

Róbert Štefko, Miroslav Jarolin, Zsolt Čonka, Michal Kolcun, Marek Pavlík, Dušan Medved',
Jozef Király, Juraj Kurimský

Chránenie a prevádzka obnoviteľných zdrojov energie v distribučných sieťach

Integrácia obnoviteľných zdrojov energie (OZE) do distribučných sietí vytvára tlak na distribučné spoločnosti, ktoré dávajú súhlas a stanovujú podmienky na pripojenie takýchto zdrojov. Preto je potrebné poukázať na problematiku chránenia distribuovaných zdrojov elektrickej energie a poukázať na aktuálne platné požiadavky jednotlivých distribučných spoločností na území Slovenskej republiky a Česka. Tieto zmeny ovplyvňujú celú sieť ako aj prevádzkové straty, požiadavky na dodržanie kvalitatívnych parametrov elektrickej energie, spoľahlivosti a bezpečnosti siete a obslužného personálu a zmena napäťových pomerov v dôsledku pripájania distribuovaných zdrojov elektrickej energie.

Kľúčové slová: obnoviteľné zdroje energie, decentralizovaná výroba, systémy chránenia, distribuovaný zdroj

The integration of renewable energy sources (RES) into distribution networks puts pressure on distribution companies, which give consent and set conditions for connection of such sources. Therefore, it is necessary to highlight the issue of the protection of dispersed sources of electricity and to point out the current requirements of individual distribution companies in the Slovak Republic and the Czech Republic. These changes affect the entire network as well as operating losses, requirements for compliance with the quality parameters of electricity, reliability and safety of the network and service personnel and the change in voltage conditions due to the connection of distributed sources of electricity. **(Protection and operation of renewable energy sources in distribution networks)**

Keywords: renewable energy sources, decentralized production, protection systems, distributed sources

I. ÚVOD

Rozdiel medzi centralizovanou a decentralizovanou výrobou je značný zatiaľ, čo pri centralizovanej výrobe využívame veľké zdroje tak pri decentralizovanej výrobe zase využívame veľa malých zdrojov v blízkosti záťaže pričom medzi najpopulárnejšie patria práve fotovoltaické systémy spolu s batériovými systémami, malé vodné elektrárne prípadne bioplynové stanice. Teda mení sa spôsob distribúcie, prenosu a rozvodu elektrickej energie pričom sa zdroje elektrickej energie presúvajú do blízkosti spotreby čím sa menia aj smery toku energie z jednosmerných na obojsmerné a práve, aj tento fakt komplikuje chránenie rozptýlených zdrojov elektrickej energie. Obnoviteľné zdroje elektrickej energie (OZE) okrem toho majú zásadný vplyv na veľkosť skratových pomerov v distribučných sieťach (DS). Súčasným trendom je zvyšovanie podielu vyrobenej elektrickej energie z OZE. Na tieto zdroje sú kladené hlavne nároky v kvalite dodávanej energie a spätné vplyvy na DS. Tieto zmeny vedú k aktívnemu podieľaniu sa odberateľov na riadení DS. Nasadzovanie OZE a vytváranie mikrosietí si bo budúca bude vyžadovať ešte veľa zmien pričom jednou z aktuálne riešených je zvýšenie kvality merania nasadzovaním inteligentných meracích systémov.

II. PROBLÉMY VZNIKÁJUCE INTEGRÁCIOU DISTRIBUOVANÝCH ZDROJOV

Obmedzenie príspevku skratového prúdu z OZE je spôsobené hlavne využívaním striedačov, ktorých maximálny skratový príspevok neprekročí dvojnásobok menovitého prúdu z čoho vyplýva, že zotrvačnosť OZE využívajúcich striedače je nulová. Pri porovnaní so synchronnými zdrojmi je príspevok skratového prúdu okolo päť až osemnásobku menovitého prúdu, čo predstavuje vysokú zotrvačnosť. Spätný vplyv distribuovaných zdrojov na DS je potrebné udržiavať

v určitých kvalitatívnych parametroch. Z tohto dôvodu je potrebné pri pripájaní akéhokoľvek zdroja dodržiavať stanovené kvalitatívne parametre. Kvalitou energie vo verejných sieťach na úrovni nízkeho napätia (NN), vysokého napätia (VN) a veľmi vysokého napätia (VVN) sa zaoberá norma STN EN 50160. Účinník pripojených zdrojov nad 4,6 kVA na hladine NN sa musí držať v medziach 0,95 kapacitného charakteru a 0,95 indukčného charakteru. U zdrojov pripojených na hladine VN a VVN musí byť zdroj schopný dodávať činný výkon v medziach induktívneho charakteru $\cos(\varphi) = 0,85$ až 1 a kapacitného charakteru $\cos(\varphi) = 1$ až 0,95 pri menovitých hodnotách napätí a frekvencie [1].

Používaním polovodičových spínacích prvkov vzniká nepriaznivý vplyv na sieť, a to v podobe vyšších harmonických. Môže sa jednať o prúdové alebo napäťové vyššie harmonické. Vyššie harmonické tvoria násobky základnej frekvencie 50 Hz v Európe. Vyššie harmonické môžu mať vplyv na funkčnosť, poškodzovanie alebo výrazné skrátenie životnosti elektronických zariadení. U indukčných zariadení vyššie harmonické spôsobujú vyššie straty vo vinutiach a v prípade točivých strojov vibrácie. Pre filtráciu sa používajú aktívne filtre, pomocou ktorých sa eliminuje vplyv vyšších harmonických zo siete a prípadne do siete. Meranie vyšších harmonických je popísané v norme EN 61000-4-7. Údaje o generovaní vyšších harmonických je možné overiť meraním alebo ich vyžiadať od výrobcu zariadenia [2].

Spoločnosť Západoslovenská Distribučná (ZSD) udáva, že celkový činiteľ harmonického skreslenia (THDU) až do rádu 40tej harmonickkej nesmie presiahnuť hodnotu 8 %. Takéto meranie harmonického skreslenia sa vykonáva pomocou analyzátorov siete [3]. Miera napäťovej nesymetrie vzniká pripájaním rozdielneho počtu jednofázových zariadení do trojfázovej sústavy. Negatívny vplyv bol zaznamenaný predovšetkým u indukčných motorov, kde nesymetria vedie k vysokým stratám na statore, rotore a môže viesť až k

deštrukcií. Je to dané vplyvom rozbehového prúdu, ktorý pri rozbehu dosahuje až 6-násobok nominálneho prúdu, a už pri trojpercentnej napäťovej nesymetrii môže táto prúdová nesymetria dosiahnuť až 18 % [4]. Distribučné spoločnosti z tohto dôvodu obmedzujú pripojenie jednofázových distribuovaných zdrojov na 4.6 kVA [3][5].

III. POŽIADAVKY A KLASIFIKÁCIA ZDROJOV PRIPAJANÝCH DO NN A VN

Podľa spôsobu umiestnenia môžu byť systém chránenia umiestnený priamo v striedači alebo samostatne. Systém chránenia v striedači môžeme rozdeliť na dve skupiny. Prvá skupina chráni jednotlivé časti samotného striedača zatiaľ, čo druhá skupina slúži na ochranu siete. Pre samostatne umiestnené ochranné systémy platia rovnaké podmienky vzhľadom na sieť pričom sú úplne nezávislé od striedača. Tento systém chránenia musí byť schopný komunikovať zo striedačom, prijímať a reagovať na signály od prevádzkovateľa distribučnej siete (PDS) a hlavného rozhodovacieho miesta (HRM). Požiadavky na distribuované zdroje energie sa líšia podľa kategórií, do ktorých sú tieto zdroje zaradené podľa nariadenia komisie Európskej Únie (EU) č.2016/631 [6].

TABUĽKA I
Rozdelenie zdrojov podľa ZSD, SSD (Stredoslovenská Distribučná) a (Východoslovenská Distribučná) VSD [1], [7], [8].

| Kategória | Výkonová hranica | Napät'ová hranica miesta pripojenia do DS. |
|-----------|--|--|
| A | $0.8 \text{ kW} \leq \text{PN} < 100 \text{ kW}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| B | $100 \text{ kW} \leq \text{PN} < 5 \text{ MW}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| C | $5 \text{ MW} \leq \text{PN} < 20 \text{ MW}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| D | $20 \text{ MW} \leq \text{PN}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| | Nerelevantný | $\geq 110 \text{ kV}$ |

TABUĽKA II
Rozdelenie zdrojov podľa ČEZ (České energetické závody) a EG.D (Electricity and Gas Distribution) [9], [10].

| Kategória | Pod kat. | Výkonová hranica | Napät'ová hranica miesta pripojenia do DS. |
|-----------|----------|---|--|
| A | A1 | $800 \text{ W} \leq \text{PN} \leq 11 \text{ kW}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| | A2 | $11 \text{ kW} < \text{PN} < 100 \text{ kW}$ | |
| B | B1 | $100 \text{ kW} \leq \text{PN} < 1 \text{ MW}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| | B2 | $1 \text{ MW} \leq \text{PN} < 30 \text{ MW}$ | |
| C | C | $30 \text{ MW} \leq \text{PN} < 75 \text{ MW}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| D | D | $75 \text{ MW} \leq \text{PN}$ | $\geq 110 \text{ kV}$ |

TABUĽKA III
Rozdelenie zdrojov podľa nariadenia komisie EU č. 2016/631 [6].

| Kategória | Výkonová hranica | Napät'ová hranica miesta pripojenia do DS. |
|-----------|---------------------------------|--|
| A | $0.8 \text{ kW} \leq \text{PN}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| B | $1 \text{ MW} \leq \text{PN}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| C | $50 \text{ MW} \leq \text{PN}$ | $< 110 \text{ kV}$ |
| D | $75 \text{ MW} \leq \text{PN}$ | $\geq 110 \text{ kV}$ |

Z nariadenia EU vyplýva, že rozdelenie limitov je pre maximálnu kapacitu rovná alebo vyššia ako prahová hodnota udávaná v Tabuľke III navrhnutá každým z príslušných prevádzkovateľov prenosovej sústavy. Návrh maximálnych prahových hodnôt kapacity pre výrobné kategórie typu B, C a D podlieha schváleniu príslušný regulačný orgán alebo členský štát, podľa potreby. Pri vypracúvaní návrhov príslušný prevádzkovateľ prenosovej sústavy poskytne svoje koordinuje svoju činnosť so susednými prevádzkovateľmi prenosových sústav a prevádzkovateľmi distribučných sústav a vykonáva verejnú konzultáciu v súlade s článkom 10. Návrh príslušného prevádzkovateľa prenosovej sústavy na zmenu prahových hodnôt sa nepredkladá skôr, ako tri roky po predchádzajúcom návrhu [6].

Pripájanie do napäťovej hladiny NN platí pre malé distribuované zdroje energie prevažne pre domáce elektrárne VSD stanovuje možnosť pripojenia výkonu do 4.6 kVA pre jednofázové systémy a pre trojfázové systémy do 30 kW. Vo výnimočných prípadoch je možné pripájanie aj výkonov nad 30 kW pričom je potrebné pripájanie už cez TS pričom inštalovaný výkon nesmie prekročiť 80 % inštalovaného výkonu transformátora v transformátorovej stanici (TS). Pre pripájanie na napäťovú hladinu VN je už potrebné vybudovať vlastnú TS s náležitými požiadavkami podľa PDS. Pre pripojenie na napäťovú hladinu VVN je potrebné výkonovo spadať do kategórie typu D [3].

IV. POŽIADAVKY A ODPORÚČANÉ NASTAVENIA OCHRANNÝCH SYSTÉMOV

Pri kategórii A s inštalovaným činným výkonom do 10 kW nie je potrebná samostatná sieťová ochrana ak je použitý iba jeden striedač, ktorý nesmie byť hybridný. Striedač umožňuje nastavenie napäťovej a frekvenčnej ochrany podľa požiadaviek PDS. Pričom ak sa hybridný systém podrobí typovej skúške, ktorá preukáže funkcionálnosť daného systému plniť požiadavky PDS [3].

Zdroje s inštalovaným činným výkonom nad 10 kVA je potrebné pre zachovanie bezpečnosti a stability siete chrániť samostatnou sieťovou ochranou, ktorá bude pôsobiť na HRM pri prekročení podmienok prevádzky daných PDS. Ochrana musí byť realizovaná ako samostatné zariadenie oddelené od riadiaceho systému zdroja, s overeným certifikátom o zhode pre priemyselné ochrany [3].

Požiadavky kladené na systémy chránenia pre zdroje pripájané do napäťovej hladiny NN sú: podpäťová ochrana (27, <U), nadpäťová ochrana (59, U>), pod frekvenčná ochrana (81U, f>), nadfrekvenčná ochrana (81O, f<), synchronizačnú ochranu (25, SYNC), automatika opätovného zapínania (OZ) (79, O->I), ochrana zmeny frekvencie (81R, df/dt). V prípade ak striedač nedisponuje takýmto systémom chránenia je potrebné použitie externej ochrany, ako napríklad nasledujúce, ktoré spoločnosť VSD akceptuje CZE+ U-f Guard [11], Bender VMD423-D-2 [12] alebo ComAP-MainsPro [13].

Pre pripájanie na napäťovú úroveň VN je potrebná montáž osobitnej elektrickej ochrany, ktorá musí podliehať norme STN 33 3051. Bližšie špecifikácie potrebných ochranných funkcií, ich nastavenie a typ vydáva PDS. Pri pripájaní zdroja na úrovni VN rozhoduje poloha zdroja od najbližšej TS a jej rezervovaného výkonu. Pri pripájaní sa zväčša využívajú reclosery, ktoré priamo umožňujú komunikáciu a integráciu ochrany. Tieto reclosery zároveň môžu slúžiť, ako HRM a výhodou je ich diaľkové riadenie z dispečerského centra PDS. Na VN úrovni je taktiež potrebné zriadiť vlastnú TS. Ako HRM u týchto zdrojov môže slúžiť vypínač na strane NN/VN, ktorý bude možné ovládať miestne a pomocou dispečerského centra. Na akčný člen HRM bude reagovať ochrana, ktorá pri prekročení daných parametrov alebo povelom z dispečerského centra odpojí zdroj od DS. Taktiež je vyžadovaná automatika OZ, ktorá môže reagovať až po povolení od PDS, a ak príslušné nastavené hodnoty budú v rozmedziach po stanovený čas. Prvky recloserov s diaľkovým ovládaním zahŕňujú aj elektrickú ochranu, ktorá by mala poskytovať dostatočnú funkcionálnosť. Používané elektrické ochrany sú pripájané poväčšine na VN stranu zdroja, za transformátorom a slúžia zároveň aj ako ochranný systém transformátora [3].

Odporúčané nastavenie podľa [1], [7], [8], [9] a [10] pre kategóriu A : Podpätie (U<) $0.85 \times U_n$ pri maximálnom čase vypínania (t_{max}) 0.75 s, Nadpätie (U>) 1 stupeň $1.1 \times U_n$ pre t_{max} 3 s, 2 stupeň $1.15 \times U_n$

pre t_{max} 1 s, 3 stupeň $1.2xU_n$ pre t_{max} 0.1 s, Podfrekvencia ($f<$) 47.5 Hz pri t_{max} 0.2 s a Nadfrekvencia ($f>$) 51.5 Hz pri t_{max} 0.2 s.

Odporúčané nastavenie podľa [1] pre kategóriu B : Podpätie ($U<$) 1 stupeň $0.7xU_n$ pri t_{max} 1.4 s, 2 stupeň $0.3xU_n$ pri t_{max} 0.15 s, Nadpätie ($U>$) 1 stupeň $1.15xU_n$ pre t_{max} 30 s, 2 stupeň $1.2xU_n$ pre t_{max} 0 s, Podfrekvencia ($f<$) 47.5 Hz pri t_{max} 0.1 s a Nadfrekvencia ($f>$) 51.5 Hz pri t_{max} 0.1 s.

Odporúčané nastavenie podľa [1] pre kategóriu C : Podpätie ($U<$) 1 stupeň $0.85xU_n$ pri t_{max} 2.7 s, 2 stupeň $0.3xU_n$ pri t_{max} 0.25 s, Nadpätie ($U>$) 1 stupeň $1.15xU_n$ pre t_{max} 5 s, 2 stupeň $1.2xU_n$ pre t_{max} 0 s, Podfrekvencia ($f<$) 47.5 Hz pri t_{max} 0.1 s a Nadfrekvencia ($f>$) 51.5 Hz pri t_{max} 0.1 s.

Odporúčané nastavenie podľa [1] pre kategóriu D : Podpätie ($U<$) 1 stupeň $0.85xU_n$ pri t_{max} 2.7 s, 2 stupeň $0.3xU_n$ pri t_{max} 0.35 s, Nadpätie ($U>$) 1 stupeň $1.15xU_n$ pre t_{max} 60 min, 2 stupeň $1.2xU_n$ pre t_{max} 5 s, Podfrekvencia ($f<$) 47.5 Hz pri t_{max} 0.1 s a Nadfrekvencia ($f>$) 51.5 Hz pri t_{max} 0.1 s.

V. PREVÁDZKOVÉ PODMIENKY DISTRIBUOVANÝCH ZDROJOV ENERGIE V DS

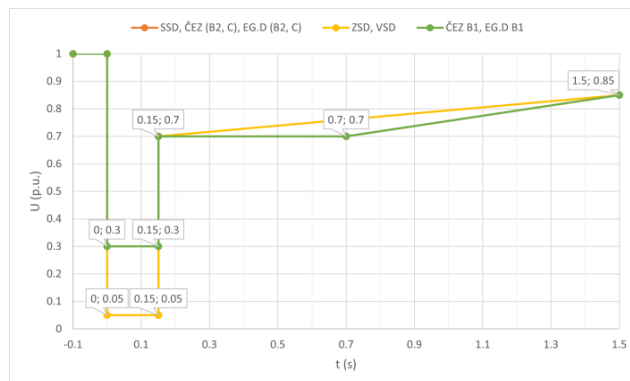
Pre udržanie kvalitatívnych parametrov elektrickej energie boli zvolené limity, ktoré je potrebné udržať pre zachovanie stability a maximálnej efektívnosti elektrizačnej sústavy. Frekvenčná stabilita predstavuje pomer výroby a spotreby v ideálnom prípade jedna. Pri využití striedačou je zotrvačnosť systému veľmi malá, pretože striedače nedisponujú žiadnym rezervným výkonom, ktorý by mohli poskytnúť, jedine ak by boli počas normálnej prevádzky využívané na menej ako 80 %. Na takéto nežiaduce narušenie môžu zareagovať ochranné systémy postupným vypínaním čím sa stabilita ešte viac ohroží. Zdroj, preto musí ostať pripojený do DS pri určitej zmene frekvencie. Maximálna hodnota rýchlosti zmeny frekvencie nesmie presiahnuť ± 2 Hz/s. Zmeny frekvencie sú merané ako stredné derivácie zmeny počas 0.5 s [3].

Pre zabezpečenie stability sústavy boli určené nasledujúce charakteristiky pre prevádzku počas skratu pre jednotlivé kategórie, ako zobrazujú **Obr. 1** až **Obr. 4**. Zdroje kategórie B a C musia pred pripojením prejsť testovaným pričom musia byť schopné, počas definovaného časového priebehu napätia v mieste pripojenia pre poruchové podmienky, udržať pripojenie do siete a pokračovať v stabilnej prevádzke.

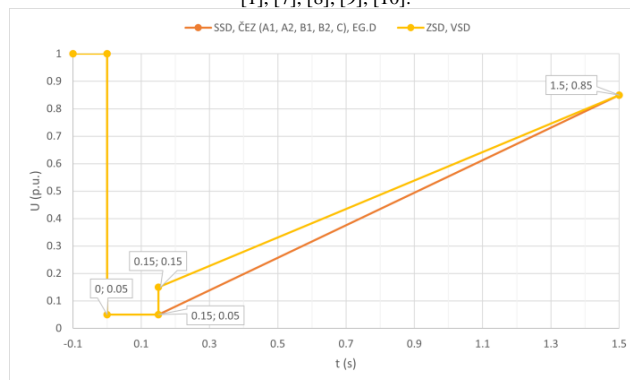
Pre synchronný zdroje, ako vyplýva z priebehu podľa **Obr. 1** musí zdroj vydržať pokles napätia na $0.05xU_n$ s následným nárastom na $0.7xU_n$ po dobu 0.15 s a s obnovovaním napätia do $0.85xU_n$ po dobu 1.5 s. Distribučné spoločnosti SSD, ČEZ a EG.D majú v porovnaní so ZSD a VSD iba miernu odchýlku v jednom bode v čase 0.7 s. Zatiaľ, čo v porovnaní ČEZ a EG.D pre kategóriu B1 majú skrátený pokles napätia na $0.3xU_n$ po dobu 0.15 s.

Pre nesynchronný zdroje, ako vyplýva z priebehu podľa **Obr. 2** musí zdroj vydržať pokles napätia na $0.05xU_n$ po dobu 0.15 s a s obnovovaním napätia do $0.85xU_n$ po dobu 1.5 s. Táto charakteristika je zásadná pre nasadzovanie striedačov, keďže podľa nej prebiehajú typové skúšky. V tomto prípade je rozdiel iba v jednom bode v čase 0.15s pre ZSD a VSD, kde obnova napätia je vysunutá na $0.15xU_n$.

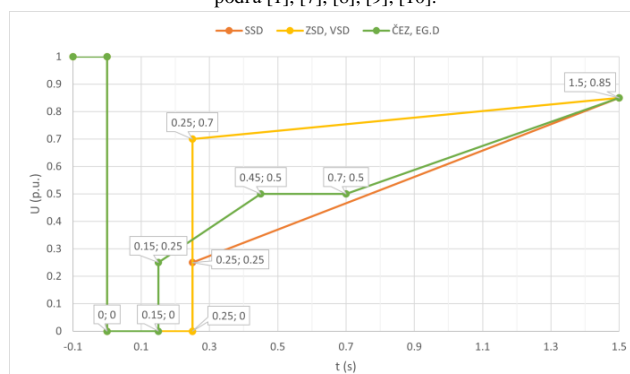
Pre synchronný zdroje, ako vyplýva z priebehu podľa **Obr. 3** musí zdroj vydržať pokles napätia na nulu s následným nárastom na od $0.25xU_n$ až po $0.7xU_n$ po dobu 0.25 s a s obnovovaním napätia do $0.85xU_n$ po dobu 1.5 s. Distribučné spoločnosti SSD, ČEZ a EG.D majú v porovnaní so ZSD a VSD v tomto prípade značné rozdiely.



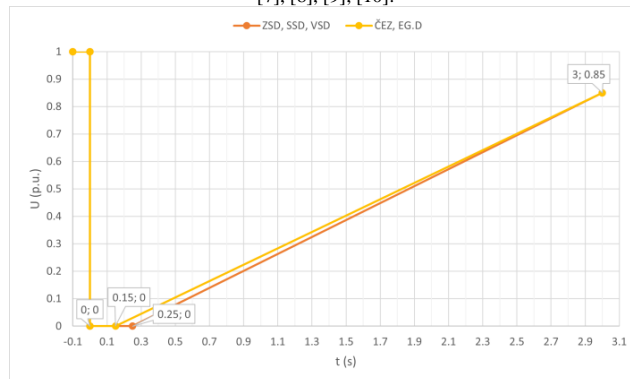
Obr. 1 Schopnosť prevádzky počas skratu, synchronné zdroje typu B a C podľa [1], [7], [8], [9], [10].



Obr. 2 Schopnosť prevádzky počas skratu, nesynchronné zdroje typu B a C podľa [1], [7], [8], [9], [10].



Obr. 3 Schopnosť prevádzky počas skratu, synchronné zdroje typu D podľa [1], [7], [8], [9], [10].



Obr. 4 Schopnosť prevádzky počas skratu, nesynchronné zdroje typu D podľa [1], [7], [8], [9], [10].

Kde ZSD a VSD majú nárast v čase 0.25s až na 0.7xUn pričom všetky ostatné spoločnosti uvažujú s horším priebehom a následnou obnovou napätia. ČEZ a EG.D majú najkratšiu dobu poklesu napätia pre tento typ zdroja, a to len na dobu 0.15 s.

Pre nesynchronný zdroj, ako vyplýva z priebehu podľa Obr. 4 musí zdroj vydržať pokles napätia na nulu po dobu 0.15 až 0.25 s a následnou obnovou napätia do 0.85xUn po dobu 3 s. V tomto prípade je rozdiel iba v čase oneskorenia o 0.1 s pre ZSD, VSD a SSD, kde je obnova napätia strmšia, ako je u ČEZ a EG.D.

Po prekonaní plánovaného odpojenia zdroje typu A, B a C môžu byť opätovne pripojené k DS až po prijatí signálu na odblokovanie HRM z riadiaceho centra PDS alebo automatickým oneskorením v intervale 300 – 900 s. Fázovací prvok je možné zapnúť ak je napätie v rozsahu pre typ A 95 – 110% Un a pre typ B a C v rozsahu 95 – 105% Un pri frekvenčnom rozsahu 47.5 – 50.05 Hz po dobu minimálne 300 s [1], [7], [8], [9], [10].

Automatické pripojenie po poruche pre zdroje typu B, C a D odpojené od siete z dôvodu zapôsobenia ochrán pôsobiacich na HRM, môžu byť opätovne pripojené k DS. Fázovací prvok je možné zapnúť ak sú napätia v intervale 95 – 110% Un pri frekvenčnom rozsahu 47.5 – 50.05 Hz po dobu minimálne 300 s [1], [7], [8], [9], [10].

VI. ZÁVER

Cieľom príspevku bolo poukázať na rozdiely medzi jednotlivými distribučnými spoločnosťami pôsobiacimi na území Slovenskej Republiky a Českej Republiky. Porovnanie ich technických podmienok na pripájanie distribuovaných zdrojov elektrickej energie preukázalo rozdiely medzi jednotlivými kategóriami zdrojov, pričom najvýraznejší rozdiel mali zdroje kategórie D pre synchronné zdroje. Z tohto dôvodu je možné hodnotiť, že typové skúšky stieťačov sú približne rovnaké. Problémy, ale s distribuovanými zdrojmi energie nastáva pri riadení, keďže ešte stále nie je jasná stratégia prevádzky takýchto zdrojov. Napredovanie pokročilo aj v oblasti systémov chránenia pre takéto zdroje hlavne pre napäťovú hladinu NN, pričom je ešte stále potrebné zvyšovať spoľahlivosť a flexibilitu nastavenia takéhoto systému. Článok rovnako poskytuje odporúčané nastavenia pre systém chránenia takýchto zdrojov podľa vybraných distribučných spoločností.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-19-0576 a Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied (VEGA) v rámci projektu č. 1/0757/21.

LITERATÚRA

- [1] VÝCHODOSLOVENSKÁ DISTRIBUČNÁ: Technické podmienky prevádzkovateľa distribučnej sústavy, 2019. [Online], [cit. 2022-10-17]. Dostupné na internete: < https://www.vsd.sk/mdoc/dso.B6000.A/doc/20190401_VSD_Technicke_Podmienky_PDS.pdf >.
- [2] HORVÁT, M.: Analýza pripojenia decentralizovaných zdrojov a posúdenie spätných vplyvov na distribučnú sústavu: Diplomová práca, Košice: TU, 2013, 70 s.
- [3] JAROLIN, M.: Ochrany pri pripájaní rozptýlených zdrojov: Bakalárska práca, Košice: TU, 2021, 57 s.
- [4] KANÁLIK, M. et al.: Nepriaznivé vplyvy nesymetrie napätia na elektrické zariadenia a možnosti ich eliminácie, In: AT&P journal, HMD Bratislava, 2010, s. 51-53, ISSN: 1336-233X.
- [5] STN EN 50160: Charakteristiky napätia elektrickej energie dodávanej z verejnej elektrickej siete. Slovenský ústav technickej normalizácie, 2011.
- [6] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2016/631 z 14. apríla 2016 ktorým stanovuje sieťový predpis pre požiadavky na pripojenie výrobcov elektriny do elektrizačnej sústavy (Ú. V. EÚ L112, 27.4.2016, s. 1-68), Dostupné na internete: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0631&from=EN> >.
- [7] ZAPADOSLOVENSKÁ DISTRIBUČNÁ: Technické podmienky prevádzkovateľa distribučnej sústavy, 2019. [Online], [cit. 2022-10-18]. Dostupné na internete: < https://www.zsdis.sk/documents/13207/ZSD_Technicke_podmienky_PD_S_0419 >.
- [8] STREDOOSLOVENSKÁ DISTRIBUČNÁ: Technické podmienky prevádzkovateľa distribučnej sústavy, 2019. [Online], [cit. 2022-10-19]. Dostupné na internete: < https://www.ssd.sk/buxus/docs/dokumenty/o_nas/legislativa/Technick%C3%A9%20podmienky%20Stredoslovenskej%20distribuc%C4%8Dnej%20%20a.s.%20od%2015.02.2021.pdf >.
- [9] ČESKÉ ENERGETICKÉ ZÁVODY: Pravidla provozování distribučních soustav příloha 4, 2022. [Online], [cit. 2022-10-20]. Dostupné na internete: < https://www.cezdistribuce.cz/webpublic/file/edee/distribuce/ppds/ppds-2022_priloha-4.pdf >.
- [10] ELECTRICITY AND GAS DISTRIBUTION: Pravidla provozování distribučních soustav příloha 4, 2020. [Online], [cit. 2022-10-20]. Dostupné na internete: < <https://www.egd.cz/sites/default/files/2021-01/p/C5%99%C3%ADloha%204%20%20Pravidla%20pro%20paraleln%C3%AD%20provoz%20v%C3%BDroben%20a%20akumulac%C4%8Dn%C3%ADch%20za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20%2001%202021.pdf> >.
- [11] CZ-ELEKTRONIKA PLUS: U-f guard. [Online], Dostupné na internete: < https://www.cz-elektronika.cz/assets/web/docs/datasheet_cz.pdf >.
- [12] Bender GmbH: Linetraxx® VMD 423 Manuals. [Online], Dostupné na internete: < https://www.bender.de/en/products/measuring-and-monitoring-relays/linetraxx_vmd423vmd423h >.
- [13] COMAP: MainsPro 1.4 Kompletní Příručka, 2013. [Online] Dostupné na internete: < https://www.comap-control.com/getcomapfile/8PiLeX98dy8IEcvIaI08gV_8_icGB148F4pgjnS15eV9OaRyceE9SF0N40FAewXKsMFiDeP3Bw-Q3GQdm0qTALkwVRENmdDFbSry5w65Eg6wsMiNwaOiyKUfirYRT-oiio/MainsPro-1-4-Kompletni-prirucka.pdf.aspx >.

ADRESY AUTOROV

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

Miroslav Jarolin, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, miroslav.jarolin@student.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

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

Dušan Medved, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, dušan.medved@tuke.sk

Jozef Király, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, jozef.kiraly@tuke.sk