

Róbert Štefko, Miloš Šárpataky, Ľuboš Šárpataky, Zsolt Čonka, Michal Kolcun, Marek Pavlík, Dušan Medveď, Jozef Király

Výstavba a vývoj mikrosietí vo svete

Prenikanie obnoviteľných zdrojov energie (OZE) do siete nízkeho napätia má za následok zmeny toku výkonov, čo má vplyv aj na samotné riadenie a chránenie distribučných sietí. Budúca vízia využitia v čo najväčšej miere len OZE je vyhovujúca pre koncepciu mikrosietí z tohto dôvodu sa urýchľuje výskum v tejto oblasti mikrosietí a inteligentných sietí. Preto je potrebné zvýšiť povedomie o problematike týkajúcej sa OZE a s tým súvisiaci výskum a vývoj mikrosietí. Výstavba mikrosietí v posledných rokoch zaznamenala rapidný nárast po celom svete pričom sú využívané rôzne OZE. Autori popisujú miesta výstavby a typy OZE použitých v týchto mikrosietach.

Kľúčové slová: mikrosiete, inteligentné siete, obnoviteľné zdroje energie

The penetration of renewable energy sources (RES) into the low-voltage network results in changes in power flows, which equally affects the management and protection of distribution networks. The ultimate vision of using only RES as much as possible is suitable for the microgrid concept for this reason research in this field of microgrids and smart grids are accelerating. Therefore, there is a need to raise awareness of RES issues and related research and development of microgrids. The construction of microgrids has followed a rapid increase worldwide in recent years, with a variety of RES being used. The authors describe the construction sites and the types of RES used in these microgrids. **(Construction and development of microgrids around the world)**

Keywords: microgrid, smart grid, renewable energy sources

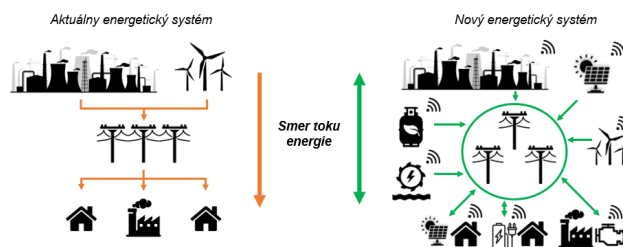
I. ÚVOD

Neustály rast dopytu po elektrickej energii a čoraz väčší podiel prenikania obnoviteľných zdrojov energie do distribučných sietí mení zásadne konvenčný koncept centrálnej výroby energie k miestnej výrobe a spotrebe. Integrácia obnoviteľných zdrojov energie (OZE) vplýva pozitívne pre distribúciu elektrickej energie pričom sa zvyšuje prevádzková spoľahlivosť takejto siete ale na druhej strane klesá stabilita. Tento problém majú vyriešiť práve nastupujúce mikrosietové systémy a s tým súvisiace inteligentné siete [1]. Vybudovanie alebo premena súčasného systému na inteligentnú sieť si bude vyžadovať veľa úsilia pre úspešnú aplikáciu, ktorá povedie k neprerušnému napájaniu všetkých spotrebiteľov, zníženiu prenosových a distribučných strát, integrácii obnoviteľných zdrojov energie a aktívnemu podieľaniu sa zákazníkov na riadení sústavy. Pre úspešnú aplikáciu inteligentnej siete musia byť najprv vybudované spoľahlivé a stabilné mikrosiete. Inteligentná sieť analyzuje informácie získané z miestnych mikrosietí, ktoré riadia miestne energetické zdroje a na základe toho optimalizuje výrobu elektrickej energie, znižuje náklady a zvyšuje spoľahlivosť a účinnosť systému. Mikrosieť je systém určený na zabezpečenie lokálneho riadenia a monitorovania. Takýto postup je len jeden s veľa navrhovaných. Z tohto dôvodu je potrebné venovať pozornosť návrhu vhodného energetického mixu zdrojov pre každú uvažovanú oblasť, ktorú bude spravovať mikrosieť, aby sa zabezpečila dodávka elektrickej energie aj v čisto ostrovnom režime, prípadne niekoľkých prepojených mikrosietach [2].

II. MIKROSIEŤE

Pri porovnaní konvenčných energetických systémov s mikrosietovými, je výrazný rozdiel v smere toku energie ako aj zobrazuje Obr. 1. Pripájaním distribuovaných zdrojov energie do sústavy sa však tento tradičný radiálny smer toku energie mení na

obojsmerný tok energie z dôvodu premiestnenia výroby priamo do miesta spotreby alebo do jej blízkosti. S uvažovaním mikrosietí však vzniká otázka: Ako vhodne zvolit' energetický mix zdrojov a zabezpečiť pritom optimálnosť, udržateľnosť a hlavne dostatočnú flexibilitu za všetkých poveternostných podmienok? To prináša nové výzvy pri budovaní a vývoji mikrosietí.



Obr. 1 Porovnanie smeru toku energie v energetických systémoch

DEFINÍCIA MIKROSIEŤÍ

Mikrosiete môžeme definovať ako malú lokálnu distribučnú sieť napájajúcu spotrebiteľov elektrickou energiou, ktorá vyrába elektrickú energiu pomocou distribuovaných zdrojov energie. Takéto siete musia spĺňať predpoklad sebestačnosti vo výrobe elektrickej energie, teda je potrebné, aby takéto siete mali podľa geografického umiestnenia vhodne zvolený energetický mix zdrojov, aby zabezpečili dostatočnú výrobu pre zaťaženie. Výskumný projekt Európskej únie má vo svojich pojmoch definíciu mikrosiete nasledovne: „Mikrosiet' zahŕňa nízkonapäťové distribučné systémy s distribuovanými zdrojmi energie, akumuláčnne zariadenia, systémy skladovania energie a flexibilné záťaže. Pričom takéto systémy môžu fungovať buď pripojené alebo odpojené od hlavnej sústavy“. Stručne povedané, mikrosiet' možno definovať aj ako moderný autonómny systém distribúcie energie, ktorý využíva primárne lokálne obnoviteľné zdroje energie. Vo všetkých definíciách sa používa pojem „distribuované zdroje energie“ a vzťahuje sa na výrobu energie umiestnenú v blízkosti miesta spotreby alebo záťaže. Podľa Ministerstva energetiky

Spojených štátov amerických je mikrosieť definovaná ako skupina vzájomne prepojených záťaží a distribuovaných energetických zdrojov energie v rámci jasne definovaných hraníc, ktoré pôsobia ako jedna ovládateľná jednotka vzhľadom na sieť. Mikrosieť sa môže pripojiť a odpojiť od siete, aby mohla fungovať v oboch režimoch ako v pripojenom k sieti tak aj v ostrovnom režime [3].

III. VÝVOJ MIKROSIEŤÍ VO SVETE

Jeden z prvých záznamov o mikrosieťových systémoch pochádza z počiatku vývoja samotnej elektrizačnej sústavy a to z roku 1882 otvorením stanice Pearl Street T.A. Edisona v dolnom Manhattane v New Yorku, kde bol predstav systém elektrického osvetlenia a napájania jednosmerným prúdom, ktorý odštartoval moderný elektrotechnický priemysel. Stanica sa vyznačovala spoľahlivou, centrálnou výrobou energie, bezpečnou a účinnou distribúciou. Na osvetlenie jednej štvorcovej míle New Yorku napájanej Stanicou Pearl Street bolo potrebných šesť „Jumbo“ parných dynám. Výkon jedného parného dynama bol 100 kW. Edison využil aj vedľajší produkt stanice, a to paru, ktorú poskytol miestnym výrobcom a teplo vyrobené z pary sa tak dodávalo do okolitých budov a bolo využité aj na vykurovanie. Ide o prvé využitie kogeneračnej technológie. Stanica rovnako disponovala aj prvým revolučným konceptom skladovania elektrickej energie v akumulátoroch. Vzhľadom na obmedzenia prenosového jednosmerného systému bol Edisonov systém schopný obsluhovať iba niekoľko blokov v ľubovoľnom smere. Tento koncept položil základy myšlienke mikrosietí s akumuláciou elektrickej energie a takmer všetky dnešné výskumy sa zaoberajú práve týmto konceptom skladovania elektrickej energie [4]. S niekoľko ročným oneskorením v roku 1895 bola dokončená vodná elektrárňa N. Teslu na rieke Niagara na striedavý prúd a obsahovala desať generátorov o výkone 3728 kW, ktorá napájala 32 km vzdialené Buffalo. Neskôr kvôli výhodám striedaného prúdu bol elektrifikovaný aj New York a Edisonove rozvody boli prerobené na striedaný systém, ktorý využívame dodnes [5].

IV. VÝSTAVBA MIKROSIEŤÍ VO SVETE

Po troch po sebe nasledujúcich hurikánoch Gert, Harvey a Irma v roku 2017 vzrástol záujem a dopyt po mikrosieťach v USA. Mnohé mestá boli niekoľko dní až týždňov bez elektrickej energie, ale niektoré budovy využívali takzvanú základnú mikrosieť. Základné mikrosiete sa líšia od pokročilých systémov mikrosietí, pretože využívajú iba jednu technológiu distribuovaných zdrojov energie, v tom čase na Floride a v Texase väčšina základných mikrosietí využívala plynové alebo dieselové generátory, prípadne solárne systémy [6]. Popísané najnovšie projekty v nasledujúcej časti sú zobrazené na Obr. 2 a Obr. 3.

PROJEKTY MIKROSIEŤÍ V USA A KANADE

Projekt v San Jose plánuje realizovať technologický gigant Google pre svoje areály a zamestnancov. Mikrosieť sa bude nachádzať na ploche 33 hektárov. Mikrosieť bude napájať solárny systém o výkone 7.8 MW, ako záloha bude slúžiť 10 MW batériový systém a okolo 47 núdzových diesel generátorov. Systém bude rovnako disponovať možnosťou zdieľania elektrickej energie s distribučnou sieťou [7].

Projekt v údolí Salinas pre poľnohospodársky a priemyselný obchodný park Gonzales. Mikrosieť bude napájať solárny systém o výkone 10.5 MW, ako záloha bude slúžiť 10 MW/27.5 MWh batériový systém a 10 MW kogeneračné zariadenie na zemný plyn (CHP) [8].

Projekt pre obchodný reťazec Stop & Shop vo svojich 40 obchodoch s potravinami v Massachusetts a New Yorku inštaluje základnú mikrosieť. Napájanie zabezpečia v obchodoch inštalované palivové články od Bloom Energy o celkovom výkone 10 MW. Hurikány na severovýchode občas vyradili dodávky elektrickej energie až na dva týždne. Obchody s potravinami sa tak stávajú kritickými pre komunitu počas prírodných katastrof [9].

Projekt na ostrove Isle au Haut má zabezpečiť ostrovnú prevádzku mikrosiete pre celý ostrov so 140 odberateľmi. Napájanie zabezpečí 311 kW solárny systém a ako záloha bude inštalovaný 1 MWh super akumulčný systém dodávaný spoločnosťou Kilowatt Labs so sídlom v New Yorku [10].

Projekt pre vojenskú základňu vo Fort Bragg pre jednu z najväčších vojenských základní na svete s okolo 50.000 aktívnymi zamestnancami má zabezpečiť nezávislosť kritickej infraštruktúry od distribučnej siete. Napájanie bude jedinečné z dôvodu inštalácie plávajúceho solárneho systému o výkone 1.1 MW na jazere Big Muddy Lake o ploche 26.7 hektára a doplnený o 2 MW batériovým systémom [11].

Projekt pre čističku odpadových vôd v Kalifornii má zabezpečiť úplnú nezávislosť od distribučnej siete. Napájanie zabezpečí 580 kW solárny systém spolu s 500 kW/1340 kWh batériový systém a ako záloha bude použitý diesel generátor [12].

Výskumný projekt technologického areálu v Colorade bude slúžiť na výskum mikrosietí na rozlohe 160 akrového kampusu Advanced Technologies. Kampus bude slúžiť aj na testovanie nových technológií a pilotných projektov pred ich nasadením do praxe. Napájanie mikrosiete bude pozostávať zo 150 MW solárneho systému, 415 MW palivových článkov, 508 MW veternej farmy a 10 MW geotermálnej elektrárne a elektrárne na biomasu [13].



Obr. 2 Výstavba mikrosietí v USA a Kanade

Projekt pre odľahlú kanadskú osadu 130 km severne of arktického kruhu je najsevernejšou osadou Yukonu. Doteraz osada využívala tri dieselové generátory pričom dodávky paliva boli každé 2 až 3 mesiace lietadlom, pričom ročná spotreba predstavovala 200 tisíc galónov. V lete, keď arktické slnko nikdy nezapadá, analýza odhalila, že Old Crow by sa v skutočnosti mohol na niekoľko mesiacov 100 % spoľahnúť na 960 kW solárny systém a 350 kWh lítium-iónový

batériový systém na vyrovnávanie špičky dopytu po elektrickej energii [14].

PROJEKTY MIKROSÍETÍ V AUSTRÁLIÍ

Vodíkový projekt v Denhame je jedinečný tým že ide o prvú Austrálsku vodíkovú mikrosieť a zároveň poslúži na otestovanie schopnosti vodíka slúžiť ako perspektívny zdroj energie pre mikrosiete. Napájanie zabezpečí 700 kW solárny systém, 350 kW elektrolyzér a palivové články o výkone 100 kW. Elektrolyzér, využívajúci solárnu energiu, bude produkovať vodu a vodík, ktoré môžu byť uložené na neskoršie použitie v palivovom článku na výrobu elektrickej energie. Približne 750 ľudí žijúcich v Denhame, pobrežnom meste v Západnej Austrálii bude tak súčasťou kľúčového výskumu mikrosietí [15].

Projekt na ostrove Lord Howe v novom južnom Walese má napomôcť integrácii obnoviteľných zdrojov energie pre vzdialené komunity. Napájanie zabezpečí 1.3 MW solárny systém doplnený o batériovým systémom o výkone 1 MW/3,7 MWh [16].

Projekt pre zlatú baňu Agnew v západnej Austrálii má pokryť viac ako 50 % spotreby elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov. Napájanie zabezpečí 4 MW solárny systém v kombinácii s 18 MW veternou farmou, 13 MW/4 MWh batériovým systémom a palivové články o výkone 16 MW [16].

Projekt pre ropné pole pre Cooper Basin v južnej Austrálii má podporiť vytvorenie hybridnej mikrosiete, ktorá bude napájať 13 ropných čerpadel. Napájanie zabezpečí 130 kW solárneho systému v kombinácii s 437 kWh batériovým systémom a dvojice záložných 450 kVA [17].

Projekt pre ostrov Rottneest Island v západnej Austrálii sa nachádza 18 km od pobrežia. Najväčšie zaťaženie pre tento ostrov predstavuje odsol'ovacie zariadenie na výrobu pitnej vody a so zariadením na uskladnenie až 15 ML vody, teda 20 dňovú dodávku pre komunitu. Napájanie pôvodne zabezpečovali iba diesel generátory o výkone 5 x 300 kW a 2 x 320 kW. Pre zníženie spotreby nafty a vplyvu na životné prostredie bol systém doplnený o 600 kW veternú farmu a 600 kWp solárny systém. Stabilitu systému a kvalitatívne parametre zabezpečuje hybridný systém, ktorý ma zabezpečiť minimálny chod diesel generátorov a regulovať zaťaž pomocou dynamických zaťaží o kapacite 500 kW. Systém pritom priemerne využíva jednotlivé zdroje nasledovne: solárny systém dodáva 382 kW pri ožiarení 766 W/m², veterná farma dodáva 124 kW pri rýchlosti vetra 6.6 m/s a dieselové generátory dorovnávajú zvyšok o výkone 32 kW. Zaťaženie sa priemerne pohybuje okolo 538 kW, pričom dynamická zaťaž spotrebúva iba 28 kW, odsol'ovacie zariadenie má spotrebu okolo 48 kW pri kapacite 57% čo predstavuje jeho štvrtinový výkon a zvyšok predstavuje zaťaž spotrebiteľov [18].



Obr. 3 Výstavba mikrosietí v Austrálii

PROJEKTY MIKROSÍETÍ V EURÓPE

Projekt v stredozemí Írska v regióne Midlands má za úlohu vytvoriť mikrosieť, ktorá bude 100 % pozostávať s obnoviteľných zdrojov energie o výkone 300 MW pre napájanie areálu obchodného domu a okolitých rezidenčných areálov. Napájanie má pozostávať zo solárnych systémov, veternej farmy, energia z odpadu (Anaeróbnou digesciu), batériového systému a vodíka [19].

Projekt v Bristolu v Anglicku v obytnom komplexe Water Lilies predstavuje tradičnú komunitnú mikrosieť. Napájanie zabezpečí 444 kWh batériový systém spolu s 117 kW solárnym systémom a mikro vodnou elektrárnou o výkone 300 kW. Vykurovanie a ohrev vody pre obyvateľov komunity zabezpečia tepelné čerpadlá [20].

Projekt vo Viedni v Rakúsku korporátnej centrálne spoločnosti Siemens využíva naplno obnoviteľné zdroje energie. Geotermálna energia sa využíva na vykurovanie budovy a o napájanie sa stará solárny systém o výkone 312 kW a 500 kW batériového systému. Mikrosieť je jedinečná pre nasadenie inteligentných riadiacich zariadení, ktoré spravujú vykurovanie budovy a nabíjanie elektromobilov [21].

V. ZÁVER

Hlavným cieľom príspevku bolo poukázať na perspektívne zloženie obnoviteľných zdrojov energie pre rôzne geografické umiestnenia mikrosietí s ktorými je vhodné uvažovať pri riešení problematiky vývoja a optimalizovaní stability mikrosietí. Nasadzovanie mikrosietí do praxe má pozitívny vplyv na znižovanie strát v sieťach pričom to prináša aj nevýhody ako problémy zo stabilitou. Pre mix obnoviteľných zdrojov energie z týchto projektov vyplýva že najnasadzovanejšie sú solárne systémy v kombinácii s batériovým systémom pričom rovnako výskyt veterných fariem je stále populárny hoci jeho nasadenie pre rôzne oblasti je problematické z dôvodu vplyvu poveternostných podmienok tak aj súčasnej legislatívy pre umiestnenie veterných fariem. Perspektívne a nasadzované sú aktuálne palivové články a výroba vodíka, ktoré stále napredujú vo vývoji. Veľkosť týchto zdrojov ovplyvňuje veľkosť zaťaženia a podľa geografickej polohy mikrosiete lokálne poveternostné vplyvy.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0576.

LITERATÚRA

- [1] R. Štefko, Z. Čonka, J. Kurimský, and M. Kolcun, "Špecifikácia vplyvov nepriaznivo pôsobiach na stabilitu prevádzky ES SR a ich eliminácia," in *Elektroenergetika*, Košice, vol. 13, no. 1, pp. 15-19, November 2020.
- [2] C.H. Ng, T. Logenthiran, W.L. Woo, "Intelligent distributed smart grid network—Reconfiguration," 2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT ASIA), Bangkok, Thailand, November 2015; pp. 1-6, doi: 10.1109/ISGT-Asia.2015.7387125.
- [3] G.B. Narejo, B. Acharya, R.S.S. Singh and F. Newagy, "Microgrids Design, Challenges, and Prospects," in *CRC Press*, New York, 2022, pp. 25, isbn 978-0-367-48795-9, doi: 10.1201/9781003121626-2.
- [4] ETHW, "Pearl Street Station," [Online], [cit. 2022-05-05], Dostupné na internete: <https://ethw.org/Pearl_Street_Station>.
- [5] J.D. Kent, "Nikola Tesla and the Development of Hydroelectric Power at Niagara Falls," [Online], [cit. 2022-05-05], Dostupné na internete: <<http://davidjkent-writer.com/2017/05/08/nikola-tesla-and-the-development-of-hydroelectric-power-at-niagara-falls/>>.
- [6] W. Mackenzie, "U.S. microgrids 2017: market drivers, analysis and forecast," [Online], [cit. 2022-05-06], Dostupné na internete: <<https://www.woodmac.com/reports/power-markets-u-s-microgrids-2017-market-drivers-analysis-and-forecast-58115379#gs.OZ79A7Q>>.
- [7] E. Wood, "Google Spells Out What California Must do to Unlock the "Tremendous Potential" of Microgrids," [Online], [cit. 2022-05-06], Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/google-microgrid-rules-california/>>.
- [8] E. Wood, "Concentric to Build 35-MW Microgrid in California with Innovative Wholesale Power Agreement," [Online], [cit. 2022-05-06],

- Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/concentric-microgrid-gonzales/>>.
- [9] E. Wood, "Stop & Shop, Major Northeast Grocery Store Chain, to Install 40 Microgrids," [Online], [cit. 2022-05-06], Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/grocery-stores-microgrids-bloom/>>.
- [10] E. Howland, "Maine Microgrid Project Lands USDA funding," [Online], [cit. 2022-05-06], Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/isle-au-haut-microgrid/>>.
- [11] E. Wood, "Ameresco and Duke to Build Unusual Floating Solar Microgrid at World's Largest Military Base," [Online], [cit. 2022-05-06], Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/floating-solar-microgrid-ameresco-fort-bragg/>>.
- [12] E. Howland, "Cost Savings Drives Decision to Install Microgrid at California Wastewater Treatment Plant," [Online], [cit. 2022-05-06], Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/microgrid-wastewater-california-ameresco/>>.
- [13] E. Howland, "Colorado Utility Plans Technology Campus with Microgrid," [Online], [cit. 2022-05-06], Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/colorado-springs-utilities-microgrid/>>.
- [14] L. Sanchez, "Renewable Energy Powers an Arctic Village: Ancient Traditions and Clean Technology," [Online], [cit. 2022-05-09], Dostupné na internete: <<https://microgridnews.com/renewable-energy-powers-an-arctic-village-ancient-traditions-and-clean-technology/>>.
- [15] E. Howland, "Horizon Power Prepares to Build Australia's First Renewable Hydrogen Microgrid," [Online], [cit. 2022-05-09], Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/hydrogen-microgrid-horizon-power-australia/>>.
- [16] J. Scully, "ARENA to support Australian microgrids with new funding," [Online], [cit. 2022-05-09], Dostupné na internete: <<https://www.pv-tech.org/arena-to-support-australian-microgrids-with-new-funding/>>.
- [17] A. Shepherd, "AGL, Santos install hybrid microgrid," [Online], [cit. 2022-05-09], Dostupné na internete: <<https://www.energymagazine.com.au/agl-santos-install-hybrid-microgrid/>>.
- [18] L. Sanchez, "Exploring Efficiencies at the Water-Energy Nexus: Rottnef Island's Innovative Hybrid Energy System," [Online], [cit. 2022-05-09], Dostupné na internete: <<https://microgridnews.com/exploring-efficiencies-at-the-water-energy-nexus-rottnest-islands-innovative-hybrid-energy-system/>>.
- [19] Y. Ali, "Siemens and Partners Plan All Renewable, 300-MW Microgrid in Ireland," [Online], [cit. 2022-05-09], Dostupné na internete: <<https://www.energymagazine.com.au/agl-santos-install-hybrid-microgrid/>>.
- [20] Y. Ali, "UK-Based Energy Cooperative Raises Financing for Solar Community Microgrids," [Online], [cit. 2022-05-09], Dostupné na internete: <<https://microgridknowledge.com/uk-community-microgrids-bridol/>>.
- [21] Energy Industry Review, "Microgrid Project in Vienna: Small Grid, Major Impact," [Online], [cit. 2022-05-09], Dostupné na internete: <<https://energyindustryreview.com/renewables/microgrid-project-in-vienna-small-grid-major-impact/>>.

ADRESY AUTOROV

Róbert Štefko, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, robert.stefko@tuke.sk

Miloš Šarpataky, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, milos.sarpataky@tuke.sk

Luboš Šarpataky, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, lubos.sarpataky@tuke.sk

Zsolt Čonka, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, zsolt.conka@tuke.sk

Michal Kolcun, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, michal.kolcun@tuke.sk

Marek Pavlík, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, marek.pavlik@tuke.sk