

IMPLEMENTATION OF RES AND ELECTROMOBILITY ON ELECTRICAL PARAMETERS IN MV DISTRIBUTION NET

Stanislav Navratil

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: stanislav.navratil@vut.cz

Supervised by: Michal Ptacek

E-mail: ptacekm@vut.cz

Abstract: This paper is focused on the demonstration of the impact of the implementation of decentralized distributed energy sources (mainly renewable energy sources) and electromobility technologies to electrical parameters in Czech medium voltage distribution network. Proposed implementation scenarios are based on EU and national strategic plans for period 2020-2040.

Keywords: renewable sources, electromobility, smart grids, decentralized distributed energy systems

1 ÚVOD

Elektrizační soustava ČR je již od svého vzniku koncipována pro provoz s myšlenkou centrální výroby elektrické energie pomocí klasických energetických zdrojů. V současné době ale napříč tomu dochází k nezanedbatelné implementaci decentrálních zdrojů (DECE), které se často vyznačují nestálým charakterem dodávky. V kombinaci s tím je stále více prosazován trend přechodu na dopravu pomocí elektromobility, což pro distribuční síť (DS) klade nové technické požadavky. Cílem tohoto příspěvku je upozornit na potenciální problémy vycházející z těchto koncepčních změn a porovnat jejich možné způsoby řešení tak, aby byly zaručeny dostatečné standardy dodávky elektrické energie. Konkrétně se příspěvek zabývá těmito jevy především na úrovni hladiny vysokého napětí (VN).

2 MOŽNÉ KOMPLIKACE V BUDOUCNU A JEJICH NAVRHOVANÁ ŘEŠENÍ

Aby bylo možné kvantifikovat dopady zmíněného vývoje v energetice, je třeba nejprve vytyčit odhad rozvoje implementace těchto prvků v následujících desetiletích. Za tímto účelem byly použity dílčí studie [1], [2] zpracované v rámci Národního akčního plánu pro chytré sítě (NAP SG) [3].

Na základě zmíněné studie [2] je odhadován celkový instalovaný výkon decentrálních zdrojů v roce 2040 přibližně 10,4 GW, což odpovídá nárůstu na téměř 270 % oproti aktuálnímu stavu (2020). Velká část tohoto nárůstu (téměř 46 %) je očekávána v podobě fotovoltaických elektráren (FVE) připojených do sítí nízkého napětí (NN). Nezanedbatelný nárůst se dá dále očekávat u FVE připojovaných do sítí VN, kde je předpokládáno navýšení o téměř 850 MW do roku 2040.

V oblasti rozvoje elektromobility je v roce 2040 odhadován maximální soudobý příkon během denní špičky v ČR způsobený dobíjením na 3,6 GW (varianta vysokého vývoje) [1]. To pro představu odpovídá stavu, kdy by 1/2 všech vozidel v ČR (cca 3 000 000) využívala elektrický pohon.

2.1 KOMPLIKACE S ROZŠÍŘENÍM DECENTRALIZOVANÉ VÝROBY

Jedním z hlavních potenciálních problémů související s nárůstem podílu DECE (především obnovitelných zdrojů) na celkové spotřebě elektřiny, na který aktuální NAP SG [3] poukazuje je snížení rezervy flexibility v elektrizační soustavě (ES). Flexibilita zdrojů v ES je v energetice důležitá pro dodržení základního pravidla, kdy se výroba musí rovnat spotřebě, jinak hrozí změna kvality dodávky energie (odchylka frekvence). Obnovitelné zdroje energie (OZE) jsou ale většinou motivovány provozní podporou pro maximalizaci své výroby, tím se ale snižuje jejich potenciál ke kladné flexibilitě (navýšení výkonu v době odběrových špiček). Tyto negativní vlivy by v budoucnu mohli být alespoň částečně vyváženy pomocí většího uplatnění technologií pro akumulaci elektrické energie. NAP SG se konkrétně zabývá potenciálem využití bateriových uložišť, ty se ale kvůli svého charakteru hodí spíše pro krátkodobou akumulaci (např. Automaticky ovládaný proces obnovení frekvence - aFRP). Pro dlouhodobou akumulaci se momentálně jako vhodnější jeví technologie typu Power to X, její potenciál je ale v současné době teprve zkoumán na pilotních projektech.

Problematika snížení flexibility ES vlivem DECE se projevuje dále v systému automatického frekvenčního odlehčování (SAFO). Ten v současnosti funguje na principu odpojování vývodů (zátěže) na hladinách VN, čímž se zajišťuje rovnovážný stav při nedostatečné výrobě v případě větších systémových poruch. Vlivem rozšíření DECE na hladinách NN a VN však hrozí, že SAFO bude odpojovat se zátěží i velké množství výroby, což může výrazně snížit efektivitu daného systému. Jako řešení tohoto problému se nabízí větší rozšíření dálkově ovládaných spínacích prvků (např. recloser), které by umožnily odpojovat jen vývody na kterých převažuje charakter odběru [3].

Již v současné době jsou přijata opatření, díky nimž jsou mnohé negativní vlivy nárůstu podílu OZE v ES výrazně sníženy. Tato opatření byla zavedena především prostřednictvím Pravidel provozování distribučních soustav (PPDS), která definují závazné požadavky na připojované zdroje. Mezi ně patří například schopnost těchto zdrojů poskytovat statickou a dynamickou podporu sítě. Do statické podpory sítě spadají především principy využívající dodávky nebo spotřeby jalového výkonu daným zdrojem pro udržování napětí (U/Q regulace) ve stanovených mezích, za normálního stavu. Tím lze zabránit ku příkladu možnému nadpětí, které by mohlo vzniknout při změnách toku výkonu v sítích NN a VN. Dynamická podpora sítě je pak schopnost jednotlivých výroben v určité míře překlenout náhlé poklesy napájecího napětí, způsobené především v důsledku symetrických i nesymetrických zkratů. Díky tomu se ve značné míře zabrání hromadnému odpojování dalších zdrojů, což by v extrémních případech mohlo vést až k rozpadu ES.

2.2 KOMPLIKACE S ROZŠÍŘENÍM ELEKTROMOBILITY

Již v roce 2025 jsou dle NAP SG [3] očekávány nezanedbatelné výkonové dopady na DS, především v podobě odběrových špiček a nedostatečné infrastruktury pro dobíjecí stanice. Vznik zmíněných odběrových špiček je způsoben podobností denních harmonogramů majitelů elektromobilů (EV), kdy vzniká požadavek na nabíjení v podobnou denní dobu (např. po příjezdu domů z práce). Řešením je buď cenově motivovat zákazníky k nabíjení mimo exponovaný čas (např. pomocí tarifů), nebo implementovat inteligentní technologie využívající vzájemné komunikace mezi dobíjecí stanicí a elektrizační soustavou k přizpůsobení aktuálního dobíjecího výkonu. Tato opatření již začínají být postupně uplatňována například prostřednictvím požadavku PPDS, kde je specifikováno, že dobíjecí stanice s nabíjecím výkonem překračujícím 22 kW musí obsahovat rozhraní pro sledování nebo řízení celkového odběru.

Elektromobilita dle NAP SG poskytuje na druhou stranu i potenciální možnost rozvoje trhu s flexibilitou prostřednictvím využití akumulačních kapacit elektromobilů. V této oblasti je však mnoho problému jako nadbytečné opotřebení baterií, nebo technická náročnost na dobíjecí stanice. Proto by bylo pravděpodobně třeba motivovat (např. finančně) majitelé EV k poskytnutí bateriových kapacit k těmto účelům.

3 ANALÝZA VLIVU IMPLEMENTACE OZE A NABÍJECÍCH STANIC V DS VN

3.1 POPIS DS A NÁVRH SCÉNÁŘŮ

Praktickou částí tohoto příspěvku je simulace vývoje OZE a elektromobility na vybrané části sítě VN nacházející se v Jihomoravském kraji (viz schéma na Obrázku 1). Jedná se o smíšenou síť, kde je přibližně 8,5 km kabelových a 18,4 km venkovních úseků. Soustava napájí sedm obcí jejíž počty obyvatel se pohybují v rozmezí 400 až 2500. Zmíněné studie [1], [2] v dané oblasti předpokládají v důsledku dobrých atmosférických podmínek a dojezdových vzdáleností nadprůměrný nárůst implementace FVE a elektromobility v následujících dvaceti letech.

Simulace vlivu OZE a elektromobility byla provedena pomocí výpočtu ustáleného chodu v SW Bizon Projektant. Zatížení prvků sítě bylo určeno z naměřených výkonových toků na vývodu z transformační stanice VVN/VN, které byly dále rozpočítány dle instalovaných výkonů jednotlivých distribučních transformátorů (TR) 22/0,4 kV. Pro potřeby analýzy došlo v souladu s požadavkem provozovatele distribuční soustavy k anonymizaci dat o DS. V rámci prvotní analýzy byly předmětem hodnocení dva scénáře implementace, a to:

Scénář 1: V rámci výpočtu vlivu OZE byl uvažován stav, kdy je předpokládán nejvyšší dodávaný výkon prostřednictvím FVE v sítích NN a VN (červenec, 12:00 hod.). Do dané soustavy byla následně připojena výroba $P_{FVE,(+)}$ (viz Tabulka 1) vycházející z odhadu studie [2] pro rok 2040. V tomto scénáři není uvažovaná implementace nabíjecích stanic (NS).

Scénář 2: V rámci výpočtu vlivu elektromobility byl uvažován stav, kdy je předpokládána nejvyšší odběrová špička (leden, 19:00 hod.). Do dané soustavy byly následně připojeny dodatečné odběry nab. stanic $P_{NS,(+)}$ (viz Tabulka 1) vycházející z odhadu studie [1] pro rok 2040, kdy byla uvažována varianta vysokého rozvoje elektromobility. V tomto scénáři není zahrnuta implementace OZE.

Scénář	Hladina	NN							VN
	Rok	Obec 1	Obec 2	Obec 3	Obec 4	Obec 5	Obec 6	Obec 7	-
Scénář 1 P_{FVE} (kW)	2020	+274	+202	+261	+45	+145	+144	+99	+3285
	2040	+1401	+1033	+1335	+231	+740	+735	+504	+3915
Scénář 2 P_{NS} (kW)	Rok	Obec 1	Obec 2	Obec 3	Obec 4	Obec 5	Obec 6	Obec 7	Celkem
	2020	-22	-16	-21	-4	-12	-12	-8	-95
	2040	-1970	-1452	-1876	-325	-1040	-1033	-708	-8405

Tabulka 1: Změna výkonových poměrů v dané síti vlivem elektromobility a OZE

3.2 VÝSLEDKY PRO SCÉNÁŘ 1

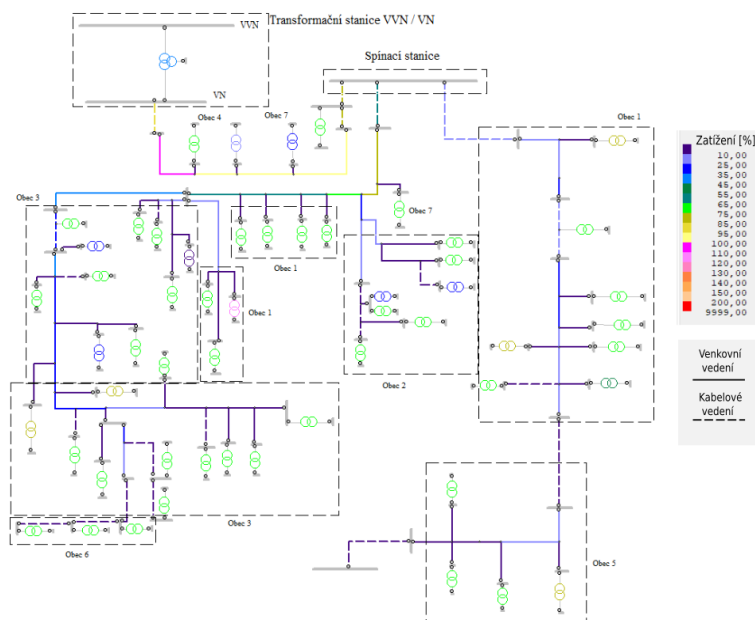
Dle výsledků ustáleného chodu vznikne v soustavě výkonový přetok do hladiny 110 kV o velikosti téměř 6,5 MW. Pro porovnání se součet všech odběrů v této síti ve stejnou dobu blíží k hodnotě 2,4 MW. Během výpočtu však nebyla uvažována žádná forma akumulace nebo omezování výkonu jednotlivých FVE. Tento přetok by také mohlo částečně zmírnit započítání odběrů elektromobility. Z pohledu zatížení se v síti na prvcích VN a VVN nevyskytnul žádný nedostatek (maximální zatížení na TR 22/0,4 kV činilo 42 %).

Napěťové poměry v uzlech VN byly dodrženy v celé síti, jelikož byly splněny meze $U_n \pm 10$ %. V uzlu, kde byla nevíce koncentrovaná výroba FVE došlo k navýšení napětí na 108 % U_n . Do výpočtu však nebyla zahrnuta U/Q regulace, díky které by se napěťové poměry mohly značně zlepšit.

Na hladině NN se může projevit potenciální problém související se změnou toku výkonu mezi dobou značné výroby FVE (slunečný den) a zanedbatelné výroby FVE (noc, zataženo), kdy dochází ke skokové změně napětí ve vybraných částech sítě. Jedním z řešení je použití TR 22/04 kV umožňující automatické přepínání odboček transformátoru pod zatížením (OLTC).

3.3 VÝSLEDKY PRO SCÉNÁŘ 2

Dle SW analýzy došlo k vzrůstu odebíraného výkonu na vývodu z transformační stanice VVN/VN z 4,9 MW (2020) na 14 MW (2040). To pro představu odpovídá situaci, kdy je v dané oblasti uvažováno přibližně 3000 vozidel na elektropohon. Během tohoto stavu však došlo k přetížení kmenové linky, které v nejvíce namáhaném úseku odpovídalo hodnotě 101 % (viz Obrázek 1). Bylo by tedy nutné buď zmíněný úsek posílit, nebo přesunout značnou část nabíjecího výkonu na jinou denní dobu. Napětí ve všech uzlech na hladině VN se pohybovalo v daných mezích $U_n \pm 10\%$.



Obrázek 1: Odhad maximálního zatížení dané sítě při implementaci elektromobility

4 ZÁVĚR

Provedená analýza se v první fázi věnovala oddělené implementaci OZE a nabíjecích stanic pro EV a výhradně byla zaměřena na hodnocení výkonové bilance a napěťových poměrů. Výsledky poukazují na důležitost opatření jako jsou rekonstrukce linek, U/Q regulace, akumulace, omezování výroby OZE nebo řízení nabíjecích výkonů. V rámci následujících analýz budou hodnoceny další navržené scénáře, které budou zaměřeny především na společnou implementaci OZE a nabíjecích stanic, pakliže tyto technologie instalované společně mohou mít například potenciál ovlivnit případné negativní vlivy spojené právě s jejich oddělenou implementací.

REFERENCE

- [1] *Dílčí studie pro pracovní tým A25: Predikce vývoje elektromobility v ČR.* 1. Praha: Euroenergy, 2018, 146 s. Dostupné také z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2019/10/Studie-NAP-SG-A25_Elektromobilita.pdf
- [2] *Výpočty dopadu rozvoje decentralních výroben doprovodu distribuční a přenosové soustavy.* 1. Brno: EGÚ Brno, 2017, 28 s. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2020/5/A9-A13-Vypocty-dopadu-rozvoje-decentralnich-vyroben.pdf>
- [3] *ČR. Národní akční plán pro chytré sítě.* In: . Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015. Dostupné také z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2016/11/Narodni-akcni-plan-pro-chytre-site.pdf>