

Róbert Štefko, Zsolt Čonka, Juraj Kurimský, Michal Kolcun

Špecifikácia vplyvov nepriaznivo pôsobiacich na stabilitu prevádzky ES SR a ich eliminácia

Publikácia sa zaoberá vplyvmi, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť stabilitu elektrizačnej sústavy (ES) a prípadnými havarijnými stavmi. Pozornosť venuje aj návrhu chránenia pre zabezpečenie predchádzania nepriaznivým stavom ES prostredníctvom implementovania zariadení zabezpečujúcich rýchlu a plynulú reakciu na dynamické meniace sa podmienky.

Kľúčové slová: elektrizačná sústava; obnoviteľné zdroje energie; systémy chránenia; stabilita sústavy

This publication addresses influence, that may adversely affect at the stability of the electrical system (ES) and possible emergency situations. It also pays attention to the design of protection to ensure the prevention of adverse EC conditions through the implementation of devices ensuring a rapid and smooth response to dynamic changing conditions. **(Specification of impacts adversely affecting at the stability of ES SR operations and their elimination)**

Keywords: electrical system; renewable energy sources; protection systems; system stability

I. ÚVOD

Neustály rast dopytu po elektrickej energii za posledné roky má následky na elektrizačnú sústavu a doterajšie spôsoby samotného systému riadenia a chránenia. Tieto zmeny ešte viacej ovplyvňuje čoraz väčší podiel obnoviteľných zdrojov, ktorý preniká do elektrizačnej sústavy, pričom táto zmena zásadne mení konvenčný koncept centrálnej výroby energie k miestnej výrobe a spotrebe. Integrácia obnoviteľných zdrojov energie (OZE) znižuje stratu pri prenose a zvyšuje prevádzkovú spoľahlivosť, pričom vznikajú nové problémy spojené s touto zmenou hlavne v systémoch chránenia, riadenia a lokalizácii porúch. Z tohto dôvodu je potrebný neustály výskum elektrizačnej sústavy pričom najperspektívnejší rozvoj majú do budúcnosti práve mikro grid systémy.

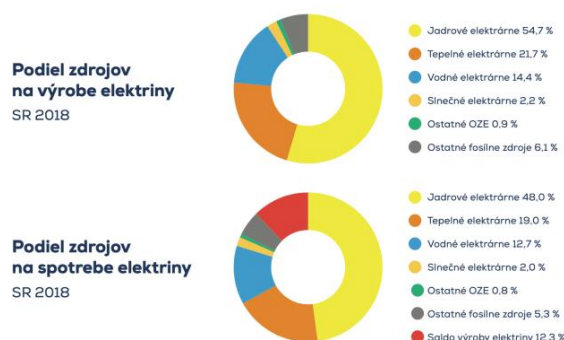
II. PLÁNY NA NÍZKO UHLÍKOVÉ ODVETVIE ENERGETIKY

Európska komisia pripravila plán, ako znížiť emisie v oblasti energetiky pri výrobe elektrickej energie.

Brusel 15. december 2011 – Aby sa dosiahol cieľ zníženia emisií o viac ako 80 % do roku 2050, pri výrobe energie v Európe nesmú vznikáť takmer žiadne emisie uhlíka. Odpoveď na otázku, ako sa to dá dosiahnuť bez narušenia zásobovania energiou a konkurencieschopnosti, poskytuje plán v oblasti energetiky na rok 2050, ktorý dnes Komisia predstavuje. Na základe analýzy súboru scenárov sa v uvedenom dokumente opisujú dôsledky energetickej sústavy bez emisií uhlíka a potrebný politický rámec. Členské štáty by tak mali mať možnosť robiť potrebné rozhodnutia v oblasti energetiky a vytvoriť stabilné podnikateľské prostredie pre súkromné investície, najmä do roku 2030 [1].

Energetická účinnosť a obnoviteľná energia sú rozhodujúce. Bez ohľadu na konkrétny zvolený energetický mix je na dosiahnutie cieľa v oblasti CO₂ do roku 2050 potrebná vyššia energetická účinnosť a významný rast podielu obnoviteľných energií [1].

Energetický mix slovenskej republiky pre podiel zdrojov výroby a spotreby elektriny pre rok 2018 je zobrazený na Obr. 1. Je jasne viditeľné, že podiel OZE zdrojov na spotrebe je v SR v roku 2018 stále pomerne malý, a to okolo 15,5% [2].



Obr. 1 Energetický mix výroby a spotreby SR 2018 [2]

Cieľom tohto plánu je dosiahnuť ciele nízkych emisií uhlíka do roku 2050 a zároveň zlepšiť konkurencieschopnosť Európy a bezpečnosť zásobovania energiou. Členské štáty už plánujú svoje energetické stratégie do budúcnosti, ale na účely koordinácie jednotlivých snažení v širšom rámci je potrebné spojiť sily [1].

III. MIKRO GRID SYSTÉMY

Vplyvom prenikania OZE do elektrizačnej sústavy vzniká množstvo problémov, pričom najperspektívnejšie do budúcnosti vyzerajú mikro grid systémy, ktoré môžu vyriešiť hlavné problémy riadenia a systémov chránenia spolu s lokalizáciou porúch.

Kľúčovou vlastnosťou mikro grid systému je plynulý prechod z ostrovnej prevádzky do prevádzky zo siete pričom sa využíva schopnosť auto kontroly v ostrovnom režime. V prípade vzniku poruchy v sústave, lokálne mikro grid systémy môžu zvýšiť spoľahlivosť elektrizačnej sústavy prejením do ostrovného režimu, pretože lokálne zdroje a OZE naďalej napájajú mikro grid systém. Výhody mikro grid znevýhodňujú technické problémy týkajúce sa riadenia a ochrany mikro grid systémov. Významnú výzvu v mikro grid systémoch je návrh vhodného energetického mixu lokálnych zdrojov energie a OZE, pričom správny návrh môže pomôcť vyriešiť problémy s riadením a systémom chránenia elektrizačnej sústavy.

Obr. 2 zobrazuje porovnanie konvenčných sietí s mikro grid, pričom systém chránenia aj riadenia v elektrizačnej sústave sa spolieha na radiálnu topológiu s výrobou na jednom konci a spotrebou na druhom konci. Jednotky OZE umiestnené v mikro grid však tento tradičný spôsob toku energie prepravy mení a nahrádza ho obojsmerným tokom energie z dôvodu umiestnenia výroby priamo v mieste spotreby. S uvažovaním mikro grid však vzniká otázka, ako vhodne vyvážiť energetický mix zdrojov a zabezpečiť pritom optimálnosť, udržateľnosť a hlavne ako zabezpečiť dostatočnú pružnosť siete za všetkých poveternostných podmienok. To prináša nové výzvy pri budovaní mikro grid systémov a následnom aplikovaní na súčasnú konvenčnú sieť. Pre riadenie takýchto mikro grid systémov v súčasnosti sú najviac využívané SCADA systémy.

IV. VETERNÉ ELEKTRÁRNE

Nepriaznivé pôsobenie integrácie OZE do tradičnej elektrizačnej sústavy môže vážne ovplyvniť stabilitu celej sústavy. V najhoršom prípade môže kaskádové šírenie poruchy spôsobiť blackout. Z tohto dôvodu je veľmi dôležité, aby boli vhodne umiestnené OZE, a to, čo najbližšie k miestu spotreby. Ako príklad nepriaznivého vplyvu môžeme opísať situáciu s veternými elektrárnami v Nemecku, ktoré sú umiestnené na severe. V prípade zvýšeného vetra z dôvodu prímorskej oblasti tieto veterné elektrárne dokážu vyrobiť veľké množstvo elektrickej energie, čo je dobre, ale problém nastáva v tom, ako dostať vyrobenú energiu, ktorá je na severe prevažne na južnú časť Nemecka, kde je väčšia spotreba elektrickej energie. Pri preťažovaní prenosovej sústavy a súčasného topologického zapojenia problém bude riešiteľnejší, ale stabilita bude stále ohrozená, pretože toto veľké množstvo energie má tendenciu smerovať tok výkonu smerom najmenšieho odporu, čo znamená, že cez menej zaťažené vedenia

okolitých štátov, čím vzniká problém pre tieto okolité štáty so stabilitou ich prenosových vedení. V súčasnosti je tento problém riešený pomocou transformátorov s fázovou reguláciou. Je to špeciálny druh výkonového transformátora využívaný na riadenie toku činného výkonu v prenosovej sústave. Toto zariadenie zabezpečí stabilitu okolitých štátov, ale nerieši však samotný problém. Pričom, ak by sme aplikovali rovnaký príklad na mikro grid systémy, tak tento problém by bol riešiteľný, pretože prenosová sústava by bola menej zaťažená z dôvodu lokálnej výroby a spotreby a v blízkosti týchto veterných elektrární je potrebné zvýšiť spotrebu napríklad postavením tovární, čím sa zaistí rovnomernejšie zaťaženie a vyrobené veľké množstvo elektrickej energie nebude potrebné prepravovať na veľké vzdialenosti. Prípadne máme možnosť využiť elektromobily, ktoré by sa mohli v danej lokalite nabíjať, prípadne ju môžeme využiť pri akumuláčnych systémoch, nákladných elektromobiloch na diaľnici, prípadne vlakovej doprave, čím dôjde k lokálnemu vyrovnaniu spotreby a výroby a zaistí sa tak stabilita elektrizačnej sústavy.

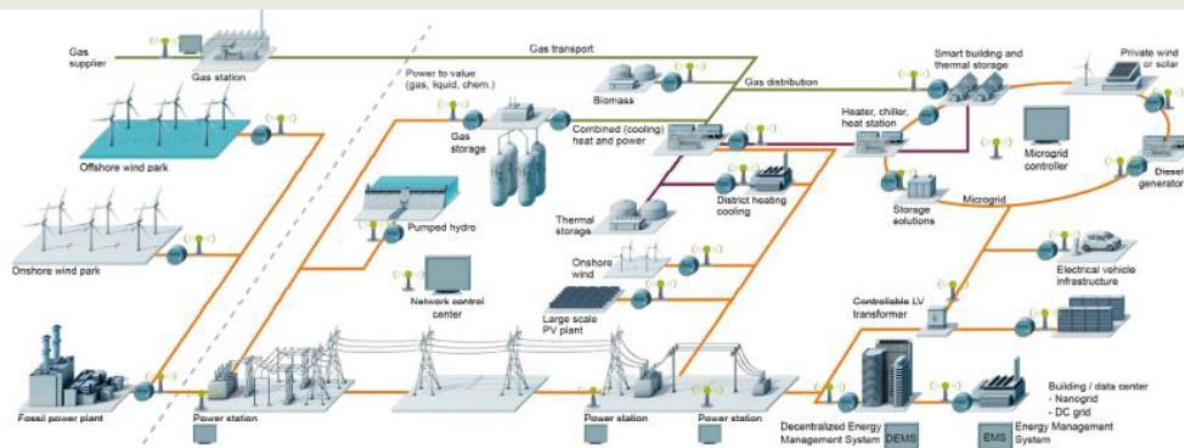
V. FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNE

Obdobný príklad vieme aplikovať, ale s opačným vplyvom na fotovoltaické elektrárne, ktoré sú, obdobne ako veterné, závislé od počasia. Ak by sme uvažovali s obdobnou situáciou, ale s variantom nepriaznivého počasia pre fotovoltaickú elektrárňu, tak lokálna záťaž bude spôsobovať obdobne problémy so stabilitou elektrizačnej sústavy, pretože je naopak nedostatok energie a dochádza k deformácii kvalitatívnych parametrov elektrickej energie, čím dôjde opäť k zaťaženiu okolitých prenosových sústav a zase k nestabilite elektrizačnej sústavy. Je to podobný problém, ako sme uviedli pri veterných elektrárnach. Z tohto dôvodu je potrebné brať veľký ohľad na správny energetický mix zdrojov.

Tradičná štruktúra energetických sietí v minulosti, ktorá v súčasnosti už končí:



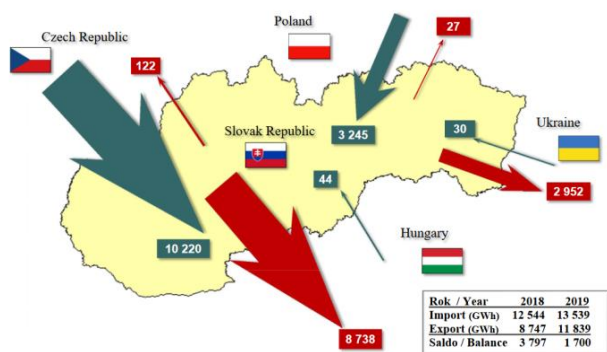
Nová štruktúra nastupujúcich energetických sietí:



Obr. 2 Porovnanie mikro grid sietí a konvenčných energetických sietí [3]

VI. CEZHRANIČNÉ TOKY ELEKTRINY ES SR

Pri zhodnotení vyváženosti energetického mixu SR v roku 2019, ktorý zobrazuje Obr. 3 a pri porovnaní s rokom 2018, je zrejme zlepšenie podmienok stability elektrickej sústavy SR v roku 2019 voči roku 2018. V roku 2019 došlo k zvýšeniu zaťaženia prenosových vedení na Slovensku smerovanie z Česka do Maďarska o 1142 GWh a rovnako vzrástlo zaťaženie prenosových vedení na Ukrajinu o 1155 GWh za rok 2019. Pričom saldo SR kleslo o 2097 GWh voči roku 2018 [4].



Obr. 3 Cezhraničné toky elektriny ES SR v roku 2019 [4]

VII. SYSTÉMY CHRÁNENIA MIKRO GRID

Na stabilitu elektrizačnej sústavy majú rovnako vplyv aj poruchy, ktorých kaskádové šírenie môže rovnako spôsobiť v najhoršom prípade rozpad elektrizačnej sústavy a následne blackout. Z tohto dôvodu je potrebné venovať pozornosť aj správnej parametrizácii ochrán, ktoré majú takýmto kritickým stavom zabrániť. Preto pri každej zmene v elektrizačnej sústave, či už v topológii, alebo pridaním OZE, alebo iného typu zdroja je vždy potrebné spraviť kontrolu systému chránenia, aby včas zabránil takýmto nežiaducim stavom a zabezpečil tak nepretržitú dodávku elektrickej energie.

Vhodným riešením pre minimalizáciu výpadku sú práve mikro grid systémy, ktoré lokálne dokážu vyrobiť dostatočné množstvo energie pre lokálnu spotrebu. Pritom sa však vynárajú ďalšie problémy. Dôležitým je výber vhodného energetického mixu zdrojov výroby elektrickej energie, aby za každých okolností bola výroba rovná spotrebe. Ak si vyberieme ako príklad OZE, tak vo väčšine zdrojov, ako sú napr. batériové systémy, malé veterné elektrárne, prípadne fotovoltaické elektrárne, sú použité polovodičové striedače, ktoré upravujú kvalitatívne parametre elektrickej energie na požadovanú kvalitu pre daný zdroj. Problém nastáva v tom, že toto zariadenie sa skladá z elektronických súčiastok, čo spôsobuje obmedzenie skratových prúdov pre chránenie samotného striedača, ktorý okamžite po poklese napätia reguluje skratový prúd na nominálny, čím výrazne ovplyvní doterajší spôsob systému chránenia. Preto je vhodné doplniť systém chránenia, vzájomnou komunikáciou. Keďže elektrický prúd už v takýchto schémach nemôžeme veľmi považovať za najvhodnejší parameter pre nastavovanie systému chránenia, je vhodné prispôsobiť nastavenia na parameter elektrického napätia, ktorý v takýchto prípadoch jednoznačnejšie lokalizuje poruchové miesto. Z tohto dôvodu je vhodné používať v takýchto mikro grid systémoch obsahujúcich aj OZE napríklad rozdielovú diferenciálnu ochranu SEL-387E, prípadne smerové nadprúdové ochrany a dištančné ochrany, ktoré sú vzájomne prepojené pomocou komunikačného

procesora SEL-2032. Práve z tohto dôvodu je potrebný ďalší výskum a vývoj meracích metód na presné lokalizovanie poruchového miesta.

VIII. LOKALIZÁCIA MIESTA PORUCHY

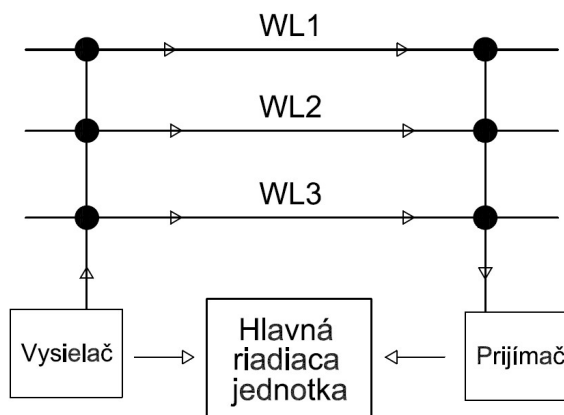
Do budúca budú mikro grid systémy obsahovať lokálnu riadiacu centrálu so zálohou pre prípad, ak by hlavná lokálna riadiaca centrála zlyhala. To znamená, že samotné digitálne ochrany sa budú tiež transformovať. Ako príklad uvedieme vlnový princíp merania, ktorý spoločnosť SEL začala zavádzať do svojich produktov. Tento princíp výrazne skraca dobu reakcie ochrany.

Ak uvažujeme systém chránenia v migro grid systémoch založenom na meraní napätia a prúdov, tak máme dostatok informácií o stave siete. Ako však efektívne spracovať tieto dáta do budúca? Postačuje nechať spracovávanie takýchto nameraných dát len samotnej jednej ochrane, ktorá podľa nastavených parametrov bude rozhodovať o vypnutí daného vývodu? Alebo bude na to vyhradená nejaká lokálna staničná riadiaca jednotka, ktorá bude spracovávať všetky namerané údaje z danej elektrickej stanice?

V každom prípade, skratové prúdy budú závislé len od energetického mixu zdrojov použitých v danej lokálnej mikro grid sieti a od parametrov vedení. Ak budeme sledovať parametre napätia, tak tento parameter je menej závislý od typu zdroja, ale je zase viac závislý od typu poruchy. Z toho vyplýva, že do budúca už nebude výhľadovo veľmi používané nastavenie samotných ochrán, ako reakčnej jednotky, ale ako jednotky na meranie, ktorá bude riadiť výkonový vypínač, prípadne vypínače pri prijatí signálu z riadiacej jednotky. Stále základným problémom je to, ako dané zariadenia budú do budúca merať jednotlivé jednotky prúdov a napätia, keďže v súčasnosti merajú sínusový priebeh, ktorý potom pomocou analógovo-digitálneho prevodníka na signál spracovateľný procesorom. Pri vzniku poruchy dochádza k deformácii sínusového priebehu napätia a prúdu a práve s týmto stavom majú problémy nadprúdové ochrany pri nízkych hodnotách skratového prúdu.

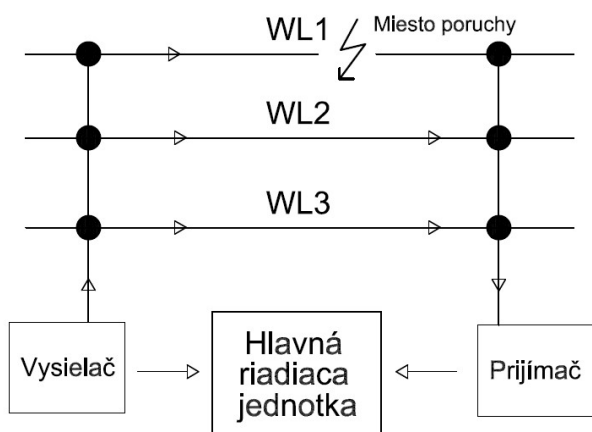
IX. LOKALIZÁCIA MIESTA PORUCHY POMOCOU SIGNÁLOV PO VEDENÍ

Preto významnejší vplyv na lokalizáciu porúch do budúca bude mať komunikácia signálov pomocou už existujúcich vedení. Táto metóda nie je ovplyvnená žiadnym z predošlých stavov, ani parametrov. Obr. 4 zobrazuje principiálnu schému tohto



Obr. 4 Princíp lokalizácia poruchového miesta signálom po vedení

jednoduchého systému. Vysielač na ľavej strane vyšle krátky signál pri poklese napätia a prijímač na druhom konci vedenia získava daný signál v určitom časovom intervale. Impulz signálu bude vyslaný postupne do každej fázy a následne potom bude spracovaný v prijímači.



Obr. 5 Lokalizácia poruchového miesta pomocou signálu po vedení

Pri vzniku prerušenia vedenia, ako zobrazuje Obr. 5 signál bude opäť poslaný do každej fázy pričom signál porušenie vedenia nedorazí k prijímaču a tým pádom je lokalizované miesto poruchy. Takto je možné lokalizovať poruchové miesto len za podmienky, ak dôjde k pretrhnutiu lana na danom vedení. Teda, ak by došlo len k pádu konára na vedenie, v takomto prípade nebude možné lokalizovať poruchové miesto a ani v káblových vývodoch by v obdobnom prípade pri vzniku skratu nebolo možné lokalizovať miesto poruchy.

Ak by sme napríklad tento princíp aplikovali na dištančné ochrany, išlo by o žiaduce rozšírenie a významné vylepšenie pôvodného princípu chránenia dištančných ochrán. Pričom stále je potrebný vývoj týchto metód na lokalizáciu poruchových miest alternatívnymi metódami, ktoré po spojení s už používanými, môžu doosiahnuť žiaduce zlepšovanie vlastností. Ďalšou dôležitou otázkou je, po akej vzdialenosti by mali byť nasadzované takéto lokalizačné zariadenia na vedeniach. Pri kratších ako päť kilometrov postačí takéto zariadenia umiestňovať na začiatok a koniec daného vedenia ako súčasť výzbroje systému chránenia.

X. AUTOMATIZÁCIA 22KV SIETÍ

Takáto automatizovaná sieť bola dokončená a odskúšaná v roku 2015 Západoslenskou distribučnou a spôsobila výrazné skrátenie času obnovenia prevádzky a lokalizovanie miesta poruchy. Tieto pridané prvky zabezpečili dostupnosť informácií o napätiach a prúdoch a možnostiach ovládania na diaľku. Využili spoluprácu s firmou ELVAC, ktorá vyvinula nové telemetrické jednotky RTU 7.4 a RTU7M. Tieto zariadenia majú zabudované ochranné funkcie nadprúdovej ochrany, a to skratovú ochranu, nadprúdovú ochranu, zemnú ochranu, automatické vypnutie v prípade neúspešného cyklu OZ. Tieto jednotky boli použité hlavne na úsekové odpináče. Nasadením takýchto zariadení je možné rovnako eliminovať niektoré poruchy, ktoré predovšetkým vznikajú dlhodobou degradáciou materiálu, napríklad izolácie alebo čiastočné prierazy, pričom takýto typ poruchy je veľmi zložitý lokalizovať. Jednotka komunikuje prostredníctvom GPRS (*General Packet Radio Service*) so servisným

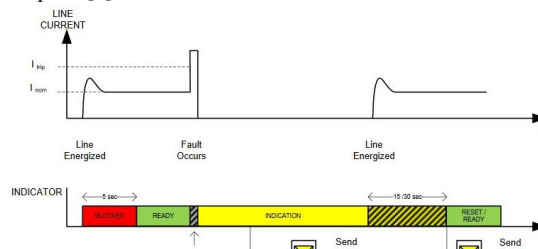
PC a s dispečerským pracoviskom [5]. Obr. 6 zobrazuje telemetrickú jednotku ELVAC RTU7.4.



Obr. 6 Telemetrická jednotka ELVAC RTU7.4 [6]

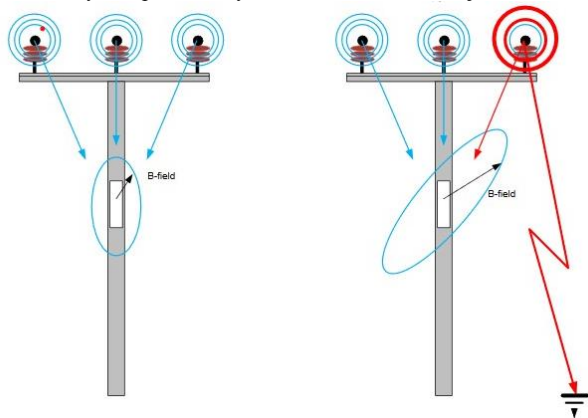
XI. INDIKÁTOR LINETROLL R400D

LineTroll R400D sa používa na lokalizáciu skratových a zemných porúch v distribučných sieťach nadzemného vedenia. LineTroll R400 je trojfázová jednotka, ktorá plne pokrýva rôzne konfigurácie porúch, ktoré sa môžu vyskytnúť. Indikátory sú umiestnené na strategických miestach pozdĺž línie, napríklad za odbočovacími bodmi a rozdeľovačmi. Upevňujú sa na stĺp 3-5 metrov pod vodičmi pomocou skrutiek alebo remienkov. Po zistení poruchy na linke začne indikátor indikovať poruchu červeným zábleskom s vysokou viditeľnosťou (trvalé poruchy). Tento blesk je možné vidieť do 2000 metrov počas noci a do 250 m za denného svetla. Nikdy nebude možné určiť presnú vzdialenosť, pretože bude veľmi individuálna. Šošovku indikátora je možné pre optimálnu viditeľnosť otočiť na ktorúkoľvek stranu. Indikátor má tiež samostatnú indikáciu prechodných porúch a varovania o vybití batérie. Pri detekcii poruchy budú fungovať všetky indikátory nainštalované medzi napájacou stanicou a poruchou. Indikátory umiestnené za poruchou zostávajú nečinné. LineTroll R400D má zabudovaný GSM modul, ktorý sa po poruche prebudí a okamžite pošle poplach do riadiaceho centra pomocou SMS. Operátor, preto ľahko identifikuje chybnú časť podávača, a to buď zo systému Nortroll mikro SCADA s názvom NetTroll, alebo z hlavného systému SCADA. Spoločnosť NorTroll tiež ponúka systémové riešenia na preposielanie alarmov viacerým príjemcom. Snímanie prístroja LineTroll R400D funguje na princípe detekcie zmien elektromagnetického poľa pod vodičmi. Jednotka je úplne samostatná. Linka by mala byť napájaná najmenej 5 sekúnd predtým, ako začne zariadenie pracovať (blokovanie zapínania, čas je nastaviteľný). Prúd linky by sa mal rýchlo zvyšovať nad hodnotu nastavenú používateľom (nominálna vypínacia úroveň). Detekcia bude zaslaná ak bude linka bez napätia [7].



Obr. 7 Funkcia zasielania poruchy dispečingu [7]

Poruchový prúd spôsobí rýchle zvýšenie elektromagnetického poľa, na ktoré bude detektor reagovať. Je dôležité si uvedomiť, že indikátor meria elektromagnetické pole, ktoré je produktom prúdu smerujúceho do napájača. Hodnoty vypínania pre skrat a zemné poruchy budú, preto orientačné, keď hodnoty vychádzajú z konfigurácie vodorovnej čiary s rozstupom 1,5 m a, kde je indikátor namontovaný 3 m pod stredným vodičom, ako zobrazuje Obr. 8 [7].



Obr. 8 Detekcia poruchového stavu LineTroll R400D [7]

XII. ZÁVER

Problematika integrácie OZE do elektrizačnej sústavy začína naberať v posledných rokoch na vážnosti z dôvodu skracujúceho sa času na aplikáciu a nariadení Európskej komisie. Problematika integrácie OZE aj do mikro grid systémov má základný problém v tom, ako správne navrhnuť energetický mix zdrojov, ktoré budú používané v danom systéme. Z čoho pramenia ďalšie otázky, ako riadiť a chrániť takýto systém a zabezpečiť tak nepretržitú prevádzku. Preto hlavnou úlohou článku bolo upozorniť za stále potrebný výskum a vývoj v tejto oblasti. Článok ponúka možnosti, ktorých kombinácie môžu užitočne poslúžiť na zlepšenie lokalizácie poruchových stavov pri implementovaní do jedného zariadenia, skracujú poruchový čas a prispievajú k stabilite elektrizačnej sústavy.

XIII. DISKUSIA

Výskum a ďalší vývoj mikro grid systémov ponúka možnosti, ako do budúca efektívne riadiť a optimalizovať výrobu elektrickej energie. S tým súvisí niekoľko problémov, ktoré je potrebné riešiť. Ak chceme využiť už vybudovanú infraštruktúru, bude potrebné zohľadniť, do akej miery je vôbec možné využiť aplikáciu mikro grid

do súčasnej elektrizačnej sústavy. Hlavný vplyv na systémy chránenia má práve topológia sústavy.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0576. a Grant FEI č. FEI-2020-62 a grantová agentúra kultúry a vzdelávania Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky (KEGA) v rámci projektu č. 008TUKE-4/2019.

LITERATÚRA

- [1] M. Holzner, N. Bockstaller, "Plán v oblasti energetiky do roku 2050: dosiahnuť bezpečné, konkurencieschopné a nízkouhlíkové odvetvie energetiky je možné" *Tlačová správa*, [Online], [cit. 18.1.2021] Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sk/IP_11_1543>.
- [2] SEPS, Energetický mix výroby a spotreby SR 2018, ročenka 2018 [Online], [cit. 18.1.2021] Dostupné na internete: <https://www.greenlogy.com/centrupomoci/sprava_palivovy_mix_aktual>.
- [3] M. Didala, "Riešenia dispečerských systémov v prostredí budovania inteligentných sietí," prezentácia Poráč, 2015, [Online], [cit. 18.1.2021] Dostupné na internete: <<http://people.tuke.sk/dusan.medved/Porac/2015/Dibala.pdf>>.
- [4] SEPS, cezhraničné toky elektriny ES SR za rok 2019, str. 5, ročenka 2019, [Online], [cit. 18.1.2021] Dostupné na internete: <https://www.sepsas.sk/Dokumenty/RocenkySed/ROCENKA_SED_2019.pdf>.
- [5] M. Horák, "Automatizácia sietí 22kV" prezentácia, 2014, [Online], [cit. 19.1.2021] Dostupné na internete: <<https://docplayer.cz/43278689-Automatizacia-sieti-22-kv.html>>.
- [6] ELVAC, "Telemetrická jednotka ELVAC", [Online], [cit. 19.1.2021] Dostupné na internete: <<https://www.rtu.cz/en/home/products/compact-rtu>>.
- [7] NORTROLL, "LineTroll R400D" používateľská príručka, 2013, [Online], [cit. 19.1.2021] Dostupné na internete: <<http://people.tuke.sk/dusan.medved/Porac/2015/Dibala.pdf>>.

ADRESY AUTOROV

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

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

Juraj Kurimský, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, juraj.kurimsky@tuke.sk

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