[4] MALEKI, Sajad a Mehrdad TARAFDAR HAGH. Review of PV power ramp rate control methods and their requirements. SVU-International Journal of Engineering Sciences and Applications [online]. 2021, 2(2), 14-25 [cit. 2022-03-30]. ISSN 2735-4571. doi:10.21608/svusrc.2021.83458.1011.
[5] Shapiro–Wilk Test in R Programming. GeeksforGeeks [online]. 16.7.2020 [Date of citation: 2022-03-31]. Web adress: https://www.geeksforgeeks.org/shapiro-wilk-test-in-r-programming/.
[6] Unpaired Two-Samples Wilcoxon Test in R. STHDA [online]. [Date of citation: 2022-03-31]. Web adress: http://www.sthda.com/english/wiki/unpaired-two-samples-wilcoxon-test-in-r.

VPLYV DECENTRALIZOVANEJ VÝROBY ELEKTRICKEJ ENERGIE NA ELEKTRIZAČNÚ SÚSTAVU

Jakub Slávik[1], Igor Kalamen[2]
1. Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovenská republika
2. SFÉRA, a.s.
E-mail: jakub.slavik@stuba.sk

Úvod

Jednou z dlhodobých stratégií EÚ v oblasti energetiky je zvyšovanie využitia obnoviteľných zdrojov pri produkcii tepla a elektrickej energie. Členské štáty zaviedli rôzne formy podpory a nariadení pre splnenie týchto cieľov. V konečnom dôsledku sa preto postupne presúva časť výroby z veľkých centrálnych zdrojov na miestnu úroveň v distribučných sústavách – dochádza k tzv. decentralizácii výroby elektrickej energie a tepla.

Rozmach decentralizovanej výroby, resp. výroby z obnoviteľných zdrojov však prináša so sebou aj viaceré problémy a ovplyvňuje elektrizačnú sústavu. Cieľom tohto článku je analýza vplyvu tejto transformácie na elektrizačnú sústavu.

1. Výroba z obnoviteľných zdrojov

Na začiatok je potrebné konštatovať, že ani jeden z obnoviteľných zdrojov nie je v súčasnosti plnohodnotným zdrojom elektrickej energie, resp. prevádzka OZE v ostrovnom režime je ekonomicky nerentabilná. Tento fakt je spôsobený charakterom samotných zdrojov – sú nepredikovateľné a neregulovateľné, čo v konečnom dôsledku má viacero nepriaznivých bočných efektov ako napr. potreba podporných služieb (regulácia činného výkonu a napätia) na reguláciu odchýlky vplyvom nerovnomernej výroby, či zmena parametrov sústavy ako napr. veľkosť skratového výkonu.

Na druhej strane OZE prispieva k znižovaniu emisií CO_2 a k ochrane životného prostredia (aj keď celková miera znižovania emisií závisí najmä od charakteru podporných služieb, ktoré sú nasadzované pre pokrytie odchýlok).

2. Pripájanie OZE do elektrizačnej sústavy

Proces pripájania nových zdrojov do elektrizačnej sústavy (či už distribučnej, alebo prenosovej) sa riadi technickými podmienkami prevádzkovateľa sústavy a nesmie ovplyvniť bezpečnosť dodávky a stabilitu sústavy. Pri analýze možnosti implementácie nových zdrojov je potrebné posúdiť viacero faktorov ako napr.:

- Dovolené zaťaženie transformátorov (distribučných/prenosových) – nasadenie nového zdroja nespôsobí preťaženie jestvujúcich transformátorov napájajúcich skúmané uzlové oblasti, na odstránenie tohto problému je potrebné zvýšiť výkon preťažených transformátorov (ich výmenou), alebo pridať nový transformátor tak, aby bola možná ich paralelná prevádzka.
- Dovolené zaťaženie vedení (distribučných/prenosových) – situácia je tu obdobná ako v prípade zaťaženia transformátorov a teda nesmie dôjsť k preťaženiu vedení, čo je v niektorých situáciách

pomerne zložité a vyplýva to z charakteru využívania jednotlivých vedení (napr. problematiky zaťaženia medzištátnych vedení).

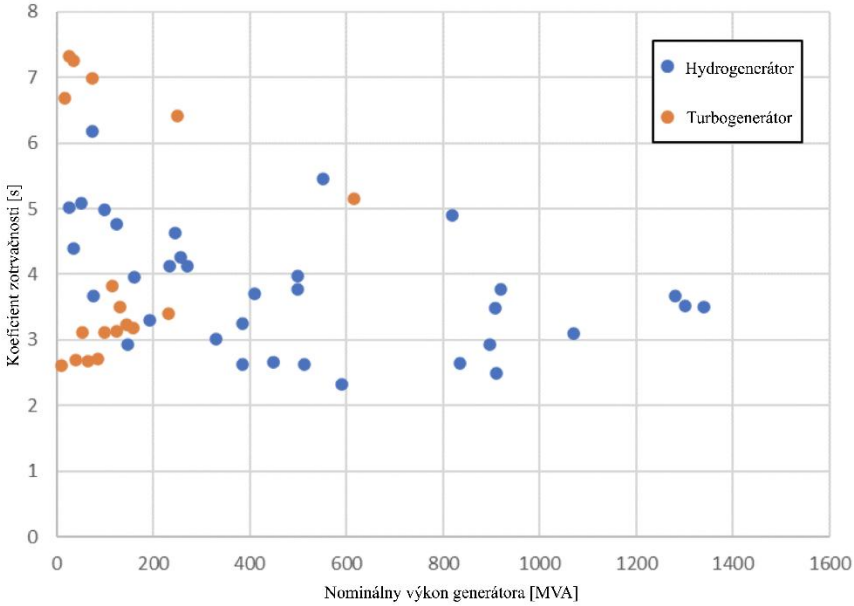
- Kritérium „N-1“ – jedná sa o základné bezpečnostné kritérium a zahŕňa oba hore uvedené faktory. Hovorí o tom, že výpadok akéhokoľvek prvku v sústave nesmie mať za následok narušenie stability elektrizačnej sústavy (t.j. nedôjde k prekročeniu limitných hodnôt prúdov, napätí a frekvencie).
- Dostupný objem regulačnej elektriny, resp. dostupnosti podporných služieb – pri prevádzke OZE je dominantnou práve sekundárna regulácia (+/-). Zjednodušene povedané, čím je väčší objem výroby v decentralizovaných zdrojoch, tým je potrebný väčší objem podporných služieb. Treba si však uvedomiť, že premiestnením výroby z centrálnych (riadených) zdrojov do decentralizovanej (neriadenej) výroby je v konečnom dôsledku aj zníženie inštalovaného výkonu použiteľného pre účely podporných služieb.

3. Presun výroby z centrálnych zdrojov do decentralizovaných

Hlavným problémom pri presune inštalovaného výkonu z centrálnych zdrojov (t.j. ťažkých generátorov s veľkým inštalovaným výkonom a veľkou zotrvačnosťou) do malých decentralizovaných zdrojov je zmena prevádzkových parametrov sústavy – okrem problémov spojených s podpornými službami, ktoré boli spomenuté vyššie, dochádza aj k zmene zotrvačnosti sústavy a skratových výkonov, čo významne vplýva na stabilitu sústavy ako celku.

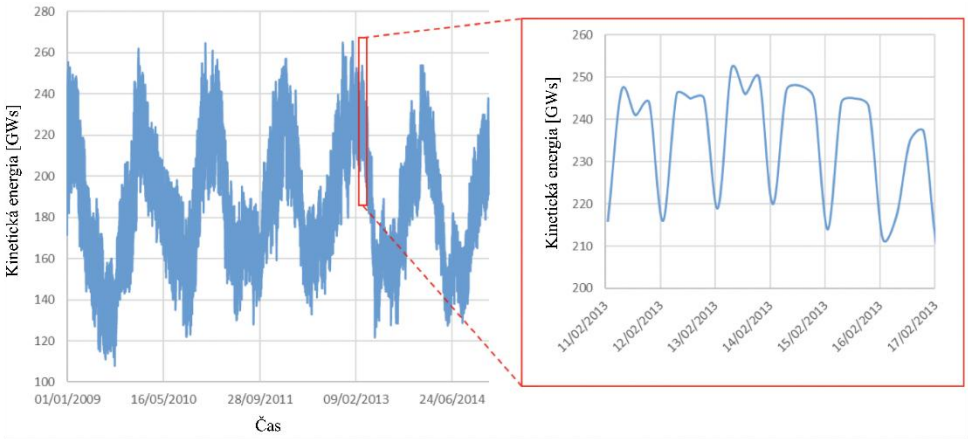
4. Vplyv zmeny veľkosti momentu zotrvačnosti na stabilitu sústavy

Vo všeobecnosti platí, že čím väčší generátor, t.j. čím väčší inštalovaný výkon generátora, tým je väčší jeho moment zotrvačnosti. Na obr.1 sú uvedené momenty zotrvačnosti v závislosti od typu rotora a jeho nominálneho výkonu. Je vidieť, že odľahčené turbogenerátory majú moment zotrvačnosti okolo 2,5-4 s a naopak, ťažké generátory majú moment zotrvačnosti na úrovni 5-8 s.



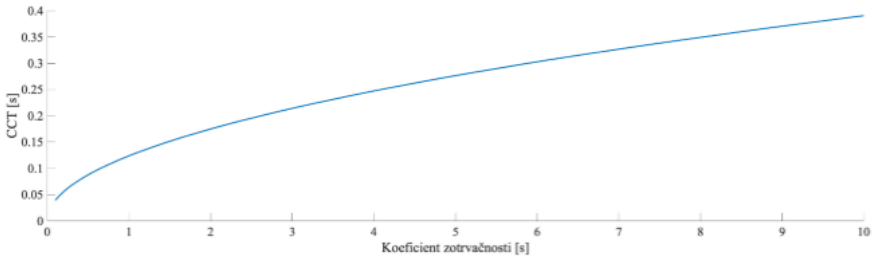
Obr.1 *Veľkosť koeficientu zotrvačnosti generátorov v závislosti od typu rotora a nominálneho výkonu [1].*

Z pohľadu sústavy spôsobilo odpojenie ťažkého generátora (jadrovej elektrárne v prepojenej sústave Švédska-Fínska-Nórska z dôvodu odstávky) v roku 2009 zníženie kinetickej energie sústavy – priebeh uvedený na obr.2 – veľkosť kinetickej energie sústavy je podstatne nižšia v tomto roku ako v ostatných rokoch.



Obr.2 *Priebeh kinetickej energie sústavy podľa rokov a dní [2].*

Následne má veľkosť zotrvačnosti generátorov vplyv na dynamickú stabilitu, resp. veľkosť kritického času – túto hodnotu získame na základe riešenia diferenciálnej pohybovej rovnice generátora a grafické zobrazenie výsledkov je na obr. 3.



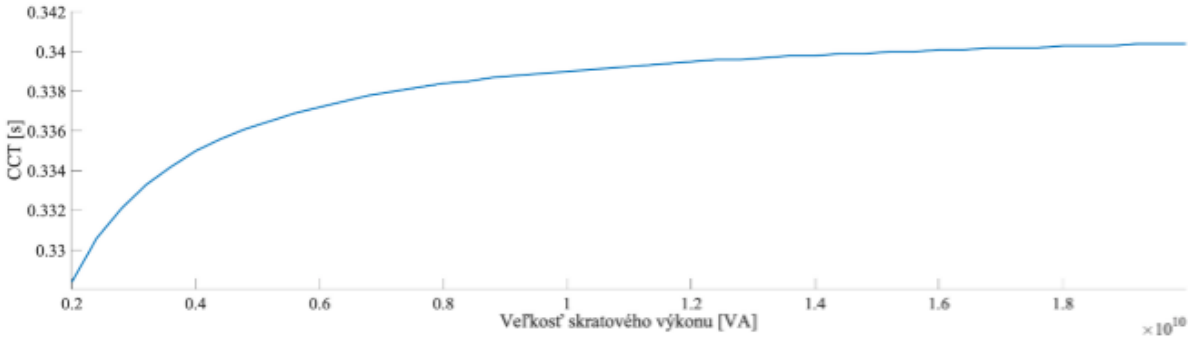
Obr.3 *Vplyv koeficientu zotrvačnosti na veľkosť CCT.*

5. Vplyv zmeny veľkosti skratového výkonu na stabilitu sústavy

Minimálne veľkosti skratového výkonu definuje prevádzkový poriadok prevádzkovateľa prenosovej sústavy podľa napäťovej hladiny nasledovne [1]:

- 110kV – 0,7 GVA
- 220kV – 1 GVA
- 400kV – 2 GVA

Na obr.4 môžeme vidieť vplyv veľkosti skratového výkonu na veľkosť kritického času – na intervale od 0,7 GVA vyššie je táto závislosť prakticky lineárna a preto môžeme konštatovať, že v prípade dodržania týchto hodnôt nedôjde k výraznému ovplyvneniu dynamickej stability sústavy.



Obr.4 *Vplyv veľkosti skratového výkonu na veľkosť CCT.*

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Medzinárodné centrum excelentnosti pre výskum inteligentných a bezpečných informačno-komunikačných technológií a systémov – II. etapa, Kód ITMS: 313021W404, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

EURÓPSKA ÚNIA
Európsky fond regionálneho rozvoja
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020

VÝSKUMNÁ AGENTÚRA

MINISTERSTVO DOPRAVY A VÝSTAVBY SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Literatúra

[1] Technické pravidlá SEPS, a.s., určujúce technicko-konštrukčné a prevádzkové požiadavky na pripojenie do prenosovej sústavy prevádzkovateľa Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a.s., k 1.12.2015.

[2] P. Tielsen, P.Henneaux and S. Cole, Penetration of renewables and reduction of synchronou inertia in the European power system – Analysis and solutions, 2018.

MODELOVANIE A SIMULÁCIA MIKROGRIDOV V PODMIENKACH SLOVENSKA

Dagmar Jarásová[1], Martin Holiš[1], Rastislav Krbaťa[1], Jakub Slávik[2], Michal Minárik[1]

1. SFÉRA, a.s.

2. Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovenská republika

E-mail: dagmar.jarasova@sfera.sk

Úvod

Pre elektrizačnú sústavu v minulosti bol charakteristický centralizovaný systém. Postupne vývojom nových technológií a nových riešení sa charakter centralizovaného systému mení na systém obsahujúci decentralizované prvky. Integrácia a automatizácia decentralizovaných zdrojov si vyžaduje splnenie kritéria spoľahlivosti zabezpečenia dodávky elektrickej energie. Tento proces decentralizácie sa stáva jednou z možností riešenia energetickej nezávislosti, úspory energií a ďalšieho rozvoja energetiky. Úspešnosť uvedeného procesu je ovplyvnená legislatívnymi a technickými predpokladmi, z čoho vyplýva, že uvedený proces je procesom na dlhšie časové obdobie.

1. Mikrogridy v slovenských podmienkach

Na slovenské podmienky má značný dosah vplyv legislatívneho prostredia EÚ. Aj keď ešte v podmienkach Slovenska nie sú implementované všetky potrebné legislatívne predpisy (tzv. Zimný balíček), tak je možné tieto modely mikrogridov realizovať v oblasti výskumu a tým podporiť uvedený proces. V prostredí EÚ sa riešia mikrogridy na úrovni predkladania viacerých odporúčaní Európskej komisii ako napr. odporúčanie predložené Európskej komisii s názvom “Report on Regulations for Low Voltage Direct Current (LVDC) and DC technologies“, 30.6.2022 a “Education Working Sub-Group Report“, 28.6.2022 a mnohých ďalších. Problematika je realizovaná na úrovni pilotných projektov napr. projektu PLATONE [1] - platforma riešiaca Manažovanie prevádzky distribučnej siete v súvislosti s OZE (ako sú pilotné projekty v Nemecku, Taliansku a v Grécku), taktiež riešia zúčtovanie na báze blockchain, ďalším projektom zameraným na energetické komunity je projekt FEVER [2] - kde je využívaná akumulácia (storage), peer to peer trading a v projekte EdgeFlex [3] - sa rieši flexibilita, obchodovanie a predaj na trhu s elektrinou.