

Řízení spotřeby pro bezpečnou integraci obnovitelných zdrojů energie

Obsahem článku je prezentace systému řízení spotřeby pro bezpečnou integraci OZE do DS, který byl vyvíjen v projektu Bezpečná integrace obnovitelných zdrojů energie (BIOZE) podporovaném TAČR v programu Alfa. Řídicí systém ovládá spotřebu ZO tak, aby odpovídala době produkce OZE a tím umožnila lokálně spotřebovat energii vyrobenou OZE. Základním principem funkce řídicího systému je plánování spínání ZO na základě predikcí výroby OZE, spotřeby elektrické energie a teplé užitkové vody (TUV). Řídicí systém zároveň zajišťuje zachování komfortu dostupnosti TUV. Systém je možno rozšířit tak, aby umožňoval koordinované řízení více systémů instalovaných v síti nízkého napětí (NN) za účelem řízení toků výkonu v nadřazené síti vysokého napětí (VN). Příspěvek popisuje princip funkce řídicího systému, pilotní instalaci tohoto systému v několika odběrných místech v síti NN a prezentuje simulace provozu systému v sítích NN a koordinované řízení soustavy těchto systémů zapojených do VN sítě.

ÚVOD

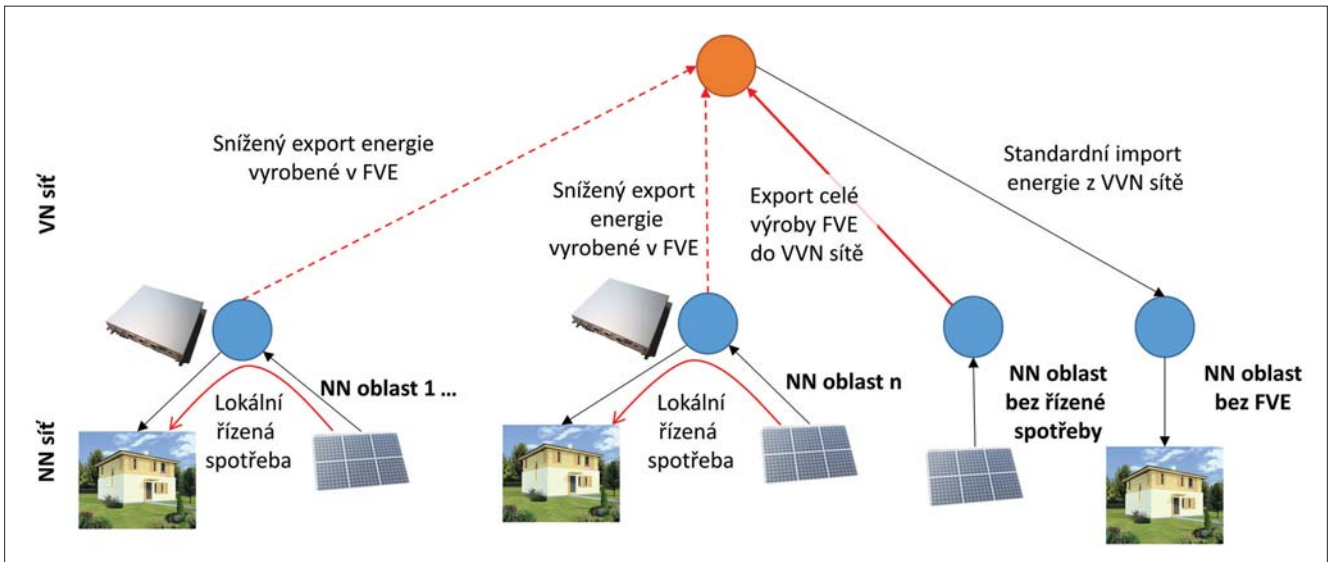
S nárůstem zastoupení obnovitelných zdrojů energie (OZE) v elektrizační soustavě se objevují nové problémy v provozu distribučních soustav (DS), jako jsou přetoky výkonů v sítích z nižších napěťových úrovní do vyšších nebo nebezpečí vzniku přepětí či kolísání napětí. Tyto jevy jsou zejména způsobené faktem, že doba

výroby energie v OZE (zejména ve fotovoltaických elektrárnách – FVE) často nekoreluje s dobou spotřeby elektrické energie. Řešením těchto problémů může být akumulace nadbytečné energie vyrobené v OZE a její použití v době zvýšené spotřeby. Mimo použití specializovaných zařízení jako jsou akumulátory, se nabízí využití již existujících zařízení se schopností

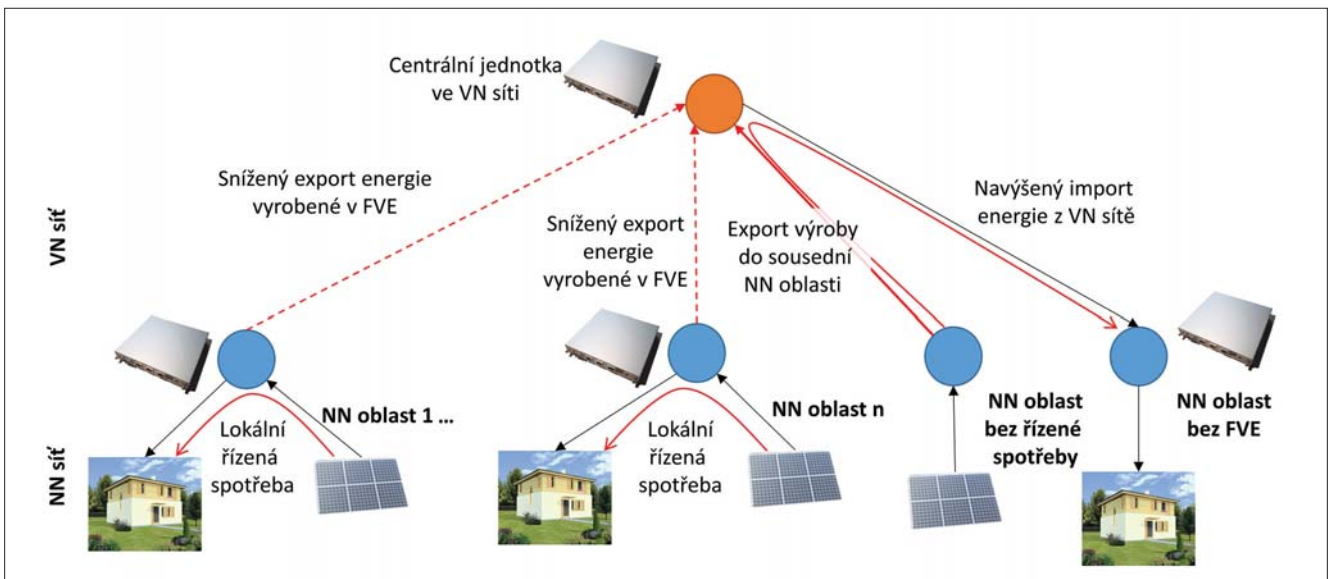
akumulace, například elektrických zásobníkových ohřevů teplé vody v domácnostech (ZO).

PRINCIP FUNKCE ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

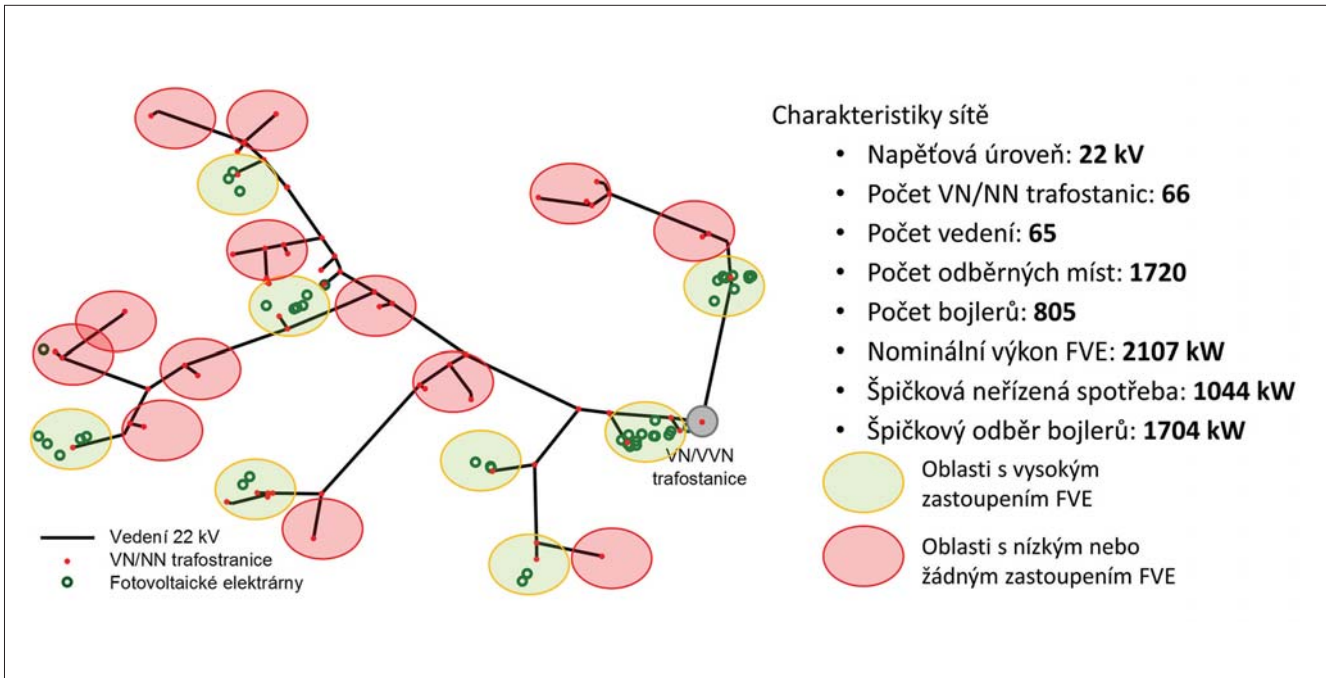
Při návrhu systému byl kladen důraz zejména na jednoduchost, nenáročnost na obsluhu, cenu instrumentace nutné k provozu systému a na možnost rozšíření systému. Z tohoto



Obr. 1 – Systém bez centrální jednotky ve VN síti



Obr. 2 – Systém s centrální jednotkou ve VN síti.

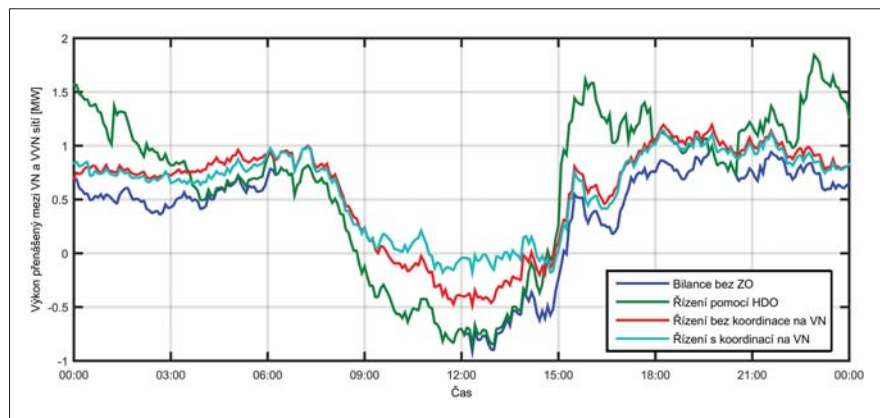


Obr. 3 – Simulovaná VN oblast

důvodu byly v první fázi návrhu jako ovladatelná spotřeba zvoleny zásobníkové ohřivače vody, neboť zpravidla představují poměrně výraznou položku v celkové spotřebě energie domácnosti i v aktuálním odebraném výkonu. Navíc jsou ZO v ČR běžně ovládány pomocí systému hromadného dálkového ovládání (HDO), záměna HDO za navrhovaný systém by tedy nepředstavovala podstatný zásah do elektroinstalace zapojených domácností. Z technického hlediska se systém dělí na tři celky:

- domovní instalace, která zajišťuje měření aktuálního odebraného výkonu zásobníkového ohřivače (popřípadě celé domácnosti), odesílání měření centrální řídicí jednotce a příjem ovládacích signálů, které zajistí sepnutí nebo rozepnutí okruhu na kterém je nainstalovaný ZO. Z technického hlediska se tedy v případě, že je měřen odběr celé domácnosti, může jednat o běžný smart meter, neboť ten ve většině případů požadovanými funkcemi disponuje,
- centrální jednotka v NN síti, která zpracovává měření z domovních instalací, měří tok energie mezi řízenou NN sítí a nadřazenou VN sítí a na základě těchto informací řídí ZO v jednotlivých domácnostech,
- volitelně nadřazená centrální jednotka ve VN síti, která koordinuje činnost centrálních jednotek v jednotlivých NN sítích za účelem efektivnějšího využití potenciálu k řízení ve všech připojených oblastech.

Systém byl navržen především pro řešení problémů vznikajících při integraci většího množství OZE, zejména pak FVE do distribučních soustav. Řídicí algoritmus, který probíhá v centrální jednotce v jednotlivých NN sítích, případně i v nadřazené centrální jednotce ve VN síti, zajišťuje zejména přesun odběru ZO tak,



Obr. 4 – Simulace řídicího systému

aby doba spotřeby co nejvíce odpovídala době výrobě FVE. V případě, že není v systému zařazena centrální jednotka ve VN síti, probíhá řízení v následujících krocích (podrobný popis řídicího algoritmu je uveden v [1]):

- 1) centrální jednotka vypočte předpokládaný přenos energie z/do NN sítě na základě odhadované výroby FVE a odhadované neřízené spotřeby domácností. K odhadu výroby FVE se využívá zejména předpovědi osvit, neřízená spotřeba domácností je odhadována na základě typových diagramů dostupných u operátora trhu s elektřinou (OTE) [2],
- 2) na základě predikce je vypočteno optimální rozložení zátěže ZO tak, aby byly minimalizovány přetoky energie vyrobené v OZE do VN sítě, přičemž je brán ohled na zajištění dostatku teplé vody pro potřeby domácností,
- 3) centrální jednotka v pravidelných intervalech (např. každých 5 minut) provádí měření přenosu energie mezi NN a VN sítí, porovná ho s cílovým stavem spočteným

v kroku 2 a zašle řídicí signály jednotlivým ZO tak, aby bylo cílového stavu dosaženo.

V případě, že je do systému zapojena i nadřazená centrální jednotka ve VN síti, jsou kroky 1) a 2) zajišťovány touto jednotkou, přičemž je při hledání rozložení zátěže ZO v jednotlivých oblastech přihlíženo i k dosažení co nejlepšího rozložení výkonových toků ve VN síti. Centrální jednotka ve VN síti však přímo neposílá řídicí signály jednotlivým ZO, pouze každé podřízené jednotce v NN síti odešle požadovaný přenos energie mezi danou NN sítí a VN sítí, který je pak udržován jednotkou v NN síti podle kroku 3) uvedeného algoritmu.

Rozdíl mezi funkcí systému s centrální jednotkou ve VN síti a bez ní je ilustrován na obr. 1 a obr. 2. Zásadní výhoda použití centrální jednotky ve VN síti spočívá v tom, že umožňuje využít kapacity ZO oblastí, ve kterých nejsou přímo instalovány OZE. Vhodnou úpravou spotřeby ZO v těchto oblastech je možné zde uložit přebytečnou energii z okolních částí sítě, ve kterých naopak kapacita ZO nepostačuje.

PILOTNÍ PROVOZ A SIMULACE PROVOZU SYSTÉMU

Navržený řídicí systém byl testován v části distribuční sítě NN. Pilotní instalace zahrnovala 10 odběrných míst, ve kterých byla instalována řídicí a měřicí jednotka umožňující testování různých funkcí systému. Mezi základní ověřované funkcionality systému patřilo zejména určení, jaká měření jsou potřebná pro dostatečně spolehlivý odhad dostupné kapacity ZO, která je pro správnou funkci systému nezbytná. Dále byly testovány nároky systému na komunikaci mezi domovními instalacemi a centrální jednotkou v NN síti. Zásadním výsledkem pilotního provozu je potvrzení předpokladu, že pro dostatečně spolehlivý odhad dostupné kapacity ZO postačí měření spotřeby celého odběrného místa v 15minutových časových intervalech, což je kvalita měření, se kterou je počítáno ve většině existujících řešení smart meteringu.

Pro otestování funkce v případě plošného nasazení systému byly provedeny simulace provozu systému v části VN distribuční soustavy zobrazené na obr. 3. Tato oblast zahrnuje 1720 odběrných míst v celkem 66 NN sítích připojených do stejné VN sítě. Souhrnný instalovaný výkon FVE v oblasti je 2,1 MWp, špičkový neřízený odběr dosahuje 1,1 MW a souhrnný příkon 800 ZO instalovaných v oblasti je 2,1 MW. V simulacích byl testován provoz systému ve variantě s i bez centrální jednotky ve VN síti a výsledky byly porovnávány se stávajícím řízením pomocí systému HDO. Cílem řízení byla optimalizace výkonových toků mezi řízenou VN a nadřazenou VVN sítí.

Výsledné průběhy toků mezi řízenou VN oblastí a VVN sítí, do které je připojena jsou zobrazeny na obr. 4. Z výsledků simulací lze odvodit několik zajímavých závěrů:

- řízení pomocí systému HDO je pro oblasti s vysokou koncentrací FVE nevhodné, protože

	Řízení pomocí HDO	Řízení bez koordinace na VN	Řízení s koordinací na VN
Maximální export [MW]	0,85 100 %	0,48 57 %	0,18 21 %
Maximální import [MW]	1,84 100 %	1,19 65 %	1,14 62 %
Rozdíl mezi maximem exportu a importu [MW]	2,70 100 %	1,68 62 %	1,32 43 %
Exportovaná energie [MWh]	3,10 100 %	1,23 40 %	0,26 9 %
Importovaná energie [MWh]	18,14 100 %	15,14 84 %	14,50 80 %

Tab. 1 – Porovnání výsledků řízení

ZO nejsou v tomto případě používány v době vysoké výroby FVE, což vede k vysokému exportu energie z oblastí v době špičkové výroby FVE a vysokému importu energie do oblastí v době, kdy je lokální výroba FVE nízká nebo žádná,

- v případě řízení pomocí navrhovaného systému dochází k podstatnému snížení špičkového exportu ze simulované VN soustavy (o 43 %, resp. o 79 % v případě řízení bez resp. s centrální jednotkou ve VN síti), špičkového importu (o cca 45 % v obou případech), exportované energie (o 60 %, resp. 91 %) i importované energie (o 16 % resp. 20 %),
- viz Tab. 1.

ZÁVĚR

Výsledky simulací ukazují, že navržený systém má potenciál snížit přetoky energie z DS s vysokým zastoupením OZE až o 60 % v případě, že provoz jednotlivých systémů v NN sítích není koordinován, a až o 90 % v případě koordinovaného řízení. Uvedený potenciál je dosažitelný za pomoci standardních smart meterů a oproti stávajícímu způsobu řízení spotřeby pomocí systému HDO přináší podstatnou výhodu v podobě možnosti přizpůsobit řízení

lokálním podmínkám v soustavě jako je právě vysoká koncentrace OZE. Simulační výsledky tak naznačují, že navržený systém řízení spotřeby může být v případě plošného nasazení smart meterů a za předpokladu vhodných tarifních a legislativních podmínek funkční alternativou k řešení integrace OZE do distribučních soustav.

LITERATURA

- [1] O. Malík a P. Havel, „Active Demand-side Management System to Facilitate Integration of RES in Low Voltage Distribution Networks,“ IEEE Transactions on Sustainable Energy, sv. 5, č. 2, pp. 673-681, 2014.
- [2] „Typové diagramy dodávek elektřiny,“ OTE, a. s., 2015. [Online]. Available: <http://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektřiny/normalizovane-tdd>.

Ondřej Malík, Ondřej Novák, Jan Zábojník, ČVUT v Praze, fakulta elektrotechnická, katedra řídicí techniky, ondrej.malik@fel.cvut.cz, ondrej.novak@fel.cvut.cz, jan.zabojnik@fel.cvut.cz

Power management for the safe integration of renewable energy sources

This paper presents a system of power management for the safe integration of Renewable Energy Sources into the DS, which was developed in the project Safe Integration of Renewable Energy Sources (Biozat) supported by TAČR in programme Alfa. The control system controls the consumption of ZO to match the time of production of OZE (Renewable Energy Sources) and in this way allows to locally consume the energy produced by OZE (Renewable Energy Sources). The main principle of the function of the control system is programming of switching on ZO based on predictions of production of OZE (Renewable Energy Sources), power consumption and consumption of domestic hot water (DHW). The control system also ensures the keeping of comfort availability TUV. The system can be extended to allow coordinated management of multiple systems installed in low voltage network (NN) in order to control power flows in the parent network of high voltage (HV). The paper describes the principle of the function of the control system, pilot installation of the system at several collection points in the LV network and presents simulations of the system operation in LV networks and coordinated management systems of these systems connected to the high voltage network.

Управление потреблением для безопасной интеграции обновляемых источников энергии

В статье приводится презентация системы управления для безопасной интеграции обновляемых источников энергии в дистрибуторскую энергосеть. Эта система была создана в рамках проекта "Безопасная интеграция обновляемых источников энергии" (BIOZE), при поддержке ТАЧР в программе Alfa. Управляющая система регулирует расход энергии так, чтоб она отвечала периоду получения энергии обновляемых источников, и этим дает возможность локально использовать энергию, получаемую от обновляемых источников. Основным принципом функции системы управления является планирование выключения традиционного источника энергии на основе предпочтения производства электроэнергии из обновляемых источников, предполагаемый расход электроэнергии и горячей технической воды. Управляющая система обеспечивает доступность горячей технической воды. Систему можно расширить так, чтобы она могла координировать управление нескольких систем, установленных в сети низкого напряжения с целью управления подачи мощности в сеть высокого напряжения. Статья описывает принцип функционирования системы управления, пилотные инсталляции этой системы в нескольких местах отбора электричества потребителями.