



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

**DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISFÜZETE**

BAGI TAMÁS ZOLTÁN

A távvezetéki sodronyok jegesedésének
kísérleti és numerikus analízissel
történő vizsgálata

Témavezető: Dr. Morva György, c. egyetemi tanár

**BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA**

Budapest, 2021. október

Tartalomjegyzék

1. Summary	3
2. A kutatás előzményei, célkitűzések, hipotézisek	4
3. Vizsgálati módszerek	5
4. Új tudományos eredmények.....	6
5. Az eredmények hasznosítási lehetősége	8
6. Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék	9
7. Publikációk.....	15
7.1. A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények	15
7.2. További tudományos közlemények (opcionális)	16

1. Summary

My research topic relates to improving the security of electricity supply. I am investigating how extreme weather conditions affect the safe operation of the Hungarian electricity system, the methods by which the transmission line damage (collapse of high-voltage power towers, ruptures of wires) caused by frequent icing (sleet) can be reduced, i.e. in extreme weather conditions, what are the procedures for avoiding system collapse, reducing damage and facilitating the rapid recovery of constituents.

During my research work, I examined, by means of real power lines and laboratory measurements and numerical simulations (finite element method), the amount of current induced in protective conductors as a result of zero sequence supply, the heating of the wires, taking into account the current and environmental meteorological effects, the process of ice melting.

The results obtained by finite element analysis were validated by the measurements carried out.

2. A kutatás előzményei, célkitűzések, hipotézisek

A sodronyok jegesedése által előidézett üzemzavarok veszélyeztetik a hazai villamosenergia-ellátás biztonságát és a nemzetközi összeköttetéseket. Az általam végzett kutatómunka célja olyan eljárás kidolgozása a védővezető sodronyok jégtelenítésére, amellyel csökkenteni lehet a károk mértékét, és elősegíteni a rendszerelemek minél gyorsabb helyreállítását. A vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalom áttanulmányozása után az alábbi hipotéziseket állítottam fel.

HIPOTÉZIS I.

Létrehozható egy távvezeték modell, amelynek alkalmazásával lehetővé válik a villamosenergia-átviteli és –elosztóhálózati rendszer villamos és termikus modellezése az átviteli kapacitás, rétegáramok és teljesítmények, valamint a kialakuló sodronyhőmérsékletek tekintetében.

HIPOTÉZIS II.

Kidolgozható egy új eljárás, amely az átviteli és elosztóhálózatokon alkalmazott távvezetéki oszlopok védővezetőinek jégmentesítésére szolgál. Az eljárás kidolgozásánál figyelembe kell venni, hogy Magyarországon, a nagyfeszültségű hálózatokon alkalmazott védővezetők hatásosan földelt rendszerűek, így normál üzemállapot esetén a védővezetőben nem folyik áram. Az eljárás fogja meghatározni a jégolvasztáshoz szükséges áramot, az áramátfolyás időtartamát és azt a folyamatot, amellyel a szükséges áramerősség létrehozható a védővezetőkben. Az eljáráshoz ki kell dolgozni egy univerzális egyenletrendszert, amellyel tetszőleges oszlopok és tetszőleges oszlopközök esetén kiszámítható a védővezetőben folyó áram nagysága.

HIPOTÉZIS III.

Kidolgozható egy új jégolvasztási algoritmus, amely a célirányosan elhelyezett smart meteorológiai érzékelők adataira és az átviteli rendszerirányítók SCADA csatornákon beérkező valós terhelési adataira, valamint az adott összeköttetés fizikai paramétereire épülhet. Az algoritmus tegye lehetővé, hogy az átviteli és elosztóhálózatokon fellépő üzemzavar (jegesedés) elkerülhető legyen, illetve a már bekövetkezett hiba rövid időn belül elhárítható legyen.

HIPOTÉZIS IV.

Új szimulációs szoftver fejleszthető ki, amely alkalmas a tetszőleges ACSR sodrony melegeedésének, és rétegáramainak meghatározására a ráadott terhelés és az adott környezeti paraméterek figyelembevételével. Az eredmények grafikus és analitikus módon is legyenek megjeleníthetőek.

3. Vizsgálati módszerek

Kutatómunkám során vizsgáltam a zérussorrendű megtáplálás hatására a védővezetőkben indukálódó áram nagyságát, a sodronyok melegedését az áram és a környezeti meteorológiai hatások figyelembevételével, a jégolvasztás folyamatát. A numerikus analízissel kapott eredményeket mérésekkel validáltam.

A vizsgálatokhoz alkalmazott módszereket, és az ezekhez használt szoftver-rendszereket, a numerikus analízishez kifejlesztett programokat úgy választottam meg, hogy az általam kidolgozott különféle szimulációs modellek vizsgálatára alkalmasak legyenek.

A zérus sorrendű áram indukciójának szimulációjára kifejlesztett távvezetési ZSCiGW távvezetési modellt az ATP-EMTP programrendszer segítségével vizsgáltam. A védővezető hőegyensúly számítására, a keresztmetszet mentén a hőmérséklet eloszlás vizsgálatára kifejlesztett TDNwA modellt pedig a LabVIEW-ban kifejlesztett szimulációs keretrendszer alkalmazásával vizsgáltam. A jegesedési problémák, ezen belül a sodronyok melegítésével történő jégolvasztásának FEdA számítógépes szimulációjával kapcsolatos vizsgálatokat végelemes módszerrel végeztem, amelyhez az ANSYS 2020 R2 végelemes szoftverrendszert használtam.

A különféle szimulációkkal kapott eredményeket – ahol csak lehetőség volt rá - összevettem a valóságos nagyfeszültségű távvezetéken mért eredményekkel és a laboratóriumi mérési eredményekkel, így módon validáltam azokat. A vizsgálati eredményeket analitikusan és grafikusán is ismertettem.

4. Új tudományos eredmények

1. tézis: Az ATP-EMTP szimulációs rendszerben kidolgoztam az új ZSCiGW (Zero Sequence Component in Ground Wire) modellezési eljárást, amely az átviteli és elosztóhálózatokon alkalmazott távvezetékek védővezetőiben létrehozható áram nagyságának meghatározására szolgál. Az eljárás kidolgozásánál figyelembe vettem, hogy Magyarországon, a nagyfeszültségű hálózatokon alkalmazott oszlopok és védővezetők hatásosan földelt rendszerűek, így normál üzemállapot esetén a védővezetőben nem folyik áram. Az eljáráshoz kidolgozott szimulációs környezet tetszőleges típusú oszlopok és tetszőleges oszlopközök esetén is alkalmas a védővezetőben folyó áram meghatározására. A számítógépes szimulációval kapott eredményeket analitikus számítással, valamint valóságos távvezetéken történt mérés segítségével validáltam. [43], [44], [54]

2. tézis: A ZSCiGW modellel végzett szimuláció és a mérések alapján megállapítottam, hogy a nagyfeszültségű távvezetékek védővezetőiben zérus sorrendű megtáplálás esetén a fázisvezetőkben folyó áram (I_0) mintegy 60 %-a mérhető, ezért az ilyen elrendezéssel megvalósítható a védővezető(k) jégtelenítése. [43], [44], [54]

3. tézis: Létrehoztam egy komplex villamos és hőtani távvezetési modellt, valamint új szimulációs szoftvert (TDNwa – Transmission and Distribution Network algorithm) fejlesztettem ki a National Instruments LABVIEW moduláris programkörnyezetben. A blokkokból kialakított program a célirányosan elhelyezett smart meteorológiai érzékelők adataira és az átviteli rendszerirányítók SCADA csatornákon beérkező valós terhelési adataira, valamint az adott összeköttetés fizikai paramétereire épül, alkalmas tetszőleges ACSR sodrony melegedésének, és rétegáramainak meghatározására a ráadott terhelés függvényében. Az eredmények grafikus és analitikus módon is megjeleníthetőek, melynek alkalmazásával lehetővé vált a villamosenergia-átviteli és –elosztóhálózati rendszer villamos és termikus modellezése átviteli kapacitás, rétegáramok és teljesítmények, valamint a kialakuló sodronyhőmérsékletek tekintetében. A számítógépes szimulációval kapott eredményeket laboratóriumi méréssel validáltam. [56], [64]

4. tézis A FEdA (Finite Element deicing Analysis) végelelemes szimulációs vizsgálatokat olyan, termikus és mechanikai szempontból is több lépésben finomított VEM modellt fejlesztettem ki, amely során az ACSR sodronyokat nem tömör rúdként, hanem az acélsodrony és alumíniumkoszorú tényleges kialakításával vettem figyelembe, a melegedés egy kapcsolt hőtani-villamos számításra alapul, a jegesedést pedig három különböző jégalakokkal modelleztem (szimmetrikus körgyűrű alakú jég, aszimmetrikus kialakítású jég, valamint a valóságos esetekhez hasonló komplex geometriai kialakítású ún. „rűcskös” jég). A FEdA modell a szimuláció során figyelembe tudja venni az olvadás miatti tömeg- és geometriai változást is. A szimulációval kapott eredményeket ebben az esetben is laboratóriumi sodrony melegedési és jégolvadási mérés segítségével validáltam. [55], [56]

5. tézis A FEdA szimuláció során a jégolvadás folyamatának elemzését mesterségesen kialakított jég térfogatának változásával vizsgáltam. A védővezetőn kialakult különböző alakú jégrétegek hőmérsékletváltozását vizsgálva (amelynek során az olvadás bekövetkezik) megállapíthatjuk, hogy terheletlen fázisvezetőkön képződött mindhárom vizsgált jégmodell esetében közel azonos olvadási görbét kapunk, tehát megállapítható, hogy a jegesedés vizsgált alakjának, nincs jelentős befolyása a jégolvasztás folyamatára. [55], [56]

5. Az eredmények hasznosítási lehetősége

A megbízható, modern és kiemelten jó minőségű energiaellátás biztosítása nemzetgazdasági szempontból kiemelten fontos. Ugyanakkor azt tapasztaljuk, hogy a szélsőséges időjárási körülmények egyre gyakrabban veszélyeztetik a villamosenergia-rendszer biztonságos üzemvitelét az átviteli és az elosztóhálózatokon. Kutatási eredményeimmel a villamosenergia-ellátás biztonságának javításához szeretnék hozzájárulni.

Kutatómunkám során létrehoztam a távvezetéki sodronyok olyan villamos- és hőtani modelljeit, amelyekkel — különféle programrendszerek segítségével — szimulálni tudtam a zérussorrendű megtáplálás hatására a védővezetőkben indukálódó áram nagyságát, a sodronyok melegedését az áram és a környezeti meteorológiai hatások figyelembevételével, a jégolvasztás folyamatát. Javaslatot tettem professzionális meteorológiai előrejelző rendszer kialakítására. A numerikus analízissel kapott eredményeket mérésekkel validáltam.

Kutatómunkám folytatása során további mérésekkel és szimulációkkal szeretném vizsgálni, hogy a zérussorrendű megtáplálás hatására a védővezetőkben folyó áram nagyságát hogyan befolyásolja

- az oszlopok különféle konstrukciója
- a távvezetékek (oszlopok, szerelvények stb.) életkora, korróziós állapota, a földelések állapota stb.
- a terület domborzata
- a hálózatkép változása (felhasítások, T-leágazás)

A zérussorrendű megtáplálás hatásainak méréséhez szükség lesz a MAVIR és/vagy az áramszolgáltatók segítő közreműködésére.

További hasznos vizsgálat lehet régi távvezetékek esetén HTLS sodrony alkalmazása az átviteli kapacitás növelésére és ennek hatása a védővezető sodronyok jegesedésére.

Ezekkel a vizsgálatokkal is szeretném csökkenteni a jegesedések (ónos esők) által előidézett távvezetési károsodások mértékét.

6. Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék

- [1] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium: Nemzeti Energiastratégia 2030, Budapest, 2012, ISBN 978-963-89328-1-5 és
Innovációs és Technológiai Minisztérium: Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig, 2020. január, <https://www.enhat.mekh.hu/strategiak> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [2] A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2018. évi adatai, Magyar Energetikai És Közmű-Szabályozási Hivatal, <http://mekh.hu/a-magyar-villamosenergia-rendszer-ver-2018-evi-adatai>, (Letöltve: 2020.05.27.)
- [3] MAVIR: A rendszerirányítás 70 éves története, <https://www.mavir.hu/web/mavir/rolunk/> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [4] Áttekintő ábra a magyar villamosenergia-rendszer legfontosabb adatairól, <http://www.mavir.hu/web/mavir/home> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [5] World Nuclear Association: Nuclear Power in China, <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [6] Global Energy Network Institute: Scetch map of national power networks
http://www.geni.org/globalenergy/library/national_energy_grid/china/chinesenationallelectricitygrid.shtml (Letöltve: 2020.05.27.)
- [7] FREX OSM: Russian Electricity
<https://frexosm.ru/power/#4/51.78/67.65> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [8] Russia electricity production
https://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_sector_in_Russia#cite_note-exgovelect-1 (Letöltve: 2020.05.27.)
- [9] Global Energy Network Institute: National Energy Grid Canada
http://www.geni.org/globalenergy/library/national_energy_grid/canada/index.shtml (Letöltve: 2020.05.27.)
- [10] Task Force: Guidelines for Meteorological Icing Models, Statistical Methods and Topographical Effects, CIGRE, Paris, April 2006
- [11] Guidelines for Field Measurement of Ice Loadings on Overhead Power Line Conductors, CIGRÉ TB 179, “”, August 2000.

- [12] HORVÁTH Á., SIMON A.: Az áramszolgáltatást veszélyeztető szélsőséges téli időjárási helyzetek, Védelem Tudomány – IV. évfolyam, 4. szám, 2019. 10. hó
<http://www.vedelemtudomany.hu/articles/06-horvath-simon.pdf> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [13] Fotó: MVM XPERT (OVIT) Zrt.
- [14] Fotó: EON DÉDÁH Zrt.
- [15] MOLNÁR I: Felkészülés havária helyzetekre az E.ON elosztóknál, MEE vándorgyűlés, 2015. szeptember 17. http://www.mee.hu/files/files/b5_molnari.pdf (Letöltve: 2020.05.27.)
- [16] Fotó: MAVIR Zrt.
- [17] Working Group B2.29: Systems for Prediction and Monitoring of Ice Shedding, Anti-Icing and De-Icing for Overhead Power Line Conductors and Ground Wires, 438 TECHNICAL BROCHURE CIGRE, ISBN: 978-2-85873-126-8
- [18] ZHAO, J., GUO, R., CAI, L.: Improvement of LineROver: A mobile robot for de-icing of transmission lines, 1st International Conference on Applied Robotics for the Power Industry, Montreal, Quebec, Canada, 2010.
- [19] Thermal behaviour of overhead conductors, Technical Brochure 207, CIGRE, Paris, , August 2002.
- [20] IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors, IEEE Std 738™-2006 (Revision of IEEE Std 738-1993), 30 January 2007.
- [21] Working Group B2.43: Guide for Thermal Rating Calculations of Overhead Lines, CIGRE, Paris, December 2014. ISBN: 978-2-85873-302-6
- [22] MORGAN, V.T. : The current-carrying capacity of bare overhead conductors, Institution of Engineers, Australia, Electrical Engineering Trans., Vol. EE4, pp. 63-72, 1968.
- [23] CARROLLTON, GA.: Overhead Conductor Manual, 2nd Edition, (Ed. Ridley Thrash), Southwire Company, 2007.
- [24] EWAN, A.W.: A set of curves for skin effect in isolated tubular conductors, General Electric Review, Vol. 33, pp.249-251, 1930.
- [25] MORGAN, V. T.: Rating of bare overhead conductors for continuous currents, Proc. IEE (London), Vol. 114, pp. 1473-1482, 1967.
- [26] MORGAN, V.T.: The thermal rating of overhead line conductors, Part 1- the steady state thermal model, Electric Power Systems Research, pp. 119-139, 1982.

- [27] SHARMA, M.R. and PAUL, R.S.: Total, direct and diffuse solar radiation in the tropics, *Solar Energy*, Vol. 9, pp. 183-192, 1965.
- [28] MEINEL, A.B. and MEINEL, M.P.: *Applied Solar Energy. An Introduction*, Addison Wesley, New York, 1976.
- [29] SPENCER, J.W.: Calculation of solar position for building purposes, CSIRO Australia Division of Building Research, Technical Paper No. 14, 1965.
- [30] DOUGLASS, D.A., CLAIRMONT, B., IGLESIAS, J., PETER, Z.: Radial and Longitudinal Temperature Gradients in Bare Stranded Conductors with High Current Densities, Cigré Paper B2-108, Paris, August 2012.
- [31] MORGAN, V.T.: The radial temperature distribution and effective radial thermal conductivity in bare solid and stranded conductors, *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 5, pp. 1443-1452, July 1990.
- [32] CHEN, S. L., BLACK, W.Z. and LOARD, H.W.: High-Temperature Ampacity Model for Overhead Conductors, *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 17, No. 4, pp. 1136-1141, October 2002.
- [33] IEEE Std 738-2012, "IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors". October 2012.
- [34] MORGAN, V.T.: The heat transfer from bare stranded conductors by natural and forced convection in air, *Inter. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 16, pp. 2022-2034, 1973.
- [35] KAZAKEVICH, F.P.: Effect of the angle of incidence of a gas stream on the heat transfer from a circular cylinder, *Zhur. Tekh. Fiz.*, Vol. 24, pp. 1341-1347, 1954.
- [36] MORGAN, V.T.: *Thermal Behaviour of Electrical Conductors, Steady, Dynamic and Fault-Current Ratings*, Research Studies Press, John Wiley & Sons, New York, 1991.
- [37] WYLIE, R.G. and LALAS, T.: Confirmation and interpretation of a kink in the Nu (Re) plot for a cylinder in a transverse stream, *Proc. Second Australasian Conf. on Heat and Mass Transfer*, Sydney, pp. 273-278, 1977.
- [38] CHISHOLM, W.A. and BARRETT, J.S.: Ampacity Studies on 49°C-Rated Transmission Line, *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 4, No. 2, April 1989.
- [39] DAVIS, M.W.: Nomographic computation of the ampacity rating of aerial conductors. *Trans. IEEE on Power Apparatus and Systems*, Vol. 89, no. 3, March 1970.

- [40] LIENHARD IV, J.H. and LIENHARD V, J.H., Heat transfer textbook 3rd ed. Phlogiston press, Cambridge, Massachusetts, 2008.
- [41] Working Group B2.12.: Guide for the selection of weather parameters for bare overhead conductor ratings, Technical Brochure 299, CIGRE, Paris, August 2006.
- [42] MAVIR, MAHALIA adatbázis
- [43] BAGI, T.: A method presented by measurements to prevent harmful effects of icing forming on ground wires of high-voltage transmission lines, In: Francesca, Cosmi (szerk.) PROCEEDINGS OF 34th DANUBIA-ADRIA SYMPOSIUM ON ADVANCES IN EXPERIMENTAL MECHANICS, Università degli Studi di Trieste, (2017) pp. 1-3., 3 p.
- [44] BAGI, T.: Measuring Current Distribution of Phase Conductor and Current Intesity Induced in Ground Wire on the 400 kV Transmission Line, In: Kolcun, M; Kurimsky, J; Kolcunova, I (szerk.) 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2017, Technical University of Kosice, (2017) pp. 681-687., 7 p.
- [45] BAGI, T. és MORVA, GY.: A jegesedés hatása a villamosenergia-rendszer biztonságos üzemvitelére, ELEKTROTECHNIKA 109 : 3 pp. 5-7., 3 p. (2016)
- [46] BAGI T. és MORVA GY.: A magyarországi átviteli hálózatokon tapasztalt jegesedési problémák vizsgálata, In: Óbudai Egyetem (szerk.), XXXIII. KANDÓ KONFERENCIA 2017: "Kandó a tudomány hajóján" Absztrakt kötet, Óbudai Egyetem, (2017) pp. 78-79., 2 p.
- [47] European EMTP-ATP Users Group, <https://www.emtp.org/> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [48] PRIKLER, L.: Szimmetrikus összetevők számítógépi szimulációja, LABOR II. (BME VIK Villamos Energetika Tanszék, mérési útmutató 2009)
- [49] ATP Draw, <https://www.atpdraw.net/> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [50] National Instruments: Virtuális Instrumentáció LabVIEW-el <http://www.electro.uni-miskolc.hu/~elkszabo/Oktatas/Labview%20ismerteto.pdf#page=1&zoom=auto,-7,-228> (Letöltve: 2020.08.10.)
- [51] Virtual Instrumentation, <https://www.ni.com/hu-hu/innovations/white-papers/06/virtual-instrumentation.html> (Letöltve: 2020.05.27.)
- [52] ANSYS 2020 R2, <https://www.ansys.com/>
- [53] Ansys Workbench (Introduction to ANSYS Mechanical, Release 18.2, Ansys Inc., 2017.)
- [54] BAGI, T.: Nagyfeszültségű távvezetékek védővezetőiben indukálódó áramok bemutatása biztonságtechnikai szempontból, HADMÉRNÖK 12 : 3 (2017) pp. 8-14., 7 p.

- [55] BAGI, T.: Analytical and Experimental Investigation of Ice Melting in Power Line Ground Wires, PERIODICA POLYTECHNICA-MECHANICAL ENGINEERING 64 : 2 (2020) pp. 159-164. , 6 p.
- [56] BAGI, T.: Commonly Used Ground Wire of Distribution Networks under Various Operating and Load Conditions, ACTA ELECTROTECHNICA ET INFORMATICA 20 : 1 (2020) pp. 3-8. , 6 p.
- [57] Working group B2.12: Alternating Current (AC) Resistance of Helically Stranded Conductor, CIGRE 345, 2008 April
- [58] Working group B2.12: Guide for the selection of weather parameters for bare overhead conductor ratings, Technical Brochure 299, CIGRE, Paris, August 2006
- [59] FUX Rt. Termékismertető: Vezetéksodronyok
https://www.fux.hu/files/fux_katalog/fux_vezeteksodronyok.pdf (Letöltve: 2020. 11. 30.)
- [60] ANSYS 2019R2 Program Help. Canonsburg, PA, USA, 2019.
- [61] ZWIERCZYK, P. T. and VÁRADI, K.: Thermal Stress Analysis of a Railway Wheel in Sliding-Rolling Motion, J. Tribol., vol. 136, no. 3, pp. 031401–031401, May 2014.
- [62] Ice – Thermal Properties, The Engineering ToolBox, https://www.engineeringtoolbox.com/ice-thermal-properties-d_576.html (Letöltve: 2019.10.16)
- [63] BAGI, T.: Warming and Load Testing of Steel Ground Wires in Laboratory, In: Kádár P., Lamacchia F. (szerk.), PROCEEDINGS IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE AND WORKSHOP IN ÓBUDA ON ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING, IEEE CANDO-EPE 2018, New York (NY),: IEEE, (2018) pp. 283-287., 5 p.
- [64] BAGI, T.: Examination of a Typical High Voltage Phase Conductor Under Various Operating and Load Conditions, In: Mankovits T. (szerk.) PROCEEDINGS OF THE 6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING (ISCAME 2018), Book of extended abstracts, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Debrecen, (2018) p. & , 2 p.
- [65] FERNANDEZ, E., ALBIZU, I., BEDIALAUNETA, M.T., MAZON, A.J., LEITE, P.T.: Review of dynamic line rating systems for wind power integration, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 53 (2016) pp. 80-92, <https://core.ac.uk/download/pdf/158824695.pdf> (Letöltve: 2020.07.20.)

- [66] https://www.saltec.de/tl_files/Download/45_SALTEC_OTLM_eng_V13-2017.pdf
(Letöltve: 2020.07.20.)
- [67] http://www.c-g.si/wp-content/uploads/2016/08/30_OTLM-ANGLESKI.pdf
(Letöltve: 2020.07.20.)
- [68] <https://www.otlm.eu/> (Letöltve: 2020.07.20.)
- [69] LOVRENČIĆ, V., GABROVŠEK, M., KOVAČ, M., GUBELJAK, N., ŠOJAT, Z., KLOBAS, Z.: The Contribution of Conductor Temperature and Sag Monitoring to Increased Ampacities of Overhead Lines (OHLs). Periodica Polytechnica, Electrical Engineering. (2015) 10.3311/PPee.8585. https://www.researchgate.net/figure/OTLM-Centres-platform_fig6_282661598
(Letöltve: 2020.07.20.)
- [70] GESZTI, P. O.: Villamos energia rendszerek I., Tankönyvkiadó Budapest, 1986
- [71] NOVOTHNY, F.: Villamosenergia-rendszerek I., jegyzet, Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest, 2010
- [72] MORVA, Gy.: Villamosenergetika, Digitális Tankönyvtár, Edutus Főiskola, 2012
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_62_villamosenergetikai_rendszerek/ch03s06.html (Letöltve: 2020.05.27.)
- [73] SEBŐ, I.: Szabadvezetékek villamos jellemzőinek számítása digitális számítógépen. Elektrotechnika folyóirat, 1965, 58. évf. 10.sz. pp: 396-404
- [74] SHAMS GHAFAROKHI, P., KALLASTE, A., BELAHCEN, A., VAIMANN, T., RASSÖLKIN, A.: Determination of Forced Convection Coefficient Over a Flat Side of Coil, Conference: 58th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Conference Paper, October 2017.
<https://www.researchgate.net/publication/320415779> (Letöltve: 2020.07.20.)

7. Publikációk

7.1.A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [43] BAGI, T.: A method presented by measurements to prevent harmful effects of icing forming on ground wires of high-voltage transmission lines, In: Francesca, Cosmi (szerk.) PROCEEDINGS OF 34th DANUBIA-ADRIA SYMPOSIUM ON ADVANCES IN EXPERIMENTAL MECHANICS, Università degli Studi di Trieste, (2017) pp. 1-3., 3 p.
- [44] BAGI, T.: Measuring Current Distribution of Phase Conductor and Current Intesity Induced in Ground Wire on the 400 kV Transmission Line, In: Kolcun, M; Kurimsky, J; Kolcunova, I (szerk.) 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2017, Technical University of Kosice, (2017) pp. 681-687., 7 p.
- [54] BAGI, T.: Nagyfeszültségű távvezetékek védővezetőiben indukálódó áramok bemutatása biztonságtechnikai szempontból, HADMÉRNÖK 12 : 3 (2017) pp. 8-14., 7 p.
- [55] BAGI, T.: Analytical and Experimental Investigation of Ice Melting in Power Line Ground Wires, PERIODICA POLYTECHNICA-MECHANICAL ENGINEERING 64 : 2 (2020) pp. 159-164. , 6 p.
- [56] BAGI, T.: Commonly Used Ground Wire of Distribution Networks under Various Operating and Load Conditions, ACTA ELECTROTECHNICA ET INFORMATICA 20 : 1 (2020) pp. 3-8. , 6 p.
- [64] BAGI, T.: Examination of a Typical High Voltage Phase Conductor Under Various Operating and Load Conditions, In: Mankovits T. (szerk.) PROCEEDINGS OF THE 6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING (ISCAME 2018), Book of extended abstracts, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Debrecen, (2018) p. & , 2 p.

7.2. További tudományos közlemények (opcionális)

Tudományos folyóiratcikk

- [BT1] BAGI T. Analytical and Experimental Investigation of Ice Melting in Power Line Ground Wires, PERIODICA POLYTECHNICA-MECHANICAL ENGINEERING 64 : 2 pp. 159-164. , 6 p. (2020)
- [BT2] BAGI T. Commonly Used Ground Wire of Distribution Networks under Various Operating and Load Conditions, ACTA ELECTROTECHNICA ET INFORMATICA 20 : 1 pp. 3-8. , 6 p. (2020)
- [BT3] BAGI T., NAGY B., ORLAY I. Az átviteli kapacitás növelése HTLS sodrony alkalmazásával, ELEKTROTECHNIKA 113 : 7-8 pp. 20-22. , 3 p. (2020)
- [BT4] BAGI T. Nagyfeszültségű távvezetékek védővezetőiben indukálódó áramok bemutatása biztonságtechnikai szempontból, HADMÉRNÖK 12 : 3 pp. 8-14., 7 p. (2017)
- [BT5] BAGI T. MORVA, GY. A jegesedés hatása a villamosenergia-rendszer biztonságos üzemvitelére, ELEKTROTECHNIKA 109 : 3 pp. 5-7., 3 p. (2016)
- [BT6] BAGI T. A Magyarországon meglévő és a férőhely hiány miatt létesítendő büntetés-végrehajtási szervezet biztonsági rendszereivel szemben támasztott általános követelmények, BÁNKI KÖZLEMÉNYEK 1: 3 pp. 43 -48, 5 p. (2018)

Konferenciaközlemény folyóiratban vagy konferenciakötetben

- [BT7] BAGI T. Warming and Load Testing of Steel Ground Wires in Laboratory, In: Kádár P., Lamacchia F. (szerk.), PROCEEDINGS IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE AND WORKSHOP IN ÓBUDA ON ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING, IEEE CANDO-EPE 2018, New York (NY),: IEEE, (2018) pp. 283-287., 5 p.
- [BT8] BAGI T. Examination of a Typical High Voltage Phase Conductor Under Various Operating and Load Conditions, In: Mankovits T. (szerk.) PROCEEDINGS OF THE 6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING (ISCAME 2018), Book of extended abstracts, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Debrecen, (2018) p. & , 2 p.
- [BT9] ZS. ČONKA, D. MEDVED, M. KOLCUN, S. ILENIN, J. ZBOJOVSKÝ, GY. MORVA, BAGI T. Using TCSC to improve the dynamic stability of the power system, In: Kádár P., Lamacchia, F. (szerk.) PROCEEDINGS IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE AND WORKSHOP IN ÓBUDA ON ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING, IEEE CANDO-EPE 2018, Óbudai Egyetem, (2018) pp. 67-72., 6 p.

- [BT10] BAGI T., MORVA GY. A magyarországi átviteli hálózatokon tapasztalt jegesedési problémák vizsgálata, In: Óbudai Egyetem (szerk.), XXXIII. KANDÓ KONFERENCIA 2017: "Kandó a tudomány hajóján" Absztrakt kötet, Óbudai Egyetem, (2017) pp. 78-79., 2 p.
- [BT11] BAGI T. A method presented by measurements to prevent harmful effects of icing forming on ground wires of high-voltage transmission lines, In: Francesca, Cosmi (szerk.) PROCEEDINGS OF 34th DANUBIA-ADRIA SYMPOSIUM ON ADVANCES IN EXPERIMENTAL MECHANICS, Università degli Studi di Trieste, (2017) pp. 1-3., 3 p.
- [BT12] BAGI T. Measuring Current Distribution of Phase Conductor and Current Intesity Induced in Ground Wire on the 400 kV Transmission Line, In: Kolcun, M; Kurimsky, J; Kolcunova, I (szerk.) 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2017, Technical University of Kosice, (2017) pp. 681-687., 7 p.
- [BT13] BAGI T. A drónok térerősséggel történő elvi töltési lehetőségeinek vizsgálata, In: Óbudai, Egyetem (szerk.) XIX. ŐSZI BIZTONSÁGTECHNIKAI SZIMPÓZIUM 2016. Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, (2016).
- [BT14] BAGI T. A távvezetékekre telepíthető optikai kábelek használhatóságának vizsgálata - Examination of the Transmission Lines to Install Fiber Optic Cables Usability, In: Biró, Károly Ágoston; Sebestyén-Pál, György (szerk.) ENELKO 2013 XIV. NEMZETKÖZI ENERGETIKA-ELEKTROTECHNIKA KONFERENCIA, Nagyszeben, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), (2013), pp. 9-14. , 6 p.
- [BT15] BAGI T. Nagyfeszültségű párhuzamos kábelvonalak terhelésének vizsgálata a kábel-paraméterek, a nyomvonal jellemzők és a kábel terhelőáramának tekintetbe vételével - High Voltage Parallel Cable Lines Load Testing of the Cable Parameters, the Aligment of the Cable Characteristics and Consideration of the Load Current, In: Biró, Károly (szerk.) ENELKO 2012: XIII. NEMZETKÖZI ENERGETIKA-ELEKTROTECHNIKA KONFERENCIA = 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGETICS - ELECTRICAL ENGINEERING, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), (2012) pp. 10-15. , 6 p.
- [BT16] BAGI T. BAGI I. Szélerőmű parkok hatása a magyar villamos elosztó hálózatra - Influence of the Wind Power to the National Power Distribution Network, In: Biró, Károly Ágoston; Sebestyén-Pál, György (szerk.) XI. ENELKO - XX. SZÁMOKT NEMZETKÖZI ENERGETIKA - ELEKTROTECHNIKA ÉS SZÁMÍTÁSTECHNIKA KONFERENCIA 2010, Szatmárnémeti, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), (2010), pp. 8-13. , 6 p.

[BT17] BAGI T., SZANDTNER K. Az optikai adatátviteli rendszerek alkalmazása a nagyfeszültségű villamos hálózatokon = The Optical Data Transmission Systems Adaption on the High-Voltage Networks, In: Biró, Károly Ágoston; Sebestyén-Pál, György (szerk.) X. ENELKO - XIX. SZÁMOKT: NEMZETKÖZI ENERGETIKA - ELEKTROTECHNIKA ÉS SZÁMÍTÁSTECHNIKA KONFERENCIA - INTERNATIONAL CONFERENCE OF ENERGETICS - ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE, Marosvásárhely, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), (2009), pp. 9-15. , 7 p.

Absztrakt

[BT18] BAGI T., KOVÁCS T. A drónok alkalmazásának lehetősége a biztonság tudományban, Előadás, VII. BDI Doktorandusz Találkozó, 2016. 10. 21,