

Daniel Pál, Ľubomír Beňa, Jakub Urbanský, Michal Kolcun, Dušan Medved', Marek Pavlík

Vplyv prevádzky obnoviteľných zdrojov energie na napäťové pomery v sieti

Abstrakt: Predložená publikácia sa zaoberá vplyvom prevádzky obnoviteľných zdrojov energie (OZE) na existujúcu elektrickú sieť. Analyzuje, ako sa menia napätia v sieti, ak do vybraných uzlov sú pripojené OZE. Výroba elektrickej energie z OZE vo svete má rastúci trend, preto je potrebné analyzovať, aký vplyv majú tieto zdroje na súčasne používanú sieť. V prvej časti príspevku je opísaný trend rozvoja jednotlivých druhov obnoviteľných zdrojov energie. Nasledujúca časť obsahuje samotnú simuláciu na konkrétnej sieti, v závere je na základe dosiahnutých výsledkov zhrnutý vplyv prevádzky OZE na napätia v jednotlivých uzloch siete.

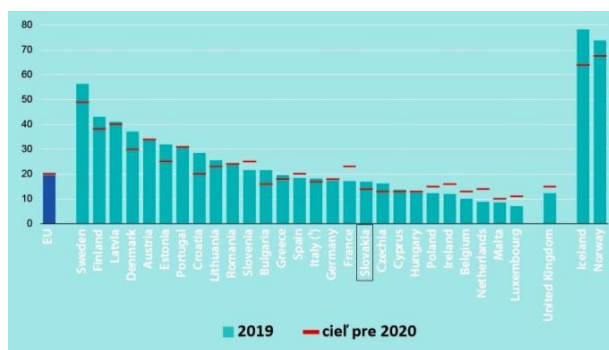
Kľúčové slová: lúčová sieť; obnoviteľné zdroje energie; simulácia

Abstract: This publication examines renewable energy sources and examines the effects they have on the existing network. It analyses how the voltages in the network change if RES is connected to selected nodes. The production of electricity from RES in the world has a growing trend, so it is necessary to analyse the impact of these sources on the currently used network. The first part of the paper describes how the installed performance of individual types of renewable sources has changed. The following section describes the simulation on which the simulation was performed, and in the last section, a conclusion is made explaining how the voltages in the network have changed. **(The impact of the operation of renewable energy sources on the mains voltage)**

Keywords: lúčová sieť; renewable energy sources (RES); radial network; simulation

I. ÚVOD

Obnoviteľné zdroje energie rovnako ako v Európskej únii (EÚ), aj vo svete sú čoraz populárnejšie. Európska únia stanovila niekoľko cieľov, ktoré chce dosiahnuť. EÚ sa zaviazala do konca roku 2020, pokryť 20 % z konečnej spotreby energie pomocou OZE. Na rok 2030 sa zaviazala EÚ pokrývať až 32 % konečnej spotreby z OZE [1], [2]. Podľa štatistického úradu Európskych spoločenstiev (EUROSTAT), v roku 2019 celkový podiel obnoviteľných zdrojov energie na hrubej koncovej spotrebe energií bola 19,7 %, čo je len o 0,3% menej ako stanovený cieľ na rok 2020 [3][4]. 19,7% je priemer členských štátov Európskej únie. Existujú krajiny, ktoré v tejto oblasti dosahujú lepšie výsledky (napr. Island, Nórsko, Švédsko), existujú však aj krajiny, ktoré nedosahujú ani 10 % na hrubej koncovej spotrebe energií (napr. Malta, Luxembursko, Holandsko). Celkový podiel OZE na hrubej koncovej spotrebe energií v roku 2019 a stanované ciele pre jednotlivé štáty v EÚ sú zobrazené na Obr. 1.

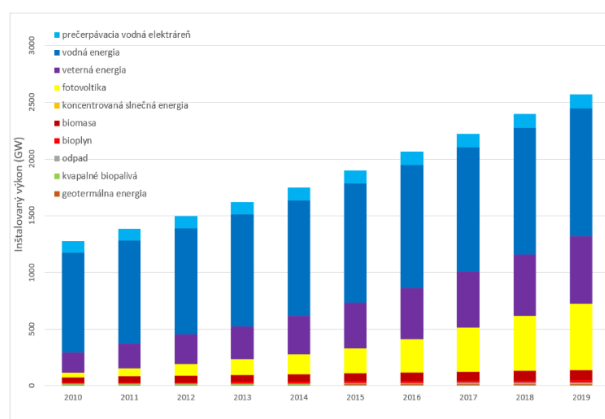


Obr. 1 Celkový podiel OZE na hrubej koncovej spotrebe energií v roku 2019 (v %) [4]

II. DISTRIBUOVANÁ GENERÁCIA A OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Ako už bolo spomenuté, inštalovanie obnoviteľných zdrojov energie je čoraz populárnejšie nielen v EÚ, ale aj vo svete. Toto je znázornené na Obr. 2.

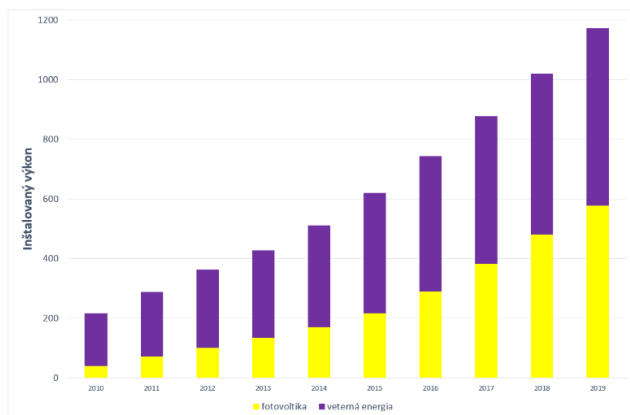
Uvedené inštalované výkony majú rastúci trend hlavne z dôvodu inštalácie fotovoltaiky a veterných elektrární. Ostatné OZE rástli v sledovanom období v menšej miere. Od roku 2010 do 2019 vzrástol inštalovaný výkon približne 1,5 – 2 násobne. Celkový inštalovaný výkon OZE sa zvýšil z 1275 GW na 2568 GW, čo je približne 2-násobné zvýšenie za 10 rokov.



Obr. 2 Inštalovaný výkon OZE vo svete od roku 2010 do 2019

Pre ľahšiu viditeľnosť bol urobený na Obr. 3 nový graf, zobrazujúci zvyšovanie výkonu z fotovoltaiky a veterných turbín. Je vidieť, že vstavaný výkon sa neustále zvyšuje počas 10 rokov. V roku 2010 inštalovaný výkon fotovoltaiky bol cca 40 GW a v roku 2019 to už bolo

578 GW. To predstavuje viac ako 14 násobné zvýšenie. Inštalovaný výkon veterných turbín sa zvýšil len asi 3,3 násobne. V roku 2010 bol inštalovaný výkon 177 GW, do roku 2019 sa navýšil na 594 GW.



Obr. 3 Inštalovaný výkon fotovoltiky a veternej energie vo svete od 2010 do 2019

Obrovský nárast distribuovanej energie vyžaduje to, aby sa elektrická sieť stala flexibilnejšou a dokázala reagovať na variabilitu a neistotu prevádzkových podmienok v rôznych časových rámcoch. To súvisí s tým, že pri aplikovaní distribuovanej generácie sú zvyčajne používané OZE.

Typické výkonové hodnoty distribuovanej generácie sú nasledovné:

- vodné elektrárne → 0,025 MW – 100 MW,
- veterné elektrárne → 200 W – 3 MW,
- solárne elektrárne → 20 W – 100 kW,
- geotermálne elektrárne → 5 MW – 100 MW,
- biomasa → 0,1 MW – 20 MW [6][7].

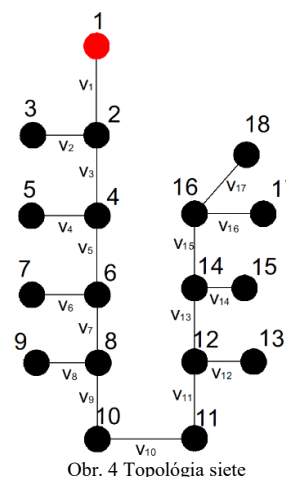
Výhody používania distribuovanej generácie:

- zvyšovanie parametrov elektriny z hľadiska kvality a spoľahlivosti,
- znižovanie strát pri prenose energie z miesta výroby do miesta spotreby,
- znižovanie produkcie skleníkových plynov počas výroby elektrickej energie,
- výpadok jedného zdroja nespôsobuje problémy v sieti [6][8][8].

III. TOPOLOGIA SIETE

Vyšetrovaná topológia siete, ktorá bola používaná na výpočet vybraných parametrov v sieti znázorňuje Obr. 4. Z topológie siete vyplýva, že pri výpočtoch bude uvažovaná lúčová sieť, čo predstavuje najjednoduchšiu topológiu. Výhodou je, že je veľmi prehľadná, jednoduchá a logická. Veľmi jednoducho je možné zistiť, ktorý uzol s ktorými vedeniami je spojený. Avšak lúčová sieť má veľkú nevýhodu. Ak dôjde k vypnutiu vedenia na začiatku siete, dôjde k výpadku zvyšnej časti siete. Uvedená topológia je vhodná na malú sieť, kde je používaný len jeden napájací bod.

Činný odpor a indukčná reaktancia vedenia sú uvedené v Tab. 1.



Obr. 4 Topológia siete

TABUĽKA I
Parametre vetiev

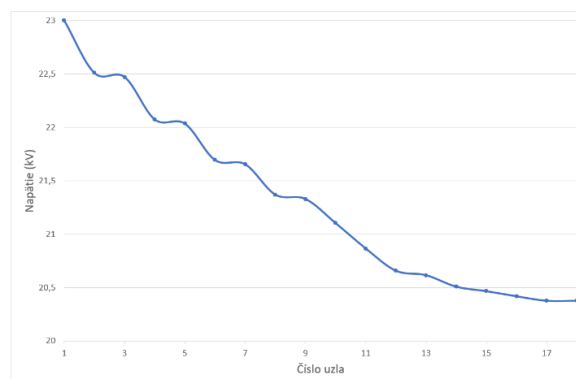
Vedenie č.	Činný odpor vedenia (Ω)	Indukčná reaktancia vedenia (Ω)
1, 3, 5	0,50	0,20
2, 4, 6	0,69	0,33
7, 9,10	0,50	0,20
8, 12, 14	0,69	0,33
11, 13, 15	0,50	0,20
16, 17	0,69	0,33

Okrem prvého uzla, všetky uzly mali odber činného výkonu 1,1 MW a odber jalového výkonu 0,3 MW.

Napätie v prvom uzle bolo uvažované s hodnotou 23 kV.

IV. VÝSLEDKY

Na zistenie toho, aké vplyvy majú OZE na sieť, bolo potrebné vyšetriť súčasný stav. Podľa topológie, sieť je lúčová a napätie klesne od napájacieho bodu smerom až ku poslednému uzlu. To je možné vidieť aj na Obr. 5, kde napätie z 23 kV, čo je v prvom uzle, kleslo na 20,4 kV, čo je v poslednom uzle. Ak by sa v jednotlivých uzloch zvyšoval odber z 1,1 MW na 2 MW, pokles by bol ešte výraznejší.



Obr. 5 Súčasný stav

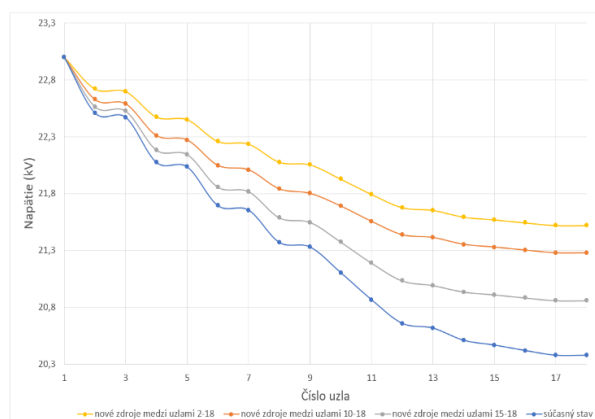
Po súčasnom stave boli vyšetrované tri prípady zmeny napätia vplyvom prevádzky OZE.

V prvom variante nové obnoviteľné zdroje boli pripojené do uzla č. 15, 16, 17 a 18. V každom uzle obnoviteľný zdroj mal výkon 0,5 MW. Celkový výkon sa vplyvom OZE zvýšil o 2 MW. Keďže nové OZE boli pripojené na konci siete, napätia sa najvýznamnejšie zvýšili v tejto časti. Dochádzalo ku zvýšeniu napätia v 18. uzle z pôvodných 20,4 kV na 20,85 kV, čo je 0,45 kV zvýšenie. Napätie sa však zvýšilo nielen v tomto uzle, ale aj v ostatných. Ovplyvnilo to dokonca aj začiatok siete.

V druhom variante nové OZE nebudú pripojené len od 15. uzla, ale sa začnú pripájať od 10. uzla až ku koncu siete. V tomto prípade sa tiež najvýraznejšie zvýšilo napätie na poslednom uzle. Tu bola hodnota o 0,9 kV vyššia, ako v súčasnom stave.

V treťom variante sa skúmalo, čo by sa stalo so sieťou, ak by vo všetkých uzloch došlo k zvýšeniu výkonu o 0,5 MW. V takom prípade by sa celková výroba zvýšila o 8,5 MW. Ako sa dalo očakávať, najvýraznejšie zmeny v hodnotách napätia vznikli v tomto prípade. Hodnota napätia v uzle 18 sa zvýšila o viac, ako 1 kV, ale nárast napätia je možné pozorovať vo všetkých uzloch siete.

Výsledky simulácie je možné vidieť na Obr. 6.



Obr. 6 Rozloženie napätia medzi uzlami v jednotlivých variantov

V. ZÁVER

Cieľom publikácie bolo upozorniť na vplyv prevádzky obnoviteľných zdrojov energie na sieťové napätie. Z uvedených výsledkov simulácií vyplýva, že pripájaním distribuovanej generácie do lúčovej siete dochádza k zvýšeniu napätí v jej uzloch.

Pomocou distribuovanej generácie je možné eliminovať nevýhodu lúčovej siete, čo je výpadok zvyšnej časti siete, ak dôjde k vypnutiu vedenia na začiatku siete. V tomto prípade pomocou distribuovanej generácie dochádza k čiastočnej transformácii centralizovanej výroby na decentralizovanú, keďže elektrická energia je vyrobená vo viacerých miestach, nie len na začiatku siete, v tomto prípade nie len v prvom uzle. Tým pádom výpadok vedenia na začiatku vedenia nebude mať vplyv na celú sieť, keďže OZE sú schopné aspoň čiastočne nahradiť výpadok výkonu. Okrem týchto výhod sú schopné zvyšovať napätia v

jednotlivých uzloch, ako to bolo ukázané v predchádzajúcej časti. Avšak okrem výhod, OZE môžu spôsobovať nepriaznivé javy, ako napr. zvýšenie napätia nad dovolenú hodnotu, resp. preťaženie vetiev siete. Pred pripojením OZE je preto potrebné vykonať dôkladnú analýzu vplyvu zdroja na sieť.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0576.

LITERATÚRA

- [1] Energia z obnoviteľných zdrojov [online]. [cit. 2021.01.15]. Dostupné na internete: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/sk/sheet/70/energia-z-obnovitelnych-zdrojov>
- [2] Renewable energy directive. [online]. [cit. 2021.01.15]. Dostupné na internete: https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview_en
- [3] Share of renewable energy in the EU up to 19.7% in 2019. [online]. [cit. 2021.01.18]. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20201218-1>
- [4] Podiel obnoviteľných zdrojov vo vykurovaní na Slovensku vzrástol najviac z celej EÚ. [online]. [cit. 2021.01.18]. Dostupné na internete: <https://www.energie-portal.sk/Dokument/podiel-obnovitelnych-zdrojov-vo-vykurovani-na-slovensku-vzrastol-najviac-z-celej-eu-106747.aspx>
- [5] Wind energy. [online]. [cit. 2021.01.18]. Dostupné na internete: <https://www.irena.org/wind>
- [6] L. I. Dulă, M. Abrudean, D. Bică, „Optimal Location of a Distributed Generator for Power Losses Improvement“ in *Procedia Technology*. Elsevier Ltd. 2016, Volume 22, pp. 734-739. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017316000335>
- [7] Dulău LI, Abrudean M and Bică D.: Automation of a Distributed Generation System, 49th Universities' Power Engineering Conference (UPEC), IEEE Xplore, pp. 1-5, 2014. ISBN: 978-1-4799-6557-1.
- [8] Distributed Generation: What are the benefits? [online]. [cit. 2021.01.17]. Dostupné na internete: <https://alcse.org/distributed-generation-benefits/>
- [9] Dutka, M., Świątek, B., Siostrzonek, T., Piątek, K., Barczentewicz, S. Symulacja wpływu odnawialnych źródeł energii na zmienność wartości skutecznej napięcia sieci dystrybucyjnej, *Przeгляд Elektrotechniczny*, 2020, vol. 96, nr 5, pp. 26-29, ISSN 0033-2097, doi:10.15199/48.2020.05.04

ADRESY AUTOROV

Ing. Daniel Pál, Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, daniel.pal@tuke.sk

doc. Ing. Eubomír Beňa, PhD., Technická Univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, lubomir.bena@tuke.sk

Ing. Jakub Urbanský, Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, jakub.urbansky@tuke.sk

Dr. h.c. prof. Ing. Michal Kolcun, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, michal.kolcun@tuke.sk

Doc. Ing. Dušan Medveď, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, dusan.medved@tuke.sk

Ing. Marek Pavlík, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, marek.pavlik@tuke.sk