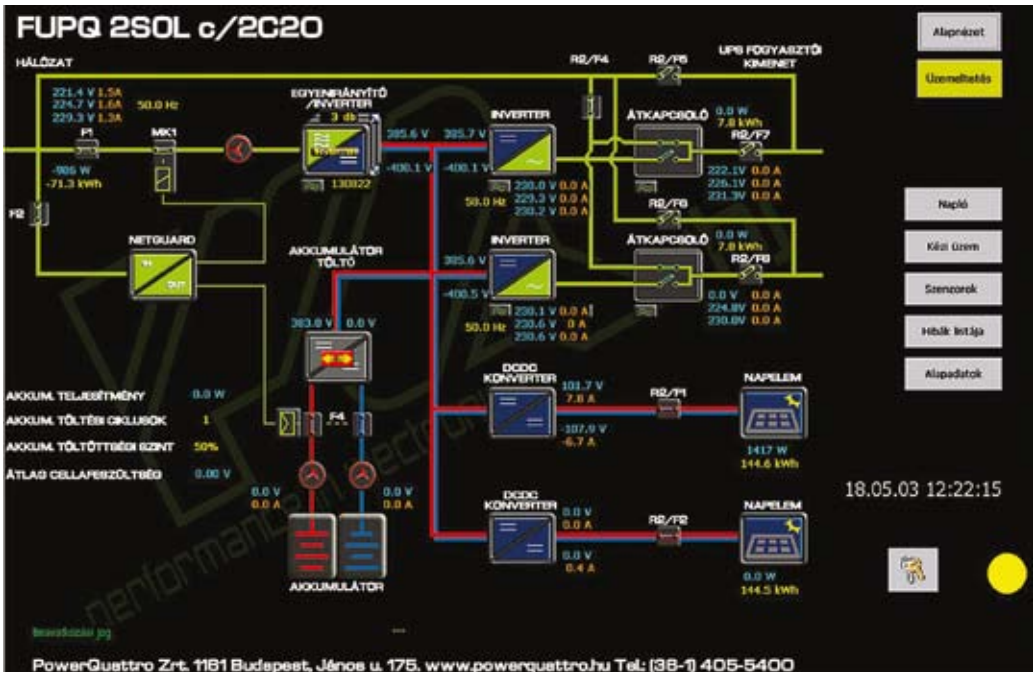
3. ábra *30 kVA-es napelemes energiatároló rendszer blokkvázlata*

4. ábra *30 kVA-es napelemes szünetmentes áramellátó rendszer*

5. ábra *30 kVA-es UPS akkumulátor telepe*



6. ábra *3 kVA-es napelemes rendszer sématáblája*



7. ábra *30 kVA-es napelemes rendszer sématáblája*

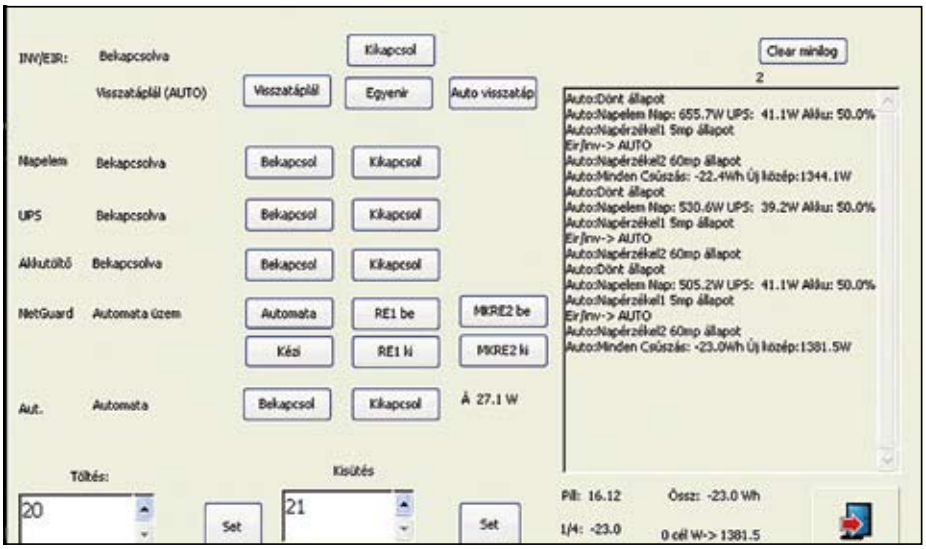
modulok segítségével – fedezi a szünetmentes tápellátást igénylő fogyasztók szükségleteit. INVERTER vagy BY-PASS modul meghibásodása esetén lehetőség van szerviz üzemben, direkt hálózati feszültség kiadására. Ezen üzemállapotot kismegszakítók lekapcsolásával és a kerülő ági kismegszakítók bekapcsolásával lehet létrehozni.

Az ismertetett két rendszer felügyeletét ETHERNET kábelen keresztül a SCADA rendszerű számítógépes vezérlő és adatfeldolgozó látja el, valamint CAN protokollon, optikai fénykábelen keresztül tartja a kapcsolatot és vezérli a rendszer moduljait.

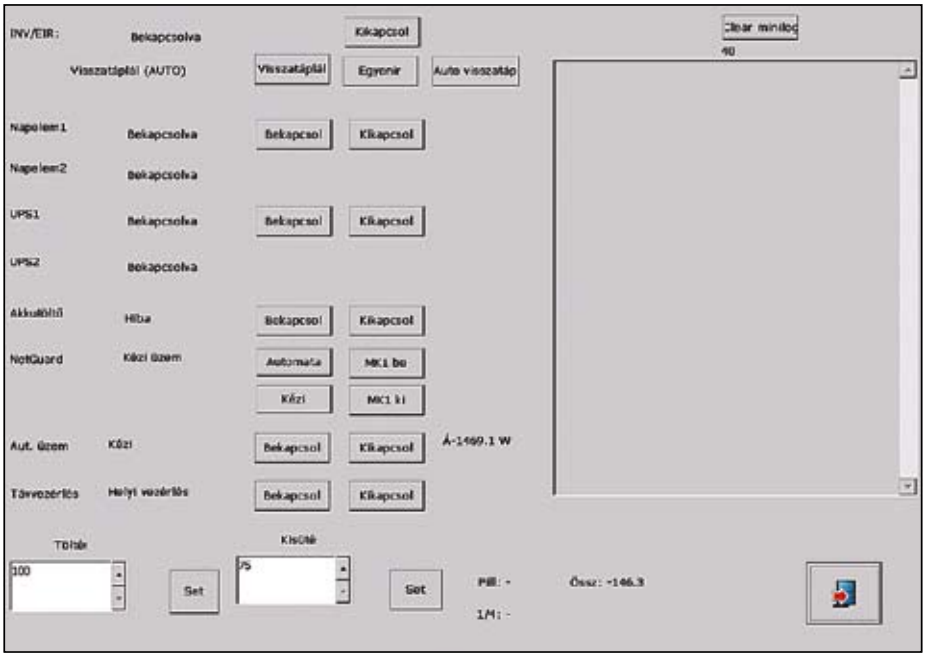
A FELÜGYELET feladata a rendszer vezérlése, üzemmódjának beállítása, a modulok működésének és állapotainak nyomon követése.

A 3 kVA-es rendszer az Ethernet hálózaton keresztül a SCADA rendszernek csak információkat küld és egy belső program biztosítja az „AUTOMATA" üzemet.

A 30 kVA-es napelemes rendszer vezérlési feladatokat is ellát, így ennek az „AUTOMATA" üzemét a SCADA rendszer biztosítja egy programmal. A kijelző modulok érintőképernyőt tartalmaznak, amelyeken kiválasztható több képernyő, sématábla, kapcsolási vázlat. A jellemző pontokon mért feszültségek, áramok, teljesítmények, összegzett energiák az akkumulátorte-



8. ábra *3 kVA-es napelemes rendszer üzemállapotok sématáblája*



9. ábra *30 kVA-es napelemes rendszer üzemállapotok sématáblája*

lep villamos paraméterei, az akkumulátoregység töltöttségi szintje, az akkumulátorcellák átlagos feszültsége, a napelem paramétereinek értékei olvashatók le. Kijelzi még a rendszer működése közben előállt eseményeket, állapotokat, hibákat. Az események és az energiamérleg bejegyzésre és mentésre kerülnek az eseménynaplóba, dátum és idő bélyeggel együtt. Az alap képernyő és kezelőfelület „Megtekintési joggal" rendelkezik, jelszó nélkül. A „beavatkozási és a gyártói" jog jelszóköteles. A felügyelet programja úgy működik, hogy ha van feszültség a közüzemi hálózaton, a napenergia tölti az akkumulátort és a többletteljesítményt pedig visszatáplálja a hálózatba. Ha nincs hálózati feszültség, akkor a visszatáplálás nem engedélyezett.

A NETGUARD rendszer üzemállapotjeleket generál. Üzemképessége esetén az akkumulátortöltést és mélykisülést felügyeli. Mélykisülés határán kiüti az akkumulátor kismegszakítóját. Működése nem függ össze a FELÜGYELET üzemképességével. Visszatápláló üzemben a hálózati feszültség megszűnésekor (sziget üzemben) lekapcsolja a visszatáplálást. Figyeli a 3 fázisú hálózat feszültségét, frekvenciáját, és fázishelyzetét. A hálózati feszültség visszatérése után automatikusan visszakapcsolja a rendszert egy előre beállított idő után (5 perc).

A rendszer sématáblája mutatja a modulok egymás közötti kapcsolatait és a be-kimeneti paraméterek aktuális értékeit. (l. 6., 7. ábra)

2.2. A rendszerek üzemállapotai

„HELYI" és „TÁVVEZÉRELT" üzem.

„HELYI" üzemben a felügyeleti egységen lévő érintőpaneles kijelzőn lévő gombokkal, a 30 kVA-es rendszernél „TÁVVEZÉRELT" üzemben a SCADA távfelügyeleti rendszerről vezérelhető a rendszer.

„HELYI" és „TÁVVEZÉRELT" üzemállapotok, valamint a modulok be-kikapcsolása a sématáblán láthatóak:

3 kVA-es (l. 8. ábra.), 30 kVA-es (l. 9. ábra.)

- Akkumulátortöltő modul be-kikapcsolása
- Akkumulátortöltés kézi, 10-100%-os alapjelállítás
- Akkumulátorkisütés = visszatáplálás 10-100%-os alapjelállítás
- Napelem DC/DC átalakító modul be-kikapcsolása
- INVERTER modulok be-kikapcsolása
- EIR/INV modulok be-kikapcsolása
- EIR/INV modulok egyenirányító üzem
- EIR/INV modulok visszatáplálásos üzem
- EIR/INV modulok AUT. visszatáplálásos üzem
- NETGUARD egység AUT./KÉZI üzemállapot bekapcsolása
- AUTOMATA vagy KÉZI üzem bekapcsolása a 3 kVA-es rendszernél
- TÁV vagy HELYI vezérlés bekapcsolása a 30 kVA-es rendszernél

Irodalomjegyzék:

[1] Ringler Csaba, Szűcs Attila: A +/-400 V közbenső-köri feszültségű moduláris kialakítású szünetmentes áramellátó rendszercsalád. Vezetékek világa *2016/2 XXI. évfolyam, 2. szám.*

[2] Ringler Csaba, Szűcs Attila: Moduláris felépítésű szünetmentes áramellátó rendszerek. Elektrotechnika folyóirat *2016/3*

Dohány László
Erősáramú fejlesztőmérnök
PowerQuattro Zrt.
pqinfo@powerquattro.hu

Várhelyi Nándor
Erősáramú fejlesztőmérnök
PowerQuattro Zrt.
pqinfo@powerquattro.hu

Arató Csaba, Kádár Aba, Dr. Novothny Ferenc

Emlékeztető az Érintésvédelmi Munkabizottság 2018. december 3-i üléséről

Az Érintésvédelmi Munkabizottság 293. ülésén **Dr. Novothny Ferenc** először a **VMBSZ** módosításának előkészítését végző Műszaki Szakbizottság munkájáról adott tájékoztatást. Ezután vezetésével az Egyesülethez beérkezett szakmai kérdéseket tárgyalt meg és válaszokat fogalmazott meg. Így többek között válaszolt a saját használatra gyártott elosztó berendezésekkel, a gumiszőnyeg alkalmazásával, az egyenpotenciálú rendszer kialakításával, a napelemes rendszerek áramütés elleni védelmével és a középfeszültségű berendezések megközelítésével és keresztezésével kapcsolatos kérdésekre.

1.) A Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzatról

A **VMBSZ** kiadásáról szóló ***40/2017. (XII. 4.) NGM*** rendelet **4. §**-ában előírja a *Műszaki Szakbizottság* létrehozását, amely a **VMBSZ** előkészítésének és módosításának előzetes szakmai egyeztetését végzi. A Szakbizottság gyűjti a **VMBSZ** felülvizsgálatára vagy módosítására beérkezett javaslatokat, ennek alapján teszi meg a szabályzat változtatására a javaslatát az iparügyekért felelős miniszternek. A Szakbizottság 2018. februárjában tartotta alakuló ülését. Ekkor – többek közt – megállapították, hogy a rendelet sok tisztázandó, nehezen értelmezhető részt tartalmaz, amelyekre korrekt válaszokat vár a villamos szakma. A Szakbizottság az elmúlt időszakban folyamatosan gyűjtötte az észrevételeket, módosítási indítványokat és kidolgozta a rövid távú javaslatait, valamint a hosszabb távú stratégiai megfontolásait a szabályzat módosítására. A Szakbizottság az idei utolsó ülését 2018 november 8-án tartotta, ekkor döntöttek szabályzat változtatására vonatkozó javaslatról, amelyet elküldtek az illetékes szakminiszternek. Ebben a javaslatban több kisebb szövegmódosításon kívül, többek között újrafogalmazták és egyértelműbbé tették a felülvizsgálatok rendjéről, a minősítésről és a kéziszerszám gépek ellenőrzéséről szóló pontokat. A Szakbizottság továbbra is fogadja az észszerű, pontosan megfogalmazott módosítási javaslatokat. A **VMBSZ** a Magyar Közlönyben megjelenő hivatalos módosításáig változatlanul a 2017 decemberében kiadott tartalommal hatályos és ennek megfelelően kell eljárni.

***2.) ÁDÁM GYŐZŐ* az állásfoglalásukat kérte: cégen belül, kizárólag saját használatra villanyszerelő képesítéssel készíthetnek-e villamos elosztókat terv nélkül, illetve milyen feltételekkel? Amennyiben igen, akkor az elosztó villamos biztonságtechnikai felülvizsgálatát általános szempontok szerint kell-e végezni (ÉV, EBF)."**

VÁLASZ:

A kisfeszültségű villamos elosztók, mint villamossági termék *„a meghatározott feszültséghatáron belüli használatra tervezett villamossági termékek forgalmazásáról, biztonsági követelményeiről és az azoknak való megfelelőség értékeléséről"* szóló ***23/2016. (VII. 7.) NGM*** rendelet (kisfeszültségű irányelv) hatálya alá tartozik, amely szabályokat ír elő a villamossági termék ***tervezésére,*** gyártására, megfelelőségének értékelésére, forgalomba hozatalára és forgalmazására is. A rendelet által meghívott ***765/2008/EK*** rendelet 2. cikk 1. pontjában így határozza meg a *„forgalmazás"*-t: a közösségi piacon valamely termék gazdasági tevékenység keretében történő rendelkezésre bocsátása értékesítés, fogyasztás vagy használat céljára, akár ingyenesen, akár ellenérték fejében.

A gyártó műhely által készített villamos elosztó terméket gazdasági tevékenység keretében rendelkezésre bocsátotta saját használat céljára, ingyenesen a saját cégének – ez az előbb megnevezett irányelv értelmében ***forgalmazásnak számít***, ezért be kell tartani a ***23/2016. (VII. 7.) NGM*** rendelet összes előírását.

A kisfeszültségű villamos elosztók biztonsági, műszaki-minőségi követelményeit az ***MSZ EN 61439-1:2012*** szabvány határozza meg. Definiálja az eredeti gyártó (mint pl. Önök), berendezésgyártó, és felhasználó fogalmakat, valamint rögzíti ezek feladatait, és felelősségét. A továbbiakban a szabvány előírja az ilyen berendezések szerkezeti és működési követelményeit, valamint az elvégzendő konstrukcióigazoló ellenőrzéseket és a darabvizsgálatokat.

Az említett jogszabály és szabvány egyértelműen vonatkozik az Önök által készített berendezésekre és az azokban leírt eljárások szerint kell a berendezéseket ***tervezni,*** gyártani, vizsgálni, minősíteni és forgalmazni (azaz ez esetben házon belül átadni a felhasználónak és üzembe helyezni). ***Ezért azt javasoljuk Önöknek, hogy gondosan tanulmányozzák át a megnevezett rendeletet és szabványt is, és mindenben teljesítsék ezek előírásait és követelményeit, beleértve a tervezést, a minőség értékelési eljárást és a szükséges dokumentáció készítését is!***

Végül: Az erősáramú villanyszerelő képesítéssel rendelkező szakember (szabványossági felülvizsgáló képesítés nélkül) készíthet (szerelhet) és vizsgálhat villamos elosztókat és darab vizsgálatot is végezhet rajtuk a gyártó műhelyben. A felszerelt, hálózatba bekötött és üzembe helyezett villamos elosztókon végre kell hajtani az első ellenőrzést, majd az ismétlődő felülvizsgálatokat az ***MSZ HD 60364-6:2017*** szabvány szerint, amelyet **ÉV** és **EBF** szabványossági felülvizsgálók végezhetnek.

3.) PAPP PÉTER (***Bilfinger Tebodin Hungary Kft***.) **A gumiszőnyeg alkalmazása kisfeszültségű berendezéseknél soha nem volt követelmény. Mi a helyzet közép-, illetve nagyfeszültségű berendezések esetében? Van olyan érvényes szabvány, jogszabály, amely előírja?**
Az *MSZ EN 61936-1:2016* szabvány nem tartalmazza a gumi szót sem!

VÁLASZ:

Korábban sem volt és most sincs olyan jogszabály vagy szabvány, amely a kisfeszültségű vagy nagyfeszültségű berendezések esetében a gumiszőnyeg alkalmazására vonatkozó előírást vagy követelményt tartalmazott volna. Régen, amikor a kapcsolótáblák szigetelő anyagból voltak (márványtáblák, sőt a Váci úti erőműben keményfa táblák), addig alkalmazásuk általános szokás volt. Fémből készült táblák előtt áramszolgáltatói berendezésben sehol sem alkalmaztak gumiszőnyeget! Fogyasztói berendezésekben azonban – nyilván a hozzá nem értők óvatoskodása miatt – elvétve lehetett ilyet látni.

Nagyfeszültségű berendezések esetében a gumiszőnyeg alkalmazása egyedül kiegészítő intézkedésként jöhet szóba a környezet elszigetelése érintésvédelmi módnál. A már visszavont MSZ 172-2:1994 jelű szabvány 4.1.1. szakasza tartalmaz

a környezet elszigetelésére vonatkozó követelményeket. Ha a környezet elszigetelése érintésvédelmi mód megvalósítására szükség van, akkor a felelős villamos tervezőnek a feladata és felelőssége ennek megoldása, és a védelmi módszer meghatározása (ez lehet pl. gumiszőnyeg is!). A gumiszőnyeg alkalmazása esetén figyelembe kell venni a kevésbé praktikus tulajdonságait is: nem kopásálló, gyorsan öregszik, ismételt szigetelés vizsgálatoknak kell alávetni.

***4.) ÖKRÖS PÉTER* (*Spányi Partners Zrt. Budapest*) Kérdése: a nem kiterjedt fémszerkezeteket valóban be kell-e kötni, vagy javasolt-e bekötni az egyenpotenciálú rendszerbe és tulajdonképpen mi alapján? A vonatkozó szabvány szerint a fővezetékek PE vezetője integrált egyenpotenciálra hozó gerincnek is alkalmasak a tervező mégis 25 mm²-es rézvezetővel, független gerinchálózatot tervezett. Milyen fémszerkezeteket kell bekötni az egyenpotenciálra hozó hálózatba a szokásos gépészeti fémhálózatok (víz, gáz, fűtés, hűtés, szellőzés stb.) mellett?**

VÁLASZ:
A védővezető rendszer kialakításának követelményeit az ***MSZ HD 60364-5-54:2012*** jelű szabvány határozza meg. A szabvány lehetővé teszi az ún. „integrált" védővezető rendszer alkalmazását, amikor az idegen vezetőképes részek egyenpotenciálra hozó vezetőjének nem követeli meg a védő vezetőktől független sugaras egyenpotenciálra hozó vezetőrendszer kiépítését, hanem megengedi a védőösszekötő-vezetők csatlakoztatását a legközelebbi védőcsatlakozó kapocsba. Lásd a szabvány ***B*** mellékletének ábráját! Megjegyezzük, hogy a szabvány alkalmazása önkéntes, tehát a régebbi megoldású, különálló egyenpotenciálra hozó rendszer ezután is kiépíthető!

Egyébként az ***MSZ HD 60364-5-54*** szabványban előírtakon kívül a visszavont MSZ 172-1 szabvány tartalmaz a bekötésre vonatkozó részletes követelményeket. Ezek megtalálhatók az áramütés elleni védelemről szóló ***MSZ HD 60364-4-41:2007*** szabvány **411.3.1.2.** szakaszának magyarázatai között. E szabvány 2020. július 7-éig még érvényes! Alapvető szempont az egyenpotenciálú célú védőösszekötő-vezetékek alkalmazásának az, hogy csak azt kell bekötni, ami idegen potenciált hozhat a villamos szerkezet egyidejűleg érinthető közelébe. Ezt minden esetben egyedileg kell meghatároznia a felelős villamos tervezőnek!

***5.) HORVÁTH GÁBOR* a napelemes rendszerek áramütés elleni védelmével, illetve azok földelésének szükségességével kapcsolatban tett fel kérdéseket.**

A feltett kérdésekre a válaszokat *dr. Kovács Károly* okleveles villamosmérnök, a DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG cég szakértője adta meg. Egyúttal felhívta a figyelmet a DEHN+SÖHNE tanfolyami anyagára, amiben részletesen ki vannak fejtve a kérdések. A mostani válaszaiban a tanfolyami jegyzetben megtalálható erre vonatkozó témaköröket egészíti ki. További kérdések esetén is szívesen áll rendelkezésre! (Elérhetősége: tel.: +36 1 371 1091; mobil: 36-30-8242476; e-mail: *kovacs.karoly@dehn.hu*)

***5.1. Kérdés:* Be kell-e kötni az egyenpotenciálú rendszerbe a szolár modulokat? Ha igen, elfogadható-e, ha az egy sorban lévő napelemeket sorba kötik egymással, és a szélsőt kötik a csomópontba? Ebben az esetben, ha jól értelmezzük, egyrészt kettős szigetelésű villamos szerkezetre kötünk védővezetőt, ami tilos, illetve a földpotenciálra hozott napelemeken villám-részáramokat fogunk átfolyatni, és becsapási pontot képezünk rajtuk.**

VÁLASZ:
Ha az épületen nincs villámvédelem és nincs fémes tartószerkezet, ami összefogja az egyes napelemkereteket, akkor a napelemek keretének potenciálkiegyenlítésbe történő bekötésére az üzemviteli szabályok érvényesek. Bizonyos napelemtípusok esetén a napelemkereteket le kell földelni az elemi cellák degradációjának megelőzése érdekében. Azt, hogy a napelemkereteket földelni kell-e üzemi célból, azt a gyártói előírások határozzák meg. Az inverterek szigetelés-ellenőrző funkciója sok esetben csak akkor működik, ha a tartószerkezet földelve van. Az inverter használati útmutatója szerint kell eljárni. Ha a napelemkeretek csak nem fémesen vannak egymással összekötve, akkor szerintem ez az inverter szigetelés-ellenőrző funkcióját nem befolyásolja. Az egyes országokban a napelemkeretek bekötésére eltérő szabályok vonatkoznak, illetve a napelem gyártó nem tudja előre a beépítési körülményeket, ezért a gyártó a biztonság kedvéért mindig kialakít földelő csatlakozást a kereten. Ez nem jelenti azt, hogy a keretet minden esetben be is kell kötni a villámvédelembe vagy az épület potenciálkiegyenlítő hálózatába.

***5.2. Kérdés:* Általános probléma az *„s"* megközelítési távolság meghatározása és a szabványos bekötések kivitelezése. Véleményünk szerint a villamos tervdokumentáció villámvédelmi részének tartalmaznia kellene a részletes számítást és a bekötések pontos helyét és módját az *MSZ EN 62446-1* szabvány 4.3.6. szakasza szerint. Kérdésem, hogy az Önök álláspontja szerint is a tervezőnek kell-e részletesen leírni a bekötések szükségességét és módját, ha a naperőmű a megközelítési távolságon belül esik?**

VÁLASZ:
Az ***s*** biztonsági távolság számítása a villámvédelmi terv része kell legyen, és a számolt ***s*** távolságok feltüntetése a villámvédelmi terven is a tervező feladata és felelőssége. Amennyiben az ***s*** távolság nem tartható be, a tervezőnek kell a megfelelő intézkedéseket a villámvédelmi terven feltüntetni. A terven kell jelölni, hogy ebben az esetben hol és milyen gyakorisággal kell a villámvédelmet és a napelem tartószerkezetét összekötni, milyen egyéb követelmények vannak a tartószerkezettel szemben (folytonosság, villámáram-vezetőképesség), a szükséges túlfeszültség-védelmi készülékek (1. típus) elhelyezését stb.

***5.3. Kérdés:* A nem norma szerinti villámvédelemmel ellátott épületeken telepített új naperőműveket V3 fokozatú felfogó védi, ami megfelel ennek a fokozatnak (20 m-es körlap módszer szerint). Véleményünk szerint az erőművek komoly gazdasági (kár)értéke miatt nagyobb fokozatú felfogóra lenne szükség. Ennek a szükségességéről kinek kell döntenie? A felülvizsgálónak, vagy a naperőmű felelős tervezőjének még a kivitelezés elkezdése előtt?**

VÁLASZ:
Véleményem szerint a **V3** felfogórendszer elegendő lehet a napelemek nem norma szerinti villámvédelmére, de ebben az esetben a gördülőgömbös eljárással (***r*** = 100 m gördülőgömb) kell ellenőrizni, hogy a napelemek védett téren vannak-e. Ennek nem teljesülését a felülvizsgáló jelezheti. A körlapos módszer napelemes rendszer esetében nem alkalmazható. Ha a nem norma szerinti villámvédelemmel ellátott épületen napelemes rendszer kerül telepítésre, és van villamos/villámvédelmi tervező (kellene lennie!), akkor a tervező felelőssége a megfelelő felfogórendszer megtervezése, amely a napelemes rendszert meg tudja védeni. Ha tervező nincs, akkor a

felülvizsgálónak kell jeleznie, hogy a naperőmű villámvédelme nem megfelelően van kialakítva. Természetesen lehet a 100 m-es gördülőgömbnél kisebbet is választani, különös tekintettel arra, hogy a norma szerinti villámvédelemben a legnagyobb gördülőgömb 60 m-es, és ebben az esetben a védett tér csak 16 kA-nál nagyobb csúcsértékű villámcsapások esetén hatékony. Emiatt minden szakirodalom napelemes rendszerek esetében legalább **LPS III** villámvédelmi fokozatot javasol, ahol a védett teret 45 m-es gördülőgömbbel szerkesztjük. A 45 m-es gördülő gömbhöz 10 kA-es legkisebb villámáram tartozik. A természetben annak a valószínűsége, hogy a villámcsapás áramcsúcsa 10 kA-nél nagyobb lesz, 91%, míg **LPS IV** esetében annak a valószínűsége, hogy a villámcsapás áramcsúcsa 16 kA-nél nagyobb lesz, csak 84%. Ezen %-os értékek a villámvédelem hatékonyságát is mutatják.

***6.) PUSZTAI MÁTÉ JÁNOS* problémája: Nyolc db 499 kVA-es napelemes kiserőművet létesítenek. A 8 db erőművet egyetlen 2 m magas fémkerítés védi, ám az ingatlanon négy különböző helyen is keresztezi a meglévő 22 kV-os légvezeték a kerítést. A középfeszültségű légvezeték és fémkerítés keresztezésének biztonságos megoldására az alábbi javaslatokat kaptam:**

- **biztonsági övezet két oldalán földelni kell a kerítést;**
- **érintett biztonsági övezetben szigetelő kerítésre kell cserélni a fémkerítést;**
- **a teljes kerítést 20 m-enként földelő szondával földelni kell.**

Szakmai véleményüket kérem a leírt probléma helyes megoldására!

VÁLASZ:
Mindhárom megoldás jó! A szigetelt kerítésre cserélés helyett elég a két végén szigetelt elválasztás! A földelő szondák földelési ellenállása ne legyen nagyobb mint 10 Ω! A nem közvetlenül földelt középfeszültségű villamos berendezések megközelítésére és keresztezésére vonatkozó biztonsági követelményeket a már visszavont MSZ 172-2:1994 szabvány 2.3.3. szakasza tartalmazza. A közvetlenül földelt (általában 42 kV-nál nagyobb feszültségű) berendezések megközelítésére és keresztezésére a szintén visszavont MSZ 172-3:1973 szabvány 3.33. szakasza határozza meg a biztonsági követelményeket.

*** *** ***

Az ***ÉV. M**unkabizottság* a következő ülését az újesztendőben, 2019. február 6-án, szerdán du.14.00 órakor tartja. 2019-ben a Munkabizottság a következő napokon tartja a további üléseit: április 3-án, június 5-én, október 2-án és december 4-én, mindig szerdai napon, du 14.00 órakor a **MEE** központi székhelyén: 1075 Budapest, VII. kerület, Madách Imre út 5. III. emeleten a nagytárgyalóban. Az ülések nyíltak, minden érdeklődő kollégát szívesen látunk!

Kádár Aba, lektor | *Arató Csaba* | *Dr. Novothny Ferenc ÉVÉ Mubi vezető*

Fényszennyezést csökkentő közvilágítás

Az ELTE Savaria Egyetemi Központjának vezetésével, az Eszterházy Károly Egyetem és a Kaposvári Egyetem közreműködésével egy tudományos konzorcium fényszennyezéssel kapcsolatos kutatásokat kezdett meg 2017 szeptemberében. A projekt első fő eredménye, hogy lehetséges olyan közvilágítást kiépíteni, amely jelentősen csökkenti a fényszennyezést és emellett a funkcióját is megfelelően teljesíti.

A fényszennyezés egyre növekvő problémát jelent a természeti környezetre, de egyben az emberi egészségre is. Egyre több nemzetközi felmérés igazolja, hogy a hideg fehér világítások növelik egyes megbetegedések kockázatát a korábbi narancsos fényű nátriumlámpás rendszerekhez képest. Sajnos az utóbbi évtized világítási tendenciái épp a jelentős kék tartamú LED-es világítást részesítették előnyben, és világviszonylatban is csak elvétve létesültek olyan világítások, amelyek kifejezetten meleg fehér vagy sárgás fényűek. A projekt kutatóinak javaslatai alapján két településen, Bárdudvarnokon és Répáshután fejezték be az elavult közvilágítás korszerűsítését az új rendszer segítségével. Az újonnan kiépült közvilágítás az első Magyarországon, amelynek a megvalósításában elsődleges szempont volt a fényszennyezés csökkentése és az egészséges környezet kialakítása.

A tervezésnél két szempontot vettek figyelembe:

A legújabb kutatások szerint a hideg fehér világítás káros a környezetre és az emberi egészségre. Ezért az új közvilágítás tervezésénél elsődleges szempont volt, hogy csak meleg fehér fényt bocsásson ki, minimális kék sugárzással. Ráadásul, a mellékutakon este 10 óra után a világítás gyengül egy kicsit (a csökkent forgalomnak megfelelően) és ekkor a már a biológiai szempontból legoptimálisabb borostyánsárga fénnyel világítanak csak. Ez a megoldás világviszonylatban is újdonságnak számít.

A másik szempont az volt, hogy az égbolt irányába közvetlenül ne világítsanak a lámpatestek. Ezzel segítik azt is, hogy a településekkel érintett Zselici, illetve Bükki Csillagoségbolt-parkban tovább javuljon az égbolt állapota. De a falvak területéről is szebb lesz így az éjszakai égbolt.

Települések, mint kutatólaboratóriumok

A kiépült közvilágítások jóvoltából a települések és környezetük egyben kutatóhelyként is szolgálnak. A projekt segítségével megvalósult „Valós Világítási Környezet Laboratóriumok" lehetővé teszik, hogy a közvilágítás környezetre gyakorolt hatását behatóan vizsgálják. Ezt biztosítja az, hogy a lámpatestek fénye a szabványos kereteken belül szabályozható. Ezzel további adatokat nyernek az eltérő színi összetételű és erősségű világítás környezetre gyakorolt hatásáról. A létrejött laboratóriumok ismét csak világviszonylatban is egyedülinek mondhatók: tényleges településeken, a valóságnak megfelelő körülmények között végezhetnek a konzorciumban szereplő egyetemek hiánypótló kutatásokat. Az eredmények segíthetnek a környezettudatos közvilágítások létrejöttéhez más helyszíneken is.

A projekt a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg 979,99 millió forint európai uniós támogatás felhasználásával, futamideje 38 hónap. A projekt részletes eredményei és az azt bemutató képanyag figyelemmel kísérhető az alábbi honlapon: *fenyszennyezes.hu/vvkl.html*

EU-Solar Zrt.

A jövő energiatermelésének kulcsa

Áramra szükség van, ezt nem lehet megkerülni. Életünk szinte minden terén szükség van elektromosságra valamilyen formában és mértékben. Ennek az energiának az előállításához hatalmas gyárakra támaszkodtunk eddig, melyek csak okádták magukból a káros anyagot, ezzel szennyezve a levegőt és pusztítva a környezetüket. Arról nem is beszélve, hogy az energia előállításához felhasznált anyagok a folyamat közben elhasználódnak, és többé nem használhatók fel.

Ezt felismerve, egyre többen küzdenek a nemes célért: az energia tiszta előállításáért. Míg ennek több formája is ismeretes, ebben a cikkben egy rendkívül kézenfekvő megoldást szeretnénk bemutatni.

A Nap energiájának hasznosítása hosszú idők óta foglalkoztatja az emberiséget, és a napelemes rendszerekkel kinyerhető a napsugarak energiája, melyet árammá alakítanak a komplikált rendszerek. Ezen rendszereket leggyakrabban saját vagy szomszédaink házának tetején láthatunk, azonban az egyes települések energiaszükségletének ellátásáért nem az otthoni panelek felelnek.

Egyre több napelempark népesíti be a kietlen területeket. Ország- és világszerte megfigyelhető ezen farmok számának robbanásszerű növekedése. E parkok rendkívül nagy beruházást és szakértelmet igényelnek, pontos tervezés és kivitelezés szükséges a létesítésükhöz és fenntartásukhoz. Szerencsére az

államok is sorra ismerik fel a napelemfarmok létjogosultságát, így szinte minden térségben támogatják a telepítésüket.

Több nemzetközi (pl. EU-s) törvény is a megújuló energiák használatát sürgeti, melyeket szintén nagy összegekkel támogatnak. Több ország, kontinens is versenyez egymással, hogy az első lehessen ezen a téren, mivel felismerték ezen technológia hatékonyságát és elengedhetetlenségét.

Sokan abban látják a versenyt, hogy a világ legnagyobb napelemparkját építsék ki. Kína, Szaúd-Arábia, Marokkó, India, Egyiptom, Mexikó és még számtalan ország mind ezért az áhított címért küzd, ezzel együtt segítve Földünk fennmaradását. A „versenyben" részt vevő parkok mindegyike hihetetlen mennyiségű energiát lesz képes előállítani. Egyes farmok akár két gigawattnyi energia előállítására is képesek lesznek amint elkészülnek. Ha elkészülnek, egész évben termelni fogják a szükséges áramot, mivel bizonyos esetekben a termelés télen túl tudja szárnyalni a nyári adatokat is.

Hazánkban is egyre nő az igény az elektromos áram előállítására és a napenergia felhasználására. Egyre több háztartásban képezi a napelemes rendszer az energiaellátás fő formáját. Ezen kívül büszkék lehetünk az ország folyamatosan bővülő napelemparkjaira.

Pécsen készült el nemrégiben egy tíz megawatt energia előállítására képes napelempark. Ezzel éves szinten akár 15 ezer tonnányi szén-dioxid kibocsátását kerülheti el az ország. A

megtermelt energia elég lenne a város buszközlekedése energiaigényének fedezésére, amennyiben az elektromos buszokkal üzemelne. Ezzel Pécs példát szeretne mutatni a többi település számára, amelyek hasonló projektben gondolkodnak.

Egy picit távolabb, Romániában, Sárközújlakon megtalálható egy 42 hektáron elterülő napelempark, mely közel 250 ezer napelempanel elhelyezésére alkalmas, amely panelek együttesen akár 48 megawattos teljesítményt képesek nyújtani, mely 60 ezer átlagos család fogyasztását képes fedezni.

Az emberi kreativitás határtalanságát mi sem bizonyítja jobban, mint hogy mindenre képes megoldást találni, és egyre gyakrabban ezek a megoldások nemcsak hatékonyak, hanem látványosak is. Datong városában működik Kína, ha nem a világ legkreatívabb napelemparkja. Az égből az ország kedvenc állatát, a pandát mintázó erőmű – mely 100 megawattnyi energiát képes előállítani – egy időben tükrözi a nemzet elhivatottságát a tiszta energia irányába és hívja fel a figyelmet a veszélyeztetett állatfaj védelmére. Minden kétséget kizárólag sikeresnek tekinthető ez a figyelemfelkeltő törekvés, mivel sokak ezen kép láttán értesültek először a megújuló energia ezen formájának előállításáról világszerte.

Nem csak szárazföldön van lehetőség ezen parkok létesítésére. Szintén Kínában található Huainan városa mellett egy vízi napelempark. A 4–10 méter mély bányató tetején úszó napelempark 40 megawatt teljesítményű és a korábban használhatatlannak minősített tó vizét hasznosítja hűtési célokra. További előnye, hogy az amúgy is zsúfolt országban egy olyan területet hasznosít, melyet nem tudtak más célokra felhasználni.

Kísérleti megoldásokból sincs hiány. Kínában, Tsinan városában kísérleteztek nemrég egy szolárúttal, mely a gépjárművek által használt útba integrálta a napelemeket. A közel 6000 négyzetméter nagyságú pályaszakasz a tervek szerint évente 1 millió kilowattnyi áramot lesz képes termelni.

Mint látható, a napenergia felhasználása egyre nagyobb igény világszerte. A technológia hatékony, nagy méretekben kivitelezhető és rengeteg különféle módon használható. Rengeteg háztartás energiaszükségletét képes előállítani, és a tradicionális megoldásokkal ellentétben nem szennyezi a környezetet. A technológia exponenciálisan fejlődik, rendkívüli lehetőséget kínálva ezzel vállalatoknak, melyek szeretnék megóvni a bolygó épségét.

A Growatt is kiveszi a részét a napenergia hasznosításából. A kínai cég a világ legnagyobb inverter exportőre, kiemelkedő szereplő egy dinamikusan fejlődő iparágban. Inverterei megbízhatók, rendkívüli ár-érték arányt képviselnek, hatékonyságukat több millió elégedett ügyfél igazolja.

Számtalan napelempark szerves résztvevője és támogatója volt a Growatt az évek alatt. Invertereivel több projekt működését is lehetővé tette, mint például egy 20 megawattos rendszer megvalósítása, vagy egy 90 megawattos ültetvény Thaiföldön. Az itt használt inverterek is jól tükrözik a vállalat technológiai képességeit, mivel a 99%-os hatásfokon működő rendszerek optimalizálva lettek a meleg és párás időjárásra, így itt is kiemelkedő teljesítményt tudnak nyújtani.

A naperőmű, mint láthatjuk, egy rendkívül fejlett és komplex megoldás az energia-előállítás problémájára. Rengeteg kiaknázatlan terület maradt továbbra is, amit ez a cikk nem tartalmaz. Szinte lehetetlen mindent kifejteni egy cikk terjedelmében. Az EU-Solar Zrt. ezért is készített egy e-bookot, mely mélyebben belemegy a naperőművek témakörébe, valamint egy nagyobb lélegzetvételű esettanulmányt az erőművekről, ami a lehető legalaposabban tanulmányozza a témakört. Mindkét tanulmány az EU-Solar weboldalán elérhető. Ehhez elég ellátogatni a webes felületre és kapcsolatba lépni a cég munkatársaival, akik készségesen állnak rendelkezésére.

(X)

Némethné Dr. Vidovszky Ágnes

Pillanatképek a VTT életéből

Az elmúlt félévben is pörögtek az események a Világítástechnikai Társaság háza táján.

1. PRO LUMINE – INNOVATÍV VILÁGÍTÁS DÍJ

Ebben az évben is meghirdette a VTT az év világítás tervezője díjat, Pro Lumine Innovatív világítás címen. Az idén több kategóriában is lehetett pályázni, úm. „funkcionális világítás", „díszvilágítás", „közösségi létesítmény világítás", „sportvilágítás" és „látványvilágítás". Az első díjat Király Tamás nyerte a „Raclette" jeligéjű pályázattal „közösségi létesítmény világítás" kategóriában. A pályaművet a Világítástechnika rovatban bemutatja a tervező. Idézet a bírálatból: „A pályamű megvalósult – belsőtéri mesterséges világítás – projektet mutat be, amely egy világítástechnikai termékeket gyártó cég új – LEAN office"[1] – irodája kapcsán készült.

A pályamű, illetve a megvalósult világítás nagyszerűen ötvözi a

- korszerű, a vizuális feladathoz maximálisan illesztett, gondosan kiválasztott lámpatestek használatát (amelyek csak LED fényforrást használnak),
- minden helyiségbe szabályozott, ill. szabályozható világítás került, amelynek jellemzői a konkrét, adott funkció, ill. látási feladat figyelembevételével változtathatók szükség szerint.
- a tervezett világítás maximálisan figyelembe veszi és költséghatékonyan támogatja a képernyő előtt történő munkavégzés jellemzőit, ill. követelményeit (helyi világítás, tárgy, ill. közvetlen háttérmegvilágítás- és fénysűrűségértékeinek összehangolt biztosítása).

„A megvalósult berendezéssel funkcionálisan is jó, professzionális irodatér született."

A díjátadásra a Veszprémben megrendezett Lux et Color Vesprimiensis konferencián került sor. Ezt a konferenciát a Pannon Egyetemmel, Műszaki Egyetemmel, Óbudai Egyetemmel, az MTA Veszprémi Területi Bizottságával közösen rendezte a VTT. A konferenciáról rövidesen megjelenik a beszámoló.

1. ábra *Díjátadás Veszprémben (Pellei Imre a díjbizottság elnöke, Nagy János a VTT elnöke, Király Tamás tervező)*

1 LEAN iroda: funkcionális és költséghatékony, egyterű térszervezésű, minden lehetséges modern technológiát maximálisan kihasználó irodatér, ill. irodaműködés.

2. EGYÜTTMŰKÖDÉSEK

2.1. Electro Cord Kft. Fotópályázat

A Világítástechnikai Társaság minden alkalmat megragad, hogy a szakma fontosságára, szépségére, nehézségére felhívja a figyelmet. Így örömmel karolta fel a VTT az Electro Cord Kft. kezdeményezését, „A fény természete" című fotópályázatot is. A pályázattal a természetes és mesterséges fények életünkre gyakorolt rendkívüli hatására és a környezetvédelemre kívánták a figyelmet irányítani. A pályázatra két (természetes fény és mesterséges fény) kategóriában lehetett fotókat benyújtani. Kategóriánként 3-3 díj került átadásra, valamint a VTT is adott 1-1 különdíjat. A pályaművek a VTT székhelyén (Világítás Háza 1042 Budapest, Árpád út 67. I. em.) nyitvatartási időben megtekinthetők 2018. november végéig.

2. ábra *Ahonnan a pályázatok érkeztek*

A pályázattal sikerült az érdeklődést széles körűen felkelteni, az ország minden szegletéből, sőt határokon túlról is érkeztek pályaművek.

A pályázaton 217 pályázó 825 művel vett részt, a 2. ábra mutatja, hogy honnan érkeztek pályázatok. A bíráló bizottság elnöke Nagy János, a VTT elnöke volt, tagjai: Kálló Péter többszörösen kitüntetett fotóművész, Pető Anna, az Electro-Coord Kft. irodavezetője, Szepesi György, a Clareo Produkciós Kft. ügyvezetője, Burgmann Nóra, a Zöld Matek honlap tulajdonosa.

A díjazottak:

Természetes fények:

1. hely: Szűcs Boldizsár: Árnyék (Bogyiszló)
2. hely: Szabó Katalin: Összhang (Budapest)
3. hely: Urbán Tibor: Nyugati (Budapest)

VTT-különdíj: Csillag Erika: Látszat (Létavértes)

Mesterséges fények:

1. hely: Soponyai György: Margit híd csíkhúzó (Mogyoród)
2. hely: Pap Johanna: Lámpa-játék (Békéscsaba)
3. hely: Koncz Péter: Ködös Este (Baracs)

3. ábra *A VTT különdíjasa: „Korlátozott városkép"*

4. ábra *A mesterséges fény kategória győztese: „Margit híd csíkhúzó"*

5. ábra *A természetes fény győztese: „Árnyék"*

VTT-különdíj: Varga Balázs: Korlátozott városkép (Budapest)
A díjátadásra, sajtótájékoztatóra a VTT székhelyén került sor.

2.2. Világítástechnikai Társaság és a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány együttműködése

A Világítástechnikai szakma nagy öregjének, a budapesti díszvilágítások tervezése doyenjének, Sziráki Zoltánnak a lánya, Sziráki Katalin a Magyar Világítástechnikáért Alapítványnak 5 M Ft adományt juttatott, azzal a céllal, hogy díjazza a legjobb díszvilágítási megoldásokat. A díj odaítélésében –felkérésre – a VTT is szerepet vállal. Az adomány eredményeként a Magyar Világítástechnikáért Alapítvány létrehozta a „Sziráki Zoltán díszvilágítási pályázat"-ot, amelyet évente fog kiírni. Előbbiek miatt a VTT a Magyar Világítástechnikáért Gergely – Sziráki díj megnevezését Magyar Világítástechnikáért Gergely – dr. Horváth díj névre keresztelte át. A Világítástechnikai Társaságért Pollich-díj neve változatlan marad.

Kérjük, figyeljék a VTT és az MVA honlapját, rövidesen megjelenik a Sziráki díj pályázati felhívása.

2.3. A Világítástechnikai Társaság és a Magyar Mérnök kamara együttműködése

Hosszas egyeztetések után megjelent az MMK Elektrotechnikai Tagozat új tanúsítási szabályzata. A Magyar Mérnöki Kamara tagjainak nyújtott szolgáltatásként kérelemre, meghatározott szakmagyakorlási területeken tanúsítja megfelelő végzettségüket, gyakorlatukat és magas szintű képességüket. A tanúsítási rendszerrel az MMK elő kívánja segíteni a mérnöki szolgáltatások színvonalának emelését.

Az új tanúsítványok bevezetésének elsődleges célja az volt, hogy az MMK-tól függetlenül megszerezhető képzettségek, végzettségek – melyek érintik a mérnöki kamarán belüli szakmagyakorlókat is – a mérnöki kamarai nyilvántartási rendszerben (pl. az MMK honlapján lévő kamarai névjegyzék mérnökkereső rendszerében) kereshetővé és megismerhetővé váljanak. Ez egyebek mellett segítség lehet az adott szakterületen a szakma minden olyan szereplőjének, akik egy adott feladathoz igazoltan kompetens szakembert keresnek. További információk a VTT, illetve az MMK honlapján találhatók. (https://www.vilagitas.org/index.php?lang=hu; https://mmk.hu/ugyintezes/tanusitas)

6a. ábra *Sajtótájékoztató és díjátadás „elnöksége"*

6b. ábra *Sajtótájékoztató és díjátadás közönsége*

Ssz.	Kód	Szakterület
18.	G-Vi	Világítástechnikai rendszerek (külső és belsőtéri rendszerek)
19.	G-Rb	Robbanásbiztos villamos berendezések és védelmi rendszerek

1. táblázat *Új szakterületi tanúsítványok*

3. KITEKINTÉS 2019-RE

Január

A nagy érdeklődésre tekintettel a VTT az MEE-vel közösen szervezi a következő Világítástechnikai referens tanfolyamot. A tanfolyam napjaink korszerű LED-es világításával összefüggő műszaki, szabvány- és jogi ismereteket nyújt.

A végzettek **Világítástechnikai Szakreferens oklevelet** kapnak, valamint villanyszerelő vagy azzal egyenértékű végzettség esetén az aramkapocs.hu oldalon ajánlott villanyszerelők közt **Világítástechnikai Szakreferens** minősítéssel, és párhuzamosan bekerülnek a **Világítástechnikai Társaság ajánlott villanyszerelői** közé.

Jelentkezés feltételei, időpontjai rövidesen megjelennek a VTT honlapján.

Február

Szervezés alatt áll a következő immár X. LED konferencia. Kérjük, figyeljék honlapunkat, mert rövidesen megjelenik a felhívás a konferenciára.

A konferenciára tervezzük megjelentetni következő Világítástechnikai Évkönyvünket is, **LEDjen OKOS címmel**. Ha még valakinek van valami újdonsággal kapcsolatos mondandója, még néhány oldalnyi helyet tudunk biztosítani.

Király Tamás

A Signify budapesti irodája világításának bemutatása

A MEE – VTT Pro Lumine Innovatív világítási díj nyertese, Király Tamás

A megbízó Signify (korábban Philips Lighting) új budapesti irodájának megvalósításával kapcsolatban a következő szempontok szerint határozta meg a világítási feladatot: Az iroda világítása a hatékony munkavégzés érdekében maximálisan szolgálja a dolgozók jó munkahelyi közérzetét, biztosítsa az adott tevékenységekhez a megfelelő világítási környezetet és támogassa az úgynevezett „LEAN Office" koncepció szerint történő irodahasználatot. Az iroda szolgáljon egyben bemutatótérként is és ennek érdekében kerüljön betervezésre minél több a leginnovatívabb világítástechnikai termékek és megoldások közül úgy, hogy azok a legjobban igazodjanak a belsőépítészeti koncepcióhoz anélkül, hogy az irodának „csillárbolt" hangulata lenne. Az iroda vizuális képében jelenjen meg a vállalat cégarculata olyan módon, hogy az könnyen változtatható legyen, ugyanis a vállalat a közeljövőben új nevet és új cégarculatot fog kapni. Az iroda világítási berendezésének üzemeltetése a fent felsorolt elvárások teljesítése mellett legyen a lehető leggazdaságosabb, igazodva a vállalat azon filozófiájához, hogy működésével minél kisebb környezeti lábnyomot hagyjon maga után.

A szükséges cégnévváltoztatás ellenére a Signify által forgalmazott márkák továbbra is a Philips, Modular és Luceplan, valamint bevezetésre került egy új márkanév, amely IoT (Internet of Things) termékeket és szolgáltatásokat kínál, ennek a neve Interact. Az iroda világításának kialakításához tehát ezekből a termékportfóliókból tudtunk válogatni. Az iroda képét sikerült annak ellenére egységesen és a belsőépítészettel összhangban tartani, hogy minden márkából beépítésre kerültek a leginnovatívabb világítótestek. Számos világítótest nemcsak világítási, hanem akusztikai feladatokat is ellát, ilyenek a Philips SoundLight Comfort Ceiling mennyezeti rendszere és a Luminous Textile paneljei, valamint a Luceplan Pétale és Silenzio dekoratív függesztett világítótestjei. Betervezésre kerültek olyan termékek is, amelyek világítási és/vagy funkcionális, dekorációs építészeti feladatokat is ellátnak. Ilyenek a Philips Large Luminous Surfaces portfólióból a Luminous Textile, Luminous Flooring és Luminous Patterns termékek. Helyet kaptak a Philips lakossági világítótest és fényforrás termékei is. Szintén a bemutatótér iránti igényt kielégítendő nem választottunk egyetlen egységes világításvezérlési rendszert az iroda világításának működtetésére, hanem különböző területek különböző világításvezérlési megoldásokat kaptak. A felhasználó szempontjából viszont a világítás működése egységes: mindenhol mozgásra, jelenlétre kapcsolnak fel a világítótestek, ahol van, ott természetes fény hatására a fényáramukat visszaszabályozzák és mindenhol lehetőség van az automatikus működés időszakos felülszabályozására is. A világításvezérlés magját a Philips Dynalite moduláris, vezetékes, programozható vezérlőrendszer adja. Emellett helyet kapott a Philips OccuSwitch DALI szintén vezetékes, de rövid oktatás után kivitelező által is beüzemelhető rendszer, a vezeték nélküli SpaceWise rendszer, melyet

1. ábra *Tárgyaló – SoundLight Comfort Ceiling*

2. ábra *Tárgyaló – SoundLight Comfort Ceiling*

a kivitelező szintén egymaga be tud üzemelni, a Hue lakossági IoT okosvilágítási rendszer és a professzionális piacra szánt IoT megoldás, az Interact Office Wireless. Ezek mellett bemutatásra került az Indoor Positioning rendszer, mely a pontos térbeli helymeghatározásra alkalmas VLC (Visible Light Communication) technológiát használja és egy ablak nélküli tárgyalóhelyiségben próbálható és demonstrálható a színhőmérséklet-szabályozás és megvilágítás emberi szervezetre gyakorolt hatása.

A 60x60 vagy 120x60 cm-es méretekben elérhető látszóbordás álmennyezetbe illeszthető SoundLight Comfort Ceiling világítótest egész felületén egy speciális hangelnyelő anyagon keresztül világít. A világítótestből kilépő fény egy indirekt fény, mely a világítótest hátoldalán elhelyezett, 15 mm vastagságú fehér üveggyapot hangelnyelő lapról verődik vissza a világítótest elején feszített hangelnyelő és fényáteresztő anyagra, ezáltal biztosítva egy kis fénysűrűségű, kis fényáramú és teljesen homogén világító felületet. A világítótestek lekapcsolva szinte észrevétlenek, vizuálisan a hagyományos üveggyapot álmennyezeti lapokba olvadnak. A jóformán Lambert-sugárzóként működő világítótestek felkapcsolva kiváló árnyékmentes, homogén horizontális és vertikális megvilágítást biztosítanak. A kis fényáramuk miatt a szokásosnál több világítótestet kell a mennyezetbe betervezni, ez viszont lehetőséget biztosít különböző világító formák megjelenítésére a mennyezeten, így változtatva a tér hangulatát. A SoundLight Comfort Ceiling világítótestek fényárama DALI szabályozható.

A Luceplan Pétale világítótestek három különböző organikus formában érhetők el. A világítótest súlypontjában

egy kidudorodó világító mag van, melynek fényárama külön szabályozható a világítótest peremén futó világítástól. A világítest hátoldala hangelnyelő anyagból készült, elülső borítása pedig selyemfényű fényáteresztő elasztikus szövetanyag. A Silenzio egy markáns megjelenésű, masszív tömegű világítótest, belső anyaga bélelt szövet, külső borítása kollekcióból választható Kvadrat textil, a külső és a belső borítás között alumínium váz és hangelnyelő anyag van. Világító része egy félgömb formájú test, mely a világítótest közepén helyezkedik el. A Pétale és Silenzio világítótesteket rossz akusztikai tulajdonsággal, például nyitott vasbeton födémmel rendelkező terekben alkalmazva nemcsak a helyiség világítását, hanem visszhangosságának csökkentését is meg tudjuk oldani.

3. ábra *Luceplan Pétale*

A Luminous Textile egy olyan videopanel, amelynek világító felülete speciális hangelnyelő Kvadrat textil anyag, egyedi méretekben rendelhető, textil anyaga kollekcióból választható és beépíthetőségét tekintve lehet falra, menynyezetre, süllyesztve és függesztve is szerelni. Felbontása és a textil anyag miatt elmosódott álló és mozgó képek megjelenítésére alkalmas, hangulati elemként kezelendő. Több panel használata esetén a panelek Ethernet LAN hálózatba építhetők és egy egyszerű okostelefonos alkalmazás vagy webböngésző segítségével a tartalom szerkeszthető és időzíthető. A Luminous Patterns egy falburkoló elem, amely teljesen testre szabható. A panelek anyaga fém, mérete, mintázata és színe egyedileg választható. A világító felületek lehetnek kör vagy vonal alakúak, illetve lehet egyedi kimarásokat is kérni, melyeket kihajtva 3 dimenziós felülete érhető el. Ebben az esetben a fényforrás a kimart és kihajtott lemez mögött helyezkedik el és csak a fénye látszik, maga a világítótest nem. Minden egyes fénypont egyedileg címezhető, így nemcsak a fénypontok fényáramát lehet szabályozni, hanem dinamikus fényeffektek megjelenítésére is alkalmas. Vezérlése DMX over Ethernet protokollal történik. A Luminous Flooring termék speciális Desso szőnyegpadló és Tarkett vinyl padlókhoz használható. A speciális szőnyeg, illetve vinyl padlók fényáteresztőek, a terméket ezek alá kell beszerelni. A termék szöveget, illetve logót képes megjeleníteni fehér vagy színes fénnyel. A tartalom a pixelmátrixnak köszönhetően testre szabható, változtatható és animálható. Több panel használata esetén a panelek Ethernet LAN hálózatba építhetők és egy egyszerű okostelefonos alkalmazás vagy webböngésző segítségével a tartalom szerkeszthető és időzíthető.

A Philips Dynalite egy olyan moduláris világításvezérlési rendszer, mely a világításon kívül a világításhoz kapcsolódó más berendezések, mint például audiovizuális, árnyékolástechnikai és gépészeti berendezések vezérlésére és szabályozására is kínál megoldást. A rendszer osztott intelligenciával rendelkezik, nincsen központi vezérlőegység, minden beépített eszköz saját programozható logikai vezérlővel és memóriával rendelkezik. A rendszer mérete gyakorlatilag korlátlan lehet (65 535 cím eszközfajtánként, 65 535 logikai csoport, 65 535 logikai csatorna és preset csoportonként). A kommunikációs protokol RS-485, a terepi eszközök (érzékelők, kezelőpanelek, csatolók) működési feszültsége 12VDC. A rendszer elemei között rendelkezésre állnak relék, oltás- és gyújtásszögvezérelt fényáramszabályozók, DALI, DALI Multimaster, DALI Broadcast, DSI, 0-10V vezérlők, PWM szabályozók, hálózati és csatolóeszközök [potenciálmentes kontaktus, analóg 0-24VDC, IR, RS-232, RS-485 (Somfy, Modbus), BACNet, LON, KNX, DMX-512, TCP/IP (Ethernet), OPC], érzékelők és kezelőpanelek többféle megjelenésben. A hagyományos kezelőpaneleken kívül lehetőség van a rendszer kezelésére webböngészőn vagy okostelefonra, táblagépre letöltött alkalmazásokon keresztül is. A rendszer továbbá kiegészíthető a System Manager felügyeleti,

4. ábra *Recepció – Luminous Carpet, Luminous Patterns*

5. ábra *Recepció – Luminous Textile*

6. ábra *Luceplan Silenzio*

monitorálási, diagnosztikai, beavatkozó szoftverrel, amely az irodában kiépítésre is került.

Az OccuSwitch DALI rendszer abban különbözik egy hagyományos DALI rendszertől, hogy az OccuSwitch DALI rendszerben a vezérlő, tápegység és érzékelő egy eszközbe van integrálva és a rendszer nem igényel programozást, a szükséges beállításokat egy infra távirányító segítségével el lehet végezni. Kézi felülvezérlésre infra távirányítón vagy nyomógombcsatolón keresztül van lehetőség és ki lehet egészíteni a rendszert a jelenlétérzékelést potenciálmentes kontaktussá alakító eszközzel, mellyel kompatibilis árnyékolástechnikát vagy fancoil berendezést lehet vezérelni. Az érzékelőre kötött világítótesteket négy csoportba lehet osztani és a helyiség funkciójától függően kilenc működési mód közül lehet választani.

A SpaceWise vezeték nélküli Zigbee kommunikáción alapuló vezérlési rendszer. Minden világítótestbe be van építve egy multiszenzor, mely PIR jelenlétérzékelőt, fényérzékelőt, infrajelvevőt és egy antennát foglal magába. A SpaceWise rendszer konfigurálása nem igényel szakembert, azt a kivitelező vagy a végfelhasználó is el tudja végezni egy NFC és infrajeladásra alkalmas okostelefonra letöltött alkalmazás segítségével. A beállított automatikus működés kézi felülszabályozására kétféle, szintén vezeték nélküli, hordozható kezelőpanel áll rendelkezésre, melyből az egyik ki- és bekapcsolásra, illetve fel- és leszabályozásra használható, a másikra pedig 4 db világítási kép menthető. A kezelőpanelek nem rendelkeznek tápegységgel, a működésükhöz szükséges energiát kinetikus úton nyerik a gombok megnyomásával.

A Philips lakossági portfólióból kiválasztott lámpatestek a konyhában kerültek beépítésre és mind hagyományos foglalattal (E27 vagy GU10) rendelkeznek, melyekbe Hue White and Color Ambiance LED lámpákat szereltünk, valamint funkcionális és dekorációs világítási célokra Hue White and Color Ambiance LED szalagokat alkalmaztunk. A Hue White and Color Ambiance fényforrások bármilyen színhőmérsékletű fehér fényt és bármilyen színes fényt képesek sugározni. Vezérlés nélkül a fényforrások 2700K korrelált színhőmérsékletű meleg fehér fénnyel világítanak, vezérléssel okostelefonos alkalmazáson keresztül tetszőleges világítási képek állíthatók be. A rendszer kiegészíthető vezeték nélküli mozgásérzékelőkkel és fali kezelőpanellel. Az okostelefon Wi-Fi átjáróra csatlakoztatott Hue Bridgen keresztül kommunikál a fényforrásokkal. A Hue Bridge, Hue mozgásérzékelők és a Hue Tap kezelőpanel, valamint a fényforrások közötti kapcsolat vezeték nélküli Zigbee kommunikáció. A mozgásérzékelők tápellátását hosszú élettartamú telep, a kezelőpanel tápellátását a gombok megnyomásával nyert kinetikus energia adja.

Az egyterű irodarészek világítását Philips SlimBlend világítótestekkel valósítottuk meg. A világítótest a teljes felületén világít, mikrolencsés optikájának köszönhetően káprázáskorlátozása megfelel a képernyős munkahelyekkel szemben támasztott legmagasabb követelményeknek. A világítótest érdekessége, hogy a világító felületnek nincsen éles határa, hanem fokozatmentesen elhalványul a világítótest szélei felé, így szépen beleolvad a környező álmennyezet nem világító felületébe. Ezeknek a világítótesteknek a vezérlését az Interact Office Wireless rendszerrel oldottuk meg. A SpaceWise rendszerhez hasonlóan itt is minden világítótestbe be van építve egy multiszenzor, mely PIR jelenlétérzékelőt, fényérzékelőt, infrajelvevőt és egy antennát foglal magába és köztük Zigbee kommunikáció valósul meg. Különbség a SpaceWise rendszerhez képest, hogy itt a világítótestek vezeték nélküli átjárón és erre a célra konfigurált, az internetre csatlakoztatott útválasztón keresztül egy távoli szerverrel kommunikálnak. A világítási rendszer konfigurálása és monitorálása ezen keresztül történik. A világítási berendezés felhasználója webböngészőn keresztül bárhonnan elérheti a saját létesítményének(einek) alaprajzon megjelenő világítási rendszerét és azon keresztül monitorálhatja az energiafogyasztás, energiamegtakarítás és a helyiségek kihasználtságának alakulását.

A közlekedő területek világítását Philips LuxSpace sülylyesztett mélysugárzó világítótestekkel oldottuk meg. An-

7. ábra *Egyterű iroda – SlimBlend, Interact Office Wireless*

8. ábra *Egyterű iroda – SlimBlend, Interact Office Wireless*

9. ábra *PowerBalance*

10. ábra *SlimBlend Easysense érzékelővel*

nak érdekében, hogy vizuálisan illeszkedjen a sok helyen egyazon álmennyezeti mezőben lévő teljes felületén világító négyszögletes SlimBlend világítótestekhez, a mélysugárzó világítótestek formáját is négyszögletesre választottuk. Mivel ezek a világítótestek a közlekedőterületek fölött kerültek elhelyezésre, alkalmasnak találtuk az Indoor Positioning rendszer bemutatására. A rendszer a VLC (Visible Light Communication) technológiát használja. A világítótestek fényükkel nagy frekvenciás, az emberi szem által nem észlelhető, de egy okostelefon vagy táblagép kamerája által érzékelhető, egyedileg modulált kódot sugároznak. A világítótestek telepítését követő konfigurálás után a mobil eszközön futó alkalmazás ezen egyedi kódok alapján be tudja azonosítani a világítótestek és így az ember pozícióját a térben. A kiszolgáló szerver felhő alapú szolgáltatás, ezért a mobil eszköznek internetkapcsolattal kell rendelkeznie. A végfelhasználó ezt a platformot használva fejleszthet az igényeinek megfelelő szolgáltatást nyújtó alkalmazást iOS és Android készülékekhez.

Az egyetlen ablak nélküli tárgyalóhelyiségben került bemutatásra a Philips PowerBalance világítótest állítható színhőmérsékletű Tunable White típusa. A PowerBalance világítótest különleges optikai kialakításának köszönhetően 141 lm/W fényhasznosításával és UGR16 értékével az egyik legjobb hatásfokú világítótest, mely megfelel az irodai képernyős munkahelyekkel szemben támasztott

12. ábra *Konyha – Hue*

11. ábra *Konyha – Hue*

káprázáskorlátozási követelményeknek. Az állítható színhőmérsékletű világítótesttel szimulálni tudjuk a nap múlását, a napszakhoz és az ember bioritmusához illeszkedő világítási ciklust tudunk létrehozni vagy egyszerűen csak be tudjuk állítani az ízlésünknek, hangulatunknak, tevékenységünknek megfelelő színhőmérsékletet és megvilágítást. Bár a Dynalite DALI vezérlője képes kezelni DALI209 drivereket is, az állítható színhőmérsékletű PowerBalance világítótestben kétcsatornás DALI driver működteti a 2700K és 6400K korrelált színhőmérsékletű LED-eket, így egy világítótest két címet foglal el a DALI hálózaton.

Az iroda Újbudán az Office Garden 3 újonnan épült irodaházban valósult meg 2018-ban 653 bruttó m^2-en. A belsőépítész tervező a MádiLáncos Studio, villamostervező Gombás Lukács (Spányi Partners Zrt.), projektmenedzsment BlueWay Consultancy & Management Kft., a kivitelező pedig a Profi Generál Kft. volt.

A világítási berendezés összes beépített teljesítménye 8 836 W, ez 13,5 W/m^2-nek felel meg. A fényszabályozásnak köszönhető átlagos egyidejű teljesítmény 10 W/m^2 körül alakul.

Király Tamás
világítástervező

Király Tamás világítástervező. 2008-ban végzett a The University of Manchester Lighting Design szakán. Előtte szórakoztatóipari világítástechnikával, azóta jellemzően építészeti világítástechnikával foglalkozik. 2011 óta tulajdonosa és ügyvezetője a Luxcon Kft.-nek, melynek fő tevékenységi profilja a világítástervezés, programozás és világítástechnikai szaktanácsadás.

Villámok a múzeumban

Az Atomenergetikai Múzeumban (AEM) már több mint öt éve tartunk múzeumpedagógiai foglalkozásokat. Ez a tevékenység nemcsak az iskolai csoportoknak és nemcsak diákoknak szólhat, hanem minden korosztály számára érdekes lehet. Az intézményben az iskolásoknak szóló, a tananyaghoz többékevésbé illeszkedő programok mellett időnként tematikus fizikashow-k is helyet kapnak, amelyekkel szeretnénk minél több embert elérni. Ezek a programok ingyenesek, de regisztrációhoz kötöttek.

A legutóbbi ilyen – az őszi szünetben tartott – fizikashow alkalmával az elektromosság volt a témánk. A látogatók a dörzselektromosságot ismerhették meg egy Van de Graaff-generátor segítségével, maga a dörzselektromos jelenség szinte mindennap tapasztalható: időnként kicsit megráz az autó, tapasztalunk szikrákat a pulóverünk levetésekor vagy a gyerekek csúszdázásakor. Az említett hétköznapi jelenségek csak akkor jöhetnek létre, ha megfelelő anyagok súrlódnak egymáson, a feltöltött testek között viszonylag kicsi feszültség jön létre, a keletkező szikrák meglehetősen rövidek, többnyire csak érezzük, de nem látjuk. A fizikashow-n látott generátorral néhány ezer volt feszültséget tudunk előállítani, ezzel néhány centiméteres kisülések is láthatók. A kisülések során keletkező mikroamper nagyságrendű áram mellett akár meg is tapasztalhatták a bátrak azt, hogy milyen is ekkora feszültséggel testközelből találkozni.

Az egyenáram jellemzőit is vizsgáltuk. Itt tértünk ki az áram hatásaira, külön kiemelve az élettani hatást. A lépésfeszültség bemutatása talán meglepő volt többek számára, ugyanis egy virslibe áramot vezetve, majd világító LED-eket beleszúrva különböző helyzetben különböző fényt láthattunk, sőt bizonyos helyzetekben a LED nem is világított. Gyakorlatilag az azonos potenciálú pontokat is meg lehet keresni, illetve tapasztalható volt a vezetés során a feszültség változása.

A villamos energia előállítása és az áram szállítása miatt foglalkoztunk a váltakozó árammal is. Megvizsgáltuk a transzformátor működését. Egyszerű méréssel megnéztük, hogy a tekercsek menetszámával arányosan változtatható a feszültség. Kicsit átrendezve a tekercsek vasmagját, egy alumíniumkarikát a vasmagra helyezve Lenz-ágyút is készítettünk. A Lenz-törvény első olvasásra nehezen érthető, azonban ha lépésről lépésre megnézzük, hogy mi is történik, akkor egyrészt észrevesszük, hogy ahogy a természetben sehol, úgy az elektromágneses jelenségek során sem tapasztaljuk azt, hogy egy jellemző változása magától felerősödne, minden folyamat olyan következményekkel jár, amik gyengítik az

eredetit. Ha már elkezdtük az elektromos és a mágneses tér kapcsolatának vizsgálatát, rögtön megnéztük azt is, hogy a mágneses térnek is van energiája, mégpedig a korábban ellőtt karikát megtartottuk a bekapcsolt tekercs fölött. Néhány másodpercig tartva a karikát, az érezhetően felmelegedett anélkül, hogy közvetlenül feszültséget kapcsoltunk volna rá. Nyilván ez is egy meglehetősen összetett folyamat, de szerencsére könnyen megérthető a működése. Így felmerülhetett az a kérdés is, mi van, ha a karikát lehűtve helyezzük a vasmagra. Folyékony nitrogénnel közel –200 °C-ra hűtve a karikát szupravezetés ugyan még nem jön létre, de az biztos, hogy az ellenállás megváltozik. Így megismételve a kísérletet, a karika a korábbi, nagyjából 1 méteres emelkedés helyett akár 6 méter magasra is felrepülhet.

A bemutató végére tartogattuk a múzeumunk új Tesla-tekercsének bemutatását. Ez az eszköz nemcsak feszültségváltoztatásra használható, hanem a frekvencia is változtatható, és ezzel akár – ugyan nem túl változatos hangszínnel, de – zene is lejátszható.

A látogatók – felnőttek és gyerekek – az érdekes fizikakísérletek mellett a virtuális szemüveg segítségével sétát tehettek többek között a reaktor- és turbinacsarnokban, valamint a blokkvezénylőben, a kiterjesztett valóság alkalmazásával pedig 3D-ben ismerkedhettek a múzeum egyik legnagyobb műtárgyával, a FAUN vontatójárművel. A nagy érdeklődést mutatja, hogy Budapestről és Győrből is érkeztek vendégek.

Az AEM célja, hogy a természettudományokat és a fizikát közelebb vigye, látványos kísérletek által kézzelfoghatóbbá tegye a fiatalok számára, és szívesen jöjjenek a múzeumba, akár az iskolai szünetekben is.

A FIZIKA ATOMJÓ!

...KÜLÖNÖSEN, HA TESTKÖZELBŐL ÉLED ÁT A LEGIZGALMASABB KÍSÉRLETEKET...

TÉGED IS VÁR AZ INGYENESEN LÁTOGATHATÓ ATOMENERGETIKAI MÚZEUM!

További információ
a programokról:
75/505-059
atommuzeum@npp.hu
www.atomeromu.hu
www.facebook.com/paksiatomeromu

atomenergetikai múzeum

atom erőmű
mvm

múzeum pedagógia

Makai Zoltán

Szemelvények Máramaros megye villamosítása történetéből

1. ábra *Uzina Electrica Baia Mare*

2. ábra *A Kereszthegyi/ Nagybánya/ Vízturbina dongából készült elvízcsatornája*

Máramaros mint tájegység jelenleg Románia és Ukrajna területén fekszik, déli része Máramaros megye északi részét képezi, a megye székhelye Nagybánya. A vidék hegyei különös sajátosságokat kölcsönöznek a városnak, a hegycsoportok gazdag érctartalma a területet Románia egyik legnevezetesebb bányavidékévé tette.

A Kereszthegy (Dealul Crucii) alatt lévő kezdetleges bányatelepeken IV. Béla alatt behívott német telepesek alakították ki a városi életet. Az első 1327-ből való oklevél Szaszarbányának nevezi a helyet. A XIV. század derekától a város neve Asszonypataka (Rivulus Dominiáérum, németül Hungarisch-Neustadt). Hogy a Nagybánya elnevezés mikor szorította ki Asszonypataka ősi nevét, pontosan megmondani nem tudjuk.

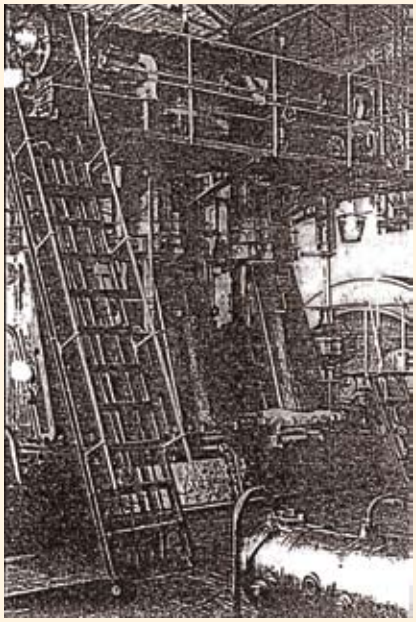
Nagybányától keletre a hegyek között fekszik Felsőbánya (Baia Sprie), mely fontos bányatelep. A Gutin hatalmas hegycsoportja déli lábánál fekszik Kapnikbánya (Cavnic), a megye másik fontos városa pedig Máramarossziget (Sighetul Marmatiei).

A VILLAMOSÍTÁS KEZDETEI

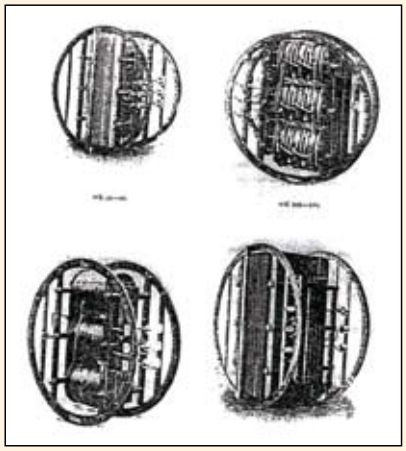
A villamosítás kezdetei a bányák villamosításához kötődtek. 1891-ben Verespatak völgyében (Valea Rosie) üzembe helyeztek két dízel áramfejlesztőt, ahonnan elláttak néhány fogyasztót Nagybánya régi városközpontjában is. 1894 és 1895 között a Teréz aknánál (Putul Terezia) üzembe helyeztek egy 75 lóerős gőzgépet, amely egy 550 V egyenáramú Ganz generátort működtetett. 1895-ben Felsőbányán üzembe helyeztek egy 6,6 kW-os és 110 V-os egyenáramú Ganz generátort, amely ellátta az ércmosót és a település tisztségviselőit. A Fernezei Völgyben (Valea Ferneziu), ahol a színesfémolvasztó működött, 1893-ban egy 28 lóerős vízturbinát helyeztek üzembe, amely egy 500 V-os egyenáramú generátort működtetett.

MEGKEZDŐDIK A TELEPÜLÉSEK VILLAMOSÍTÁSA

A Veres patak völgyében 1891-ben üzembe helyezett áramfejlesztő lehetővé tette Nagybánya régi városközpontjának áramellátását. Ezt az időpontot tekintjük az áramszolgáltatás kezdetének Nagybányán. Ez az áramfejlesztő egy tűzvész következtében tönkrement, helyén üzembe helyeztek két 150 LE-s áramfejlesztőt, amelyet gőzgép működtetett. A generátorok 500 V-os feszültségen termeltek. Ennek következtében kiépült egy háromfázisú 5000 V-os hálózat. A telepített transzformátorok 5/0,1 kV 42 Hz frekvencián üzemeltek. 1913-ban a régi villanytelepen beszereltek két Láng-Sulzer 300 LE-s motort, amely egy 5000 V-os 42 Hz frekvenciás generátort működtetett. Közben 1912-ben felépült egy 6 kV-os, 12 km hosszú vezeték Nagybánya és Felsőbánya között.



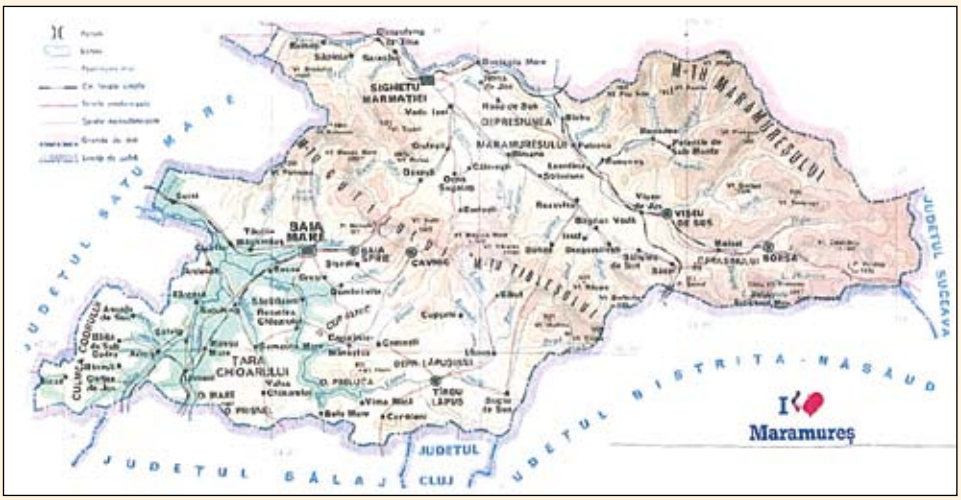
4. ábra *Nagybánya régi Villanytelepén 1913-ban helyezték üzembe a 2300 lóerős Láng-Sulzer Áramfejlesztőt*



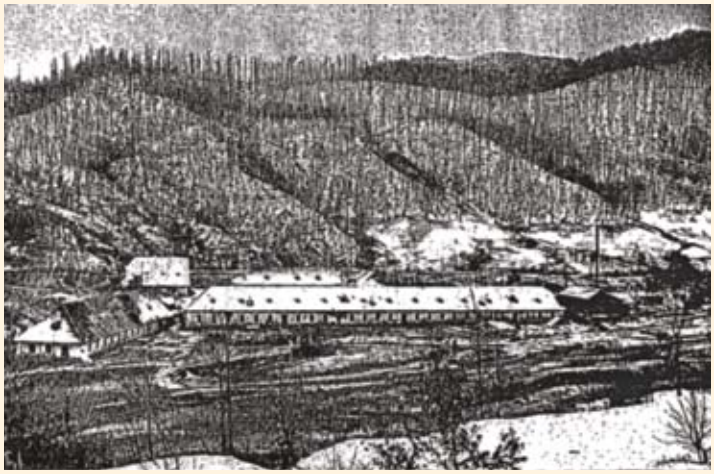
5. ábra *Nagybányán 1908-ban beszerelt háromfázisú száraz transzformátorok*

1894-ben Máramarosszigeten üzembe helyeztek egy villanytelepet, amelyben egy 400 LE-s hőerőmű működött. 1910-ben ez a telep kibővült.

Ugyanakkor egy speciális dízelegységet telepítettek be a máramarosszigeti Sómalomba. A városban ekkor épült ki a 2,1 kV háromfázisú rendszer, melynek hossza 1914-ben már 17 km volt. A hálózat 40 darab egyfázisú transzformátort táplált, amelyek összteljesítménye: 1167 kVA volt. Felső Visón (Viseu de Sus) 1906-ban üzembe helyeztek egy



3. ábra



6. ábra *A kép jobb oldalán látható az 1895-ben Felsőbányán üzembe helyezett Villanytelep Magas kéményével*

vízerőművet, amelyben egy Francis típusú Ganz vízturbina működött. A generátor teljesítménye 65 kW és 220/400 V feszültségen termelt. Ez a telep 1937-ig üzemelt.

1908-ban két áramfejlesztőt telepítettek Bórkút Völgyébe (Valea Borcutului). A generátorok teljesítménye 150 LE, kapocsfeszültsége 5000 V és a frekvencia 42 Hz volt.

ESEMÉNYEK AZ ELSŐ VILÁGHÁBORÚ UTÁN

A legjelentősebb eseményre 1928-ban került sor. A Phoenix vegyi gyárban üzembe helyeztek ipari célra két áramfejlesztőt. Egy 150 LE-s Wolf Diesel motort és generátort, illetve egy 160 LE-s Lanz Dieselt és generátort. Ezt a telepet 1930-ban kibővítették egy 300 LE-s és egy 400 LE-s Deutz géppel.

A régi villanytelep Nagybányán 1934 és 1936 között kibővült 8 darab 300 LE-s Jendrassyk típusú géppel. A generátorok 6000 V és 50 Hz frekvencián termeltek. A régi generátorokat áttekercselték 6000 V-ra és 50 Hz frekvenciára.

1926 után a Máramarosszigeti Villanytelep fokozatosan bővült, így 1938-ban teljesítménye már 727 kW lett. A felső-visói telep is bővült, ugyanis 1937-ben beszereltek egy 300 LE-s Francis típusú vízturbinát.

A bányák villanytelepei is fokozatosan bővültek, Bórkút völgyében 1934-ben a telep egy 440 LE-s géppel bővült. A Zazar bányáknál két gőzturbinát telepítettek, az egyik egy 500 LE-s BBC típusú, a másik pedig egy 1000 LE-s AEG típusú gőzturbina. A gőzt két kazán szolgáltatta, az egyik a Babkock Wilckox típusú, a másik pedig a Steinmüller kazán volt. Közben megkezdődött a vidéki bányásztelepülések villamosítása.

1936 és 1942 között kiépültek a 15 kV és 22 kV középfeszültségű vonalak a régió települései között. 1941 és 1942 között a Tisza vízgyűjtőjén több törpevízerőművet telepítettek, összteljesítményük elérte a 600 kW-ot.

ESEMÉNYEK A II. VILÁGHÁBORÚ UTÁN

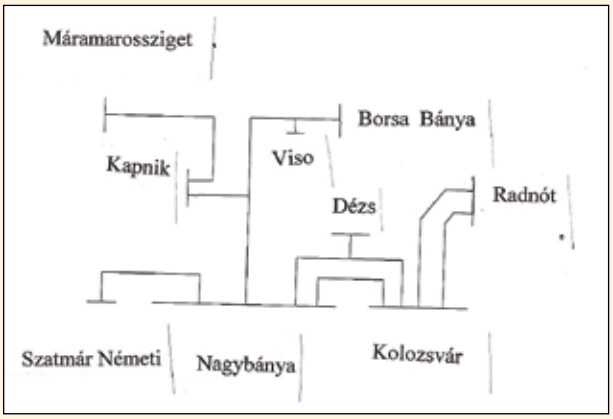
A II. világháború utáni években a legégetőbb feladat a háborús károk helyreállítása és a tüzelőanyag biztosítása volt a villanytelepek számára. Területi átszervezésre is sor került. 1948-ban megalakult a Kolozsvári Tartományi Villamossági Társaság, amelyhez Észak-Erdély jelentősebb villanytelepei tartoztak: Kolozsvár, Torda, Dézs, Szilágysomlyó, Szatmárnémeti és Nagybánya. A nagybányai kirendeltséget 1950. július 18-án átvette a Nagybányai Bánya Vállalat.

1950-ben megkezdődött egy dízel erőmű építése a Nagy-Bányai Villanytelepen. 1959-ben ennek az erőműnek a teljesítménye 16 MW-ra növekedett. Az erőműben öt, egyenként 2800 LE-s és egy 2100 LE-s Sulzer gép működött. 1949 és 1950 között a régi villanytelepen beszereltek két 510 LE-s MAN Dieselt gépet és egy 900 LE-s Sulzer egységet. 1956-ban a MAN Dieselt lecserélték és helyére egy 1360 LE-s Sulzer egységet telepítettek. A JENDRASSYK gépeket áthelyezik más bányákhoz. Helyükre egy 2800 LE-s Sulzer érkezett.

A Máramarosszigeti Villanytelepen egy új dízel erőmű épült, amelynek 1960-ban a teljesítménye 3560 kW. 1956-ban a nagybányai bányavidéken kiépült egy 35 kV-os hálózat, amelynek hossza 73 km és 12 alállomásból állt.

CSATLAKOZÁS AZ ORSZÁGOS VILLAMOSENERGETIKAI RENDSZERHEZ

Romániában 1950-ben kezdődött az Országos Villamosenergetikai Rendszer kiépítése. Új nagy teljesítményű erőművek épültek és kialakult egy 110 kV-os távvezeték rendszer. Máramaros megye 1959-ben csatlakozott ehhez a rendszerhez a Kolozsvár–Nagybánya 110 kV-os vonal üzembe helyezésével. 1963-ra felépült a Nagybánya–Szatmárnémeti, majd a Nagybánya–Kapnikbánya–Máramarossziget és Kapnikbánya–Felsővisó-Borsa 11o kV-os hálózat rendszer. Ugyanakkor felépült hat 110/35/6 kV-os alállomás. Ezzel befejeződött a térség teljes csatlakozása az Országos Villamosenergetikai Rendszerhez. A helyi villanytelepek fokozatosan elvesztik szerepüket és lassan a szanálás sorsára jutnak. Ezen fejlesztések eredményeként 1960. február 23-án megalakul a Nagybányai Tartományi Villamossági Vállalat, amely átveszi a régió összes villamosenergetikai egységének üzemeltetését.



7. ábra *Máramaros megye 110 kV-os hálózatának a sémája 1965-ben*

ZÁRSZÓ

Úgy gondolom, sikerült bemutatnom szemelvényeket Máramaros megye villamosításának történetéből. Megismertük a kezdeteket, egészen a térség csatlakozásáig az Országos Villamosenergetikai Rendszerhez. Összeállításomnak hézagpótló jellege is van. A térség további villamosításának a története már egy másik összeállítás témája lehet.

HIVATKOZÁS

Összeállításom Drăghici Ioan (János) nyugalmazott villamosmérnök román nyelvű kézirata alapján készült. Drăghici mérnök 1959 és 1999 között a Nagybányai Áramszolgáltató Vállalat tervező osztályán dolgozott. Ezúton is köszönöm segítségét. A román nyelvű kézirat nem található meg az interneten, jelenleg az én archívumomban van.

Összeállította: Makai Zoltán Nagyvárad

Szabó Gergő

Vissza a jövőbe, avagy százéves a GANZ KK

2019-ben lesz 100 éves a cég, amely közvetlenül az első világháború után alakult, és átvészelte a XX. század történelmi viharait. Azóta is töretlenül gyárt a Kőbányai úton. Gyárépülete hozzátartozik a városnegyed képéhez, rendíthetetlenül vigyázza az arra elhaladó lokálpatrióták mindennapjait.

A maradandó értékek jeligéje mellett tavaly óta új szelek fújnak a GANZ Kapcsoló- és Készülékgyártó Kft. berkeiben. A 2017-es tulajdonosváltást óriási várakozások övezték. Azóta elmondhatjuk, hogy az elmúlt másfél év újításai beváltották a hozzájuk fűzött reményeket és hozzák az eredményeket, és a társaság ismételten elindult a fejlődés és a bővülés útján.

A termékeiben és szolgáltatásaiban is megújuló cég újra gőzerővel halad előre mind a magyar, mind a nemzetközi piacokon. Az új menedzsment új utakat nyitott a vállalat előtt termékfejlesztés, folyamatoptimalizálás és partnerek tekintetében is: új szemléletet, s ezzel együtt hatalmas lendületet hozott a cég életébe.

„Legnagyobb értékünknek azt tartjuk, hogy erős történelmi és megkérdőjelezhetetlen szakmai alapokra építkezhetünk. Mindez összehangolva a jövő fejlesztéseivel, gyártástechnológiában és üzleti folyamatokban egyaránt olyan kombinációt alkot, mely hosszú távon is előre viszi a vállalatot a siker útján. Éppen ezért tartjuk fontosnak a századik születésnapunk méltó ünneplését, nemcsak az elmúlt évekre emlékezve, hanem a következő 100 évünket is előre jelezve."

A 100 éves cég a jubileum ünneplésére rendezvénysorozatot tervez, mely 2019 első negyedévében egy történelmi kiállítás megnyitójával indul, mely a vállalat múltját, jelenét és jövőjét is feltérképezi. Mindezek mellett a partnerekkel, kollégákkal és természetesen a villamosipari szakemberekkel is együtt ünnepel a cég a további rendezvényeken.

„Szakterületünk új ismereteivel részt kívánunk venni a VGKB Szakosztály tavaszi szakmai napján, valamint a Vándorgyűlésen. A tanév végén dolgozóinkkal ünneplünk, ősszel pedig további meglepetésekkel készülünk.

A következő 100 évre vonatkozóan első dobásunk az új termékvonal bevezetése, amely hiánypótló mágneskapcsoló sorozatunk vonatkozásában és régóta felmerülő igényekre adott választ a villamosiparban. A DLB sorozat termékei méretükben és teljesítménytartományukban is széles körű felhasználhatóságot biztosítanak a megszokott Ganz KK-minőség megtartása mellett.

Új üzletágként létrehoztuk a berendezésgyártás divíziót is, ahol főleg projekt alapon versenyzünk az építőiparban, közlekedésben és gépgyártásban, de jelen vagyunk energetikai szereplők projektjeiben is.

Terveink között szerepel a részvétel a duális képzésekben, illetve gyakornoki programok bevezetése is, mérnökeink tudományos munkájának szélesebb körű publikálása, illetve egy tudásközpont létrehozása, ahol teret kap az évtizedek óta felhalmozódott szaktudás. Együttműködéseinket kiterjesztjük az oktató intézményekre is, ahol a jövő villamosipari szakemberei növekednek. A fiatalok bevonzása mellett büszkék vagyunk rá, hogy olyan szakemberek is dolgoznak nálunk, akik akár 60 éve képviselik a céget termékmenedzsment szaktudással, de említhetném kolléganőnket, aki 17 évesen kezdett nálunk, és idén ősztől már nyugdíjasként folytatja pályafutását a cégnél és osztja meg tapasztalatait a fiatalabb korosztállyal.

Hiszünk abban, hogy azzal az eltökéltséggel, szorgalommal és tudással, amely ennek a nagy múltú cégnek a sajátja, komoly sikereket érünk el a XXI. században is."

Szabó Gergő
tulajdonos, ügyvezető

A világ első HVDC hálózata

A szélenergia hálózatalapú architektúrán át történő szállítása olyan stabil és megbízható áramellátást biztosít, amely kielégíti a 2022-es pekingi téli olimpiai játékok alatt jelentkező nagyobb villamosenergia-igényt is.

A Kína Peking-Tiencsin-Hopej régiójában épülő zhangbei-i nagyfeszültségű, egyenáramú (HVDC) villamosenergia-hálózat segítségével a távoli szél-, nap- és vízerőművekben termelt tiszta energiát integrálják a gyűrűs átviteli rendszerbe, amely biztosítja az energiaáramlás optimalizálását. Az egyedülálló „HVDC hálózatot" a világ egyik vezető villamos közművállalata, a State Grid of China (SGCC) tervezi. Az ABB számos kritikus elemet, így például HVDC Light szelepet, fali átvezetőket, transzformátorrészegységeket, nagyfeszültségű kondenzátorokat és teljesítményelektronikai félvezető készülékeket szállít a projekthez.

A nagy hatékonyságú HVDC technológia segítségével minimális veszteségek mellett lehet nagy mennyiségű villamos energiát nagy távolságra szállítani. Hagyományosan két pont közötti összekötő távvezetékeknél alkalmazzák, azonban a zhangbei-i kísérleti projekt egyedülálló a maga nemében, mivel egy hálózaton belül több állomás is össze lesz kötve, így optimalizálva a megújuló energiaforrások kihasználását és javítva az áramellátás megbízhatóságát. A helyi vállalatok mellett az

ABB szállítja a kulcsfontosságú berendezéseket ehhez a mérföldkőnek számító projekthez, amely a világ legnagyobb és legkorszerűbb feszültségforrás-átalakítóval (VSC) szerelt HVDC rendszere (VSC-HVDC) lesz. A rendszer egy gyűrűs hálózat segítségével négy állomást köt össze, és 4500 megawatt tiszta energia szállítására képes.

A HVDC technológia szabályozza a hálózati helyek közötti villamosenergia-áramlást, a villamos energia átvitelét nagyon kis veszteségek mellett biztosítja, és támogatja például a szigetüzemű szélerőművek feszültségét és frekvenciáját.

www.abb.com

Angyalföldön, a Tüzér utcában jártunk...

A Transzvill Mérőváltó Gyártó és Forgalmazó Zrt.-t látogatta meg a VGKB Szakosztály és a Nyugdíjasok KKP Szervezetének 17 fős küldöttsége 2018. november 14-én. Csoportunkat Tálosi István úr, vezérigazgató és vezető munkatársai fogadták.

Tálosi úr részletes előadásából megismerhettük a cég történetét, működésének főbb adatait, és termékeinek előállításába közvetlenül is betekinthettünk a gyárlátogatás során.

A cég honlapjának első mondata szerint céljuk: „az energiafelhasználók és elosztók kiszolgálása magas műszaki színvonalon mérőtranszformátorokkal és szigetelőkkel, műgyanta alkatrészekkel és egyéb termékekkel. A vállalkozás mögött jelentős múlt áll": gyökerei 1905-re, az AEG céggel való kapcsolatra ágaznak le. A következő évtizedek különböző erősáramú készülékek gyártásával teltek. A „Transzvill" elnevezés a 40-es évek végéről származik. 1964-ben a VBKM nagyvállalat tagja lett, az 1991-es privatizációt követően a Transzvill Rt.-ből kiválva önállósodott a Transzvill Mérőváltó Gyártó és Forgalmazó Zrt. (2006).

Tevékenységük fő területe kis- és középfeszültségű (0,2–40,5 kV) beltéri és kültéri, műgyanta szigetelésű áram- és feszültségváltók tervezése, gyártása. Igényre speciális kivitelű mérőtranszformátorok is készülhetnek. Akkreditált laboratóriumuk biztosítja az állami hitelesítés gyártást követő elvégzését. A másik termékcsoport a toroid és lemezes transzformátorok előállítása, szükség esetén műgyanta kiöntéssel, 5 VA és 2000 VA teljesítményhatárok közötti változatokban. Ezeken kívül vállalják különböző műgyanta alkatrészek és szerelési anyagok előállítását, valamint külső karbantartások és szerelések elvégzését, pl. KÖF berendezések felülvizsgálatát, üzembe helyezését.

Küldöttségünk – műszaki „vénájának" megfelelően – nagy érdeklődéssel tekintette meg a gyártási folyamatokat és berendezéseket. Csak felsorolásszerűen: a hagyományos, me-

legen vagy hidegen hengerelt lemezből vagy permalloy-ból készült vasmagok helyett az áramváltók mérőköreiben alkalmazott nanokristályos vasmagok relatív permeabilitása – 0,4 T indukciónál – százezres nagysággal meghaladja az említettekét. A toroidtekercselést végrehajtó félautomata gép, valamint a feszültségváltók sokmenetes tekercseit (7 kV átütési szilárdsággal rendelkező papírszigetelő rétegekkel, 0,07 mm-es vastagsággal) gyártó berendezés, szabadtéri és beltéri epoxi műgyanta felhasználásával a mérőváltók ADG gépeken való kiöntése, végül a nagyfeszültségű vizsgáló laboratórium kötötte le leginkább szakembereink figyelmét.

Vezérigazgató úrnak és munkatársainak ezúton mondunk köszönetet a fogadásért, a bemutatásért, s azért, hogy szívesen fogadták „okvetetlenkedő" kérdéseinket.

Lieli György
VGKB Szakosztály

Szakmai előadás Szegeden: a Nemzeti Közművek jelenéről és jövőjéről

A Nemzeti Közművek aktualitásai, eredmények, kihívások, stratégiai irányok…

Az előadó, Hiezl Gábor

Nagy várakozás előzte meg a 2018. november 22-ére meghirdetett MEE szakmai előadást Szegeden. A Nemzeti Közművek Zrt. (továbbiakban: NKM) vezérigazgatóját, Hiezl Gábort vártuk, hogy a címben rögzített témákba adjon a résztvevőknek bepillantást és eligazodást.

A Nemzeti Közművek Áramszolgáltató Zrt. szegedi díszterme ennek a nagy érdeklődésnek köszönhetően zsúfolásig megtelt. Ami első látásra az újonnan érkezőknek feltűnhetett, hogy aktív és nyugdíjas korú, fiatal és idősebb kollégák egyaránt részesei akartak lenni ennek a találkozásnak. A mai találkozás különlegességét természetesen az is fokozta, hogy az előadó első munkahelye éppen itt Szegeden a DÉMÁSZ volt.

Az előadó rövid bevezetőjében fentieket külön is kiemelve köszöntötte volt kollégáit, korábbi vezetőit, és örömmel emelte ki családja háromgenerációs DÉMÁSZ-os múltját. Rövid történeti áttekintését három fontos tényező köré csoportosította. Hogyan jutottak ide, és hol tartanak jelenleg. Milyen további feladatokat és kihívásokat kell teljesíteniük és milyen szabályozási változtatásokat terveznek és tartanak fontosnak terveik maradéktalan megvalósításához.

A hallgatóság egy csoportja

Kiemelte rendkívüli felelősségüket a mintegy 4–4,5 millió ügyfél villamosenergia-, gáz- és a távhőszolgáltatásának megfelelő színvonalú ellátásában. Meghatározó fontosságúnak nevezte, hogy egy kézből tudják ezeket a szolgáltatásukat ügyfélpartnereiknek biztosítani. Ennek gyakorlati megvalósítása az előadó szerint 2019 végéig meg fog történni. Az előadó tájékoztatást adott még az NKM-nek az energiapiacon betöltött szerepéről és helyéről, a hálózati eszközstratégiai projektről, a pénzügyi források célszerű felhasználásáról. Az egyik legnagyobb kihívásként beszélt az előadó a munkaerő rendelkezésre állásáról, az ezzel kapcsolatos nehézségekről és a szükséges változtatásokról. Részletesen szólt az ügyfélkapcsolati tevékenységről, ennek optimalizálásáról és az ezzel kapcsolatos első lépésekről.

Szólt a vállalatok szükséges integrációjáról. Kitért az ehhez kapcsolódó projektek (UNITY, MAVIS projekt) jelentőségére és beszélt az irányítási modell átalakításának szükségességéről is. Kifejtette álláspontját a „mérő mögötti világ"-gal kapcsolatos konkrét elképzeléseikről, a valószínűsíthetően változó elvárások, igények kielégítésének jelentőségéről is.

Kiemelten foglalkozott a munkavédelem kérdésével és a balesetek megelőzésének rendkívüli fontosságával.

Az előadó a digitalizációval kapcsolatosan elmondta, hogy fontos és szükséges változtatások egész sorát jelentheti a külső és belső digitalizáció jövőbeni elvárásainak teljesítése.

A szabályozások területén a szükséges változtatásokkal kapcsolatosan is a témák sokaságát vetette fel az előadó. Többek között a szerződéskötéseknél mind a mai napig gyakorlatnak számító, papír alapú megjelenítést, vagy éppen az „okos" mérés évenkénti leolvasásának – változtatás nélküli – mai gyakorlatát.

Hozzászóló, Libor József

Hozzászóló, Kruzslicz István

Az előadás után következtek a hallgatóság kérdései. A felvetett kérdések ez alkalommal is a nagyfokú és a részletekbe menő őszinte érdeklődést jelezték. Többek között:

- az ONLINE regisztráció még fellelhető „furcsaságai"
- az új korszerű mérőberendezések – régi gyakorlatnak megfelelő – rendszeres helyszíni ellenőrzése
- a napelemek által termelt villamos energia fogadása, kapcsolatos visszásságok
- a digitalizáció nem elégséges ütemű fejlődése
- az „E-számlázás" még kialakulás alatt álló visszásságai
- az „ügyfélszolgálat" valószínűsíthetően nem megfelelő pontosságú adatbázisának következményei.

Az előadó a felvetett kérdésekre kielégítő és a hallgatóság részére érthető választ adott.

Arany László
Szeged

Dr. Nagy Lóránt
1948-2018

Az Óbudai Egyetem Kandó Villamosmérnöki Kar Automatika Intézet volt igazgatója december 11-én elhunyt.

Nagy Lóránt 1971-ben szerzett villamosmérnöki diplomát a BME-n a Villamos gépek és készülékek szakon. Első munkahelye a Kandó Kálmán Műszaki Főiskola, de másodállásban három éven keresztül dolgozott a Ganz Villamossági Műveknél, ahol az ipari gyakorlat megszerzéséért villamos gépek számítógépes tervezésével foglalkozott.

1977-ben a BME irányítástechnika szakán szakmérnöki oklevelet, majd 1985-ben egyetemi doktori címet szerzett. Doktori értekezésének címe: „Aszinkron motorok nyomatékfordulatszám karakterisztikájának mérése". Az itt kidolgozott elvek alapján gyorsulásmérő berendezésre szabadalmat dolgozott ki. Kezdettől fogva a Főiskola Automatika Intézetének tagja, 1986 óta docensként, majd a Villamosgépek Szakcsoport vezetőjeként, igazgatóhelyettesként, majd 2007-2013 között igazgatóként vett részt az intézet munkájában, illetve irányításában. Szakterülete a villamos gépek és az automatizálás villamos gépein kívül az e területhez kapcsolódó méréstechnika, teljesítményelektronika és szabályozások oktatása és fejlesztése.

E területről több cikke jelent meg az Elektrotechnika folyóiratban. Kidolgozta a külföldi hallgatók oktatási programját és ennek alapján angol nyelven oktatta az Electrical Machines tárgyat.

Számos szabadforgalmú könyv (Villamosgépek példatár, Villamosgépek, Járművillamosság, Elektrotechnika), valamint főiskolai és egyetemi jegyzet (Villamos-gépek, Automatizálás villamosgépei, Különleges villamos gépek, mérési útmutatók) szerzője, szerkesztője, illetve társszerzője volt.

Nagy Lóránt 1978-tól haláláig MEE egyesületi tag volt, az üzemi szervezet munkájában mindig aktívan részt vett, jó kapcsolatot épített ki az egyesületi, illetve szakmai körökkel. 2010-ben Liska-díjat kapott.

Tevékenysége folyamatosan a villamos gépes szakmai kultúra fenntartására, a hallgatókkal történő megismertetésére irányult.

Farkas András
MEE üzemi szervezet titkár

Dr. Horváth Tibor
professzor emeritus
1928-2018

Búcsúzunk!
Dr. Horváth Tibor 68 éven át állt a műegyetemi katedrán. Tudományos kutató és szigorú tanár, oktató és nevelő volt egész életében. Mintegy 15 ezer tanítványa közül több mint 100 diplomázó, illetve doktoráló hallgatója végzett közvetlen irányítása alatt. A sokoldalú gyakorlat, valamint a kiváló elődök (Öveges József, Verebélÿ László) példája segítette abban, hogy kitűnő előadó vált belőle.

1960-ban a műszaki tudomány kandidátusa lett, majd 1974-ben megszerezte a műszaki tudomány doktora tudományos fokozatot, és egyetemi tanár lett. 1967-től a Nagyfeszültségű Technika Tanszék vezetője. 17 éven át az Erősáramú Intézet igazgatóhelyettese, 1985 és 1988 között pedig igazgatója volt. A Budapesti Villámvédelmi Iskola megalapítója, szervezője és vezetője. 1998-tól volt professzor emeritus.

Tudományos kutató munkájának középpontjában kezdettől fogva a villámkutatás és villámvédelem állt. Legjelentősebb tudományos eredménye a villám becsapási helyét valószínűségi alapon tárgyaló elmélet és számítási módszer, amelynek első változatát az 1960-as évek elején dolgozta ki. Létrehozta a Valószínűséggel Súlyozott Vonzási Tér elméletét, amely számítógép felhasználásával szinte korlátlan lehetőségeket nyit meg a villámhárítók hatékonyságának, illetve a kockázatnak a numerikus kiértékelésére. A világon elsőként vezette be a villámhárítók szerkesztésére a „gördülő gömb" eljárást, amely a magyar villámvédelmi szabványokban 1962 óta szerepel. Mára ezt az eljárást már világszerte elfogadták, és széles körben használják.

Nemzetközi figyelmet kiváltó eredményei voltak a nagyfeszültségű technika, a szigeteléstechnika, az ipari elektrosztatika és a szabadvezetékek villamos és mágneses erőterének számítása területén is. 4 nyelven jelent meg közel 200 publikációja, valamint 19 könyve. Több mint 50 ismeretterjesztő cikket és könyvet írt. Kiemelt figyelmet fordított a magyar nyelv művelésére, helyes használatára szóban és írásban egyaránt. Igazi polihisztor volt, nagyon érdekelte a történelem, az irodalom, és rendkívül fontosnak tartotta a magyar nyelv helyes használatát és folyamatos művelését.

Egyetemi hallgatóként lépett be a Magyar Elektrotechnikai Egyesületbe. Folyamatos közéleti munkáján túl megalapította és vezette a Villámvédelmi Szakbizottságot. Aktív résztvevője volt mind a nemzetközi, mind pedig a hazai szabványosítási munkának. 16 villámvédelmi konferenciát szervezett az Egyesületben, ezzel elősegítve a túlfeszültségvédelmi szakmakultúra itthoni terjesztését. Tevékeny tagja volt az egyesület Technikatörténeti Bizottságának és jelentős szerepe volt a Magyar Elektrotechnikai Múzeum kialakításában. Társszerzője volt a Magyar Elektrotechnika Története című könyvnek. Hosszú ideig volt az egyesület társelnöke, 1992 és 1994 között a Magyar Elektrotechnikai Egyesület elnökének, 1994-ben pedig tiszteletbeli elnökének választották. Több mint 40 éve tagja az Elektrotechnika szakmai folyóirat Szerkesztő Bizottságának.

Nemzetközi tudományos és szakmai szervezetekben (IEC, ISH) végzett munkái mellett a villámvédelmi világszervezet (ICLP) elnöke volt 1981-1985 és 1994-1996 között. 1969-ben, 1981-ben és 1994-ben Magyarország rendezte a villámvédelmi világkonferenciát. E konferenciasorozaton 1963 óta minden alkalommal jelen volt, és összesen 39 előadást is tartott.

Oktatói és kutatói munkáját számos állami és szakmai kitüntetés mellett a Magyar Elektrotechnikai Egyesület Bláthy-díj, Verebélÿ-díj, Zipernowsky-díj és az Elektrotechnika Nagydíj adományozásával ismerte el.

90. születésnapján hazai és külföldi barátai, tanítványai és tisztelői a szakma doyenjeként köszöntötték a Műegyetemen.

Életének utolsó napjaiban is 20. könyvén – az „ABC of Lightning Interception" című, életművét összefoglaló angol nyelvű könyvön – dolgozott. E könyv lényege a villám felfogásának új filozófiája. Tanítványainak feladata, hogy Horváth professzor úr könyvét befejezzék, és munkáját a jövőben is folytassák.

Horváth professzor úr 2005-ben, az MEE Elektrotechnika Nagydíja átvételekor a következőket mondta:

„Az embert az emeli ki az élővilágból, hogy munkájának eredményei nem tűnnek el az életével, hanem utódaiban folytatódnak. Egy tanár munkájának eredménye tanítványaiban, sőt tanítványainak tanítványaiban testesül meg."

Személyes példájából tanultunk, örökségét megőrizzük, munkáját tovább folytatjuk és továbbadjuk a következő generációknak.

Kiss István tanszékvezető egyetemi docens
és Berta István egyetemi tanár
BME Villamos Energetika Tanszék

Borkovits György
1937-2018

Egy sikeres mérnöki pályafutást követően 2018. december 5-én békésen távozott közülünk Borkovits György, a DÉDÁSZ Rt. Fejlesztési Igazgatóságának műszaki fejlesztési szakfőmérnöke, tanácsosa, a MEE szaktanácsadója.

1955-ben, fizikai munkával kezdte pályafutását a Dél-Dunántúli Áramszolgáltató Vállalatnál. Időközben elvégezte a Villamosipari Technikumot, majd kétéves katonai szolgálat után a Budapesti Műszaki Egyetemen erősáramú villamosmérnöki diplomát szerzett. A diploma megszerzéséig a DÉDÁSZ Vállalat szinte minden területén dolgozott, 1964-ben került hálózatfejlesztői munkakörbe. Először a Vállalati Központ Műszaki Fejlesztési Osztályán, átszervezés után a Műszaki Fejlesztési Főosztályán, majd a részvénytársasággá alakulást követően a Fejlesztési Igazgatóságon dolgozott.

Az 1966-ban indult DÉDÁSZ Híradó üzemi lap alapító tagja, szerkesztője és fotósa, számtalan cikk szerzője volt nyugdíjba vonulásáig. 1970-től a MEE tagja, 1977-től műszaki fejlesztési szakfőmérnök, tanácsos.

A Pécsen 1977 óta épülő új lakótelepek közműalagút-közműfolyosós (KAF) villamos hálózatának kialakításában jelentős szerepet vállalt, 1975-ben az akkori NDK-ban (Lipcsében, Hallében, Jena-Lobedában) egyhetes tanulmányúton szerezte meg az ehhez szükséges ismereteket. 1976-ban a MEE pécsi szervezetének kiírásában szervezett pályázaton „A KAF rendszerű villamosenergia ellátás tervezése, kivitelezése, üzemeltetése." c. pályamunkájával II. díjat nyert. A KAF munkabizottságának vezetője. 1981-ben a MEE Debreceni Vándorgyűlésén a „KAF rendszerű villamosenergia ellátás" c. előadásáért MEE Nívódíjban részesült. Hálózatfejlesztői tevékenységének keze nyomát viseli a mai napig a Balaton déli partjának középfeszültségű kábelhálózata Aligától Balatongyörökig, továbbá Siófok és Keszthely városok „szépen" kialakított elosztóhálózatai.

A közvilágítás témakörével 1973-tól foglalkozott. 1974-ben elkészítette a „Pécs város korszerűsítése" c. tanulmányt (MEE) a Pécsi Városi Tanács részére. A DÉDÁSZ Rt. közvilágítási szakreferense, a MEE Világítástechnikai Társaság „Külső Kapcsolatok Bizottsága" szakbizottság tagja, valamint a MEE pécsi szervezete közvilágítási munkabizottságának vezetője.

Az Ipari Minisztérium kiváló dolgozó címmel tüntette ki. Jelentős szerepet vállalt az 1987-ben készült „Pécs város közvilágításának fejlesztése" c. MEE-tanulmány készítésében (Ütemezett nátriumosítási program a közvilágítási számla csökkentése érdekében). A közvilágítási témában hazai és nemzetközi konferenciákon számos előadást tartott, amelyeket saját fotóival illusztrált (I. Nemzetközi Világítástechnikai Ankét – Berlin 1989, LUX EUROPA – Edinburgh 1993, Right Light – Arnhem 1993, Bath 1996).

1991-ben a DÉDÁSZ Rt. Alkotói Díjban részesítette. A szakmai zsűri a díj odaítélésekor az alábbi állásfoglalást tette: „Tevékenységével, innovatív magatartásával nagymértékben segítette az elmúlt évek során a vállalat szolgáltatási színvonalának javítását, a gazdálkodás hatékonyságát, és a műszaki kulturáltságot. Fejlesztési tevékenysége kiemelkedő, munkaköri tevékenységén messze túlmutató."

1993-ban a Schréder Világítástechnikai pályázaton „Pécs, Széchenyi tér köz- és díszvilágítása" pályamunkájával „Schréder Díj 93" díjat nyert.

1995-ben a MEE Kandó-díjban részesítette a közvilágítás terén végzett tevékenységéért és az e témában nemzetközi konferenciákon tartott előadásai elismeréseként.

Pályafutása során szívesen osztotta meg tapasztalatait kollégáival, az üzleti partnerekkel, elismert szakembere volt az általa képviselt szakterületeknek, segítségére mindig lehetett számítani.

Nyugdíjba vonulását követően is szakszervezeti tag és MEE- tag maradt. Figyelemmel kísérte a szakmai híreket, valamint a fotóművészet fejlődését és követte a jelentősebb kerékpárversenyeket, hiszen az 50-es évek közepén kiemelkedően sikeres kerékpárversenyző, országos bajnok volt.

Kollégái, barátai a mai napig szívesen emlékeznek vissza diavetítéssel kísért úti élmény beszámolóira, a György napok finomságaira, színes egyéniségére.

MEE Pécsi Szervezete

A MEE bálja kiváló lehetőség a baráti és az üzleti kapcsolatok ápolására és mélyítésére...

Tavaly közel 150 villamos szakember minket választott februárban...

FOLYTATÁSÉRT LAPOZZON

26.
EGYESÜLETI BÁL
Bálozzon velünk!
2019. február 2.
MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET
MEE
1900
26. ALKALOMMAL RENDEZZÜK MEG A MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET BÁLJÁT!
DANUBIUS HOTEL GELLÉRT, BUDAPEST WWW.MEE.HU