

SKLADOVÁNÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE V BATERIOVÝCH STANICÍCH A JEJÍ VYUŽITÍ V ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVĚ – TRENDY A ZKUŠENOSTI

Milan Kloubec, ELTRAF, a.s., Martin Panáč, Siemens, s.r.o., Michal Jurík, E.ON Distribuce, a.s.

Díky poklesu cen velkokapacitních baterií se stále častěji používají pro skladování elektrické energie. Příspěvek se zaměřuje na velké bateriové stanice (s kapacitou v řádu jednotek MWh a více) budované v propojené evropské elektrizační soustavě, na jejich technologii, životnost a možnosti využití. V rámci příspěvku je také prezentován v současné době jeden z nejvýznamnějších realizovaných projektů tohoto druhu v České republice – bateriová jednotka v areálu rozvodny Mydlovary.

As prices of high-capacity batteries are falling, their utilization for energy storage step by step grows. This article focuses on high-capacity battery stations (with capacities of over MWh) that are being built in the pan-European Electricity Grid, on their technologies, lifetime and utilization opportunities. In the article there is also presented one of the most important projects of its kind being currently built in the Czech Republic – the battery station in the Mydlovary Switching Station.

1. ÚVOD

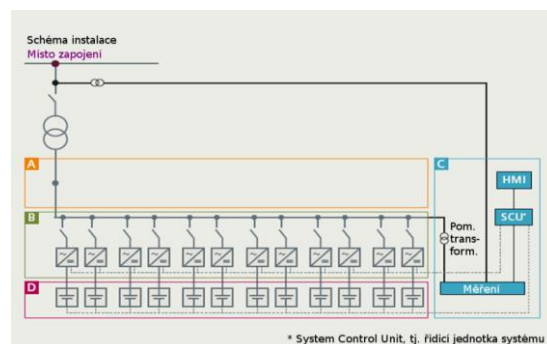
V důsledku masivního rozvoje obnovitelných zdrojů energie a jejich využití pro výrobu elektřiny čelí elektrizační soustavy novým výzvám, se kterými se musejí vyrovnávat pro zajištění spolehlivé a kvalitní dodávky elektrické energie jejím uživatelům. Jedním z prostředků k jejímu zajištění jsou v poslední době stále častěji využívané velké bateriové stanice. Jak se dále ukazuje, využití velkých bateriových systémů je daleko širší a nabízejí do budoucna rozsáhlé možnosti jejich aplikace.

2. REALIZACE VELKÝCH BATERIOVÝCH SYSTÉMU - BESS

Společnost Siemens se intenzivně zabývá vývojem a výzkumem velkých bateriových systémů již od roku 2010. Centrum vývoje a výzkumu bylo založeno v německém Erlangenu. Hlavní důraz byl kladen na bezpečnost, dosažení maximální délky životnosti celého systému a především na využití předností bateriových systémů založených na Li-ion technologii pro aplikace v energetice. Jako jeden z klíčových prvků bateriového systému byl vyvíjen řídicí systém společně se střídačovými jednotkami, které zajišťují optimální využití bateriového systému v rámci řešení SIESTORAGE.



Obrázek 1: Modulární řešení



SIESTORAGE je modulární systém pro uchovávání energie pomocí baterií Li-ion. Poskytuje flexibilní řešení pro celou řadu aplikací v odvětví výroby elektrické energie, přenosu a distribuce energie, která zvyšují účinnost a zlepšují kvalitu elektrické energie.

VYUŽITÍ		PŘÍKLADY POUŽITÍ
	Dodávky elektrické energie v rámci Smart Grid	• „Black start“ • Kontrola náběhu • Časový posun dodávky • Stabilizace dodávek/odběru (řízení kapacity) • Úspora paliva /nafty • Regulace kmitočtu (Rezerva primární kontroly) • Řízení zatížení ve špičkách
	Dodávky elektrické energie pro průmysl	• „Black start“ • Zálohování energie, bezpečné odstavení technologie • Kompenzace nafty/paliva • Řízení zatížení ve špičkách, kompenzace
	Integrace, efektivní využití veškeré vyrobené energie z obnovitelných zdrojů	• Kontrola náběhu • Časový posun • Stabilizace dodávek/odběru (řízení kapacity) • Akumulace a využití „přebytků“
	Minimalizace rekonstrukce přenosových a distribučních sítí, zajištění dodávek a kvality el. energie	• Řízení zatížení ve špičkách • Časový posun • Regulace kmitočtu • Eliminace přetoků energie

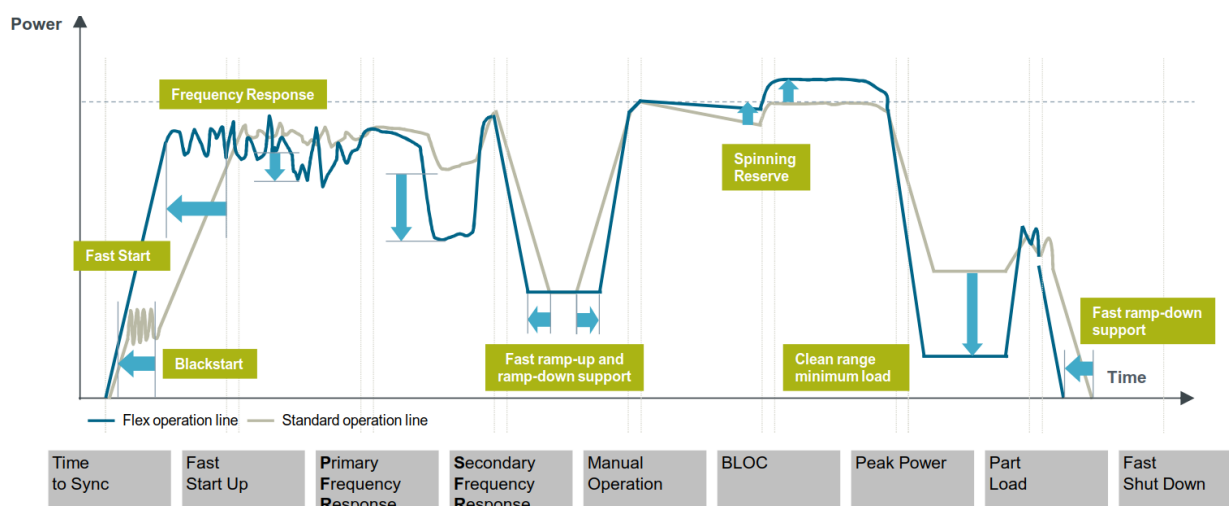
Některé záměry/využití mohou vyžadovat spojení různých aplikací. Protože lze celý systém včetně řídicího systému nakonfigurovat tak, aby bylo v budoucnu možné na základě požadavků trhu a požadavků distribučních a přenosových soustav okamžitě reagovat a poskytnout požadovanou službu/podpůrné služby - a to s ohledem na nová pravidla, která budou reflektovat požadavky vycházející z tzv. „zimního balíčku“ projednávaného v rámci EU a s ohledem na případné změny v poskytovaných podpůrných službách PpS.

V tabulce 1 je uveden příklad poskytovaných služeb ve Velké Británii:

Service	Minimum capacity	Response requirements	Providers	Procurement method
Enhanced Frequency Response (EFR)	1 MW	< 1 sec to full power Deliver for 30 mins	Most of the contracts are for battery storage	Annual Tender
Firm Frequency Response (FFR)	10 MW	< 30 sec Depending on Primary, Secondary and High Response	CCGTs, Recip. engines, DSR, Pumped Storage	Monthly Tender for FFR + Bilateral Contracts
Frequency Control by Demand Management	3 MW	Within 2 seconds; 30 min duration	High load customers (over 3MW consumption)	Bilateral Contracts
Fast Reserve	50 MW	< 2mins	Pumped Storage, Diesel Recip. Engines	Monthly Tender
Committed Short Term Operating Reserve (STOR)	3MW	<20 mins Max 240 mins response time, but not less than 120 mins	CCGT, OCGTs, DSR, Hydro, Pumped storage, Recip engines.	Tender (3 per year)
Flexible Short Term Operating Reserve (STOR)				

Demand Turn-Up	No Minimum	Within 10 mins	DSR	Bilateral Contracts
Intertrip	No Minimum	Automatic disconnection	Wind turbines	NG will approach potential service providers directly if a specific requirement is identified.
Demand Side Balancing Reserve (DSBR)	No Minimum	Two-hour notice	Commercial and industrial energy consumers (utility companies, water companies and other major energy Users)	NG will not be procuring Demand Side Balancing Reserve (DSBR) for winter 2016/17
Enhanced Reactive Power Service (ERPS)	No Minimum	Be capable of supplying their rated power output (MW) at any point between the limits 0.85 power factor lagging and 0.95 power factor leading at the BMU terminals.	Any site that has the plant/apparatus that can absorb or inject reactive power, including demand-side providers	Through tenders which are held every six months

Společnost Siemens se intenzivně zabývá i řešením, kdy systém SIESTORAGE se stává součástí již existujícího výrobního bloku a je vytvořen tzv. fiktivní výrobní, ve kterém se setkají výhody jak stávající tak nové technologie. V případě tohoto řešení jsou kladeny zvýšené nároky na komplexní řízení nové a stávající technologie.



Obrázek 2: Využití SIESTORAGE ve fiktivním bloku/výrobně

První pilotní projekty byly společností Siemens realizovány již od roku 2011 a to pro distribuční společnosti ENEL a EDP. Zpočátku se jednalo o systémy s menšími výkony do 1MW a kapacitou max.1MWh

Projekty řešily konkrétní problémy v místních energetických soustavách, případně byl SIESTORAGE dodáván do výzkumných center, které se zabývají využíváním bateriových systémů.

V roce 2016 došlo celosvětově k významnému zvýšení poptávky po velkých bateriových systémech jednak v rámci řešení Smart Grid a dále pro realizaci systémových služeb. Tento rozvoj akumulčních systémů SIESTORAGE umožnily praktické zkušenosti, ověření technologických možností a příznivý vývoj cen baterií a nutnost zajistit systémové služby pro další rozvoj OZE.

Rozvoj této formy akumulace je umožněn především díky modulárnímu řešení v kontejnerovém provedení, které umožňuje jednoduchou a rychlou realizaci ve zvolené lokalitě. Není tedy třeba hledat lokalitu, kde se dá nový typ akumulace realizovat, ale stačí najít místo, kde je potřeba. V porovnání s dosud používanými formami akumulace je tato technologie nepřekonatelná především s pohledu vysoké celkové účinnosti, která se pohybuje v rozmezí od 87-83% (v závislosti na stáří baterie) a rychlosti odezvy systému SIESTORAGE.

SIESTORAGE je navržen, aby minimálně po dobu 10 let splňovat všechny požadované technické parametry, včetně požadované kapacity baterií, s minimálními provozními náklady pro bezobslužný provoz. Technologie je navržena na minimální životnost 20 let.



Obrázek 3: Kontejnerové provedení o výkonu 1,6 MW.

Z důvodu větší flexibility a zvýšení výrobní kapacity se společnost Siemens rozhodla v roce 2016, že vybuduje v České republice nové kompetenční centrum, které bude zajišťovat dodávky systému SIESTORAGE na klíč v rámci střední a východní Evropy, včetně zajištění servisních činností. Klíčové dodávky jako řídicí systém, střídače, zařízení vyvedení výkonu a rozhraní mezi bateriovými jednotkami a zbývající technologie budou nadále projektovány a vyráběny v německém Siemens AG. Výroba kontejnerů, kompletace celého systému SIESTORAGE, včetně základních zkoušek bude probíhat v České republice ve společnosti EL-TRAF, kde již bylo úspěšně realizováno několik zakázek. Jedna z prvních zakázek byla realizována v roce 2016, kdy bylo dodáno řešení pro Nizozemskou společnost VDL (SIESTORAGE 1,6MW / 1,3MWh) prioritně pro poskytování primární zálohy (regulace frekvence) viz obr. č. 4.



Obrázek 4: Řešení pro společnost VDL (SIESTORAGE 1,6MW / 1,3MWh)

V případě požadavku na optimalizaci výkonu/kapacity systému SIESTORAGE průběhu zpracovávání realizací dokumentace je třeba počítat s delšími dodacími lhůtami v rozmezí 7-12 měsíců, které jsou zapříčiněny především dlouhými dodacími termíny baterií a přísnými podmínkami pro dopravu (např. zajištění klimatizovaných kontejnerů po celou dobu dopravy), což je jedna z důležitých podmínek do zajištění maximální doby životnosti bateriových článků. Z důvodu obrovského nárůstu celosvětové poptávky po bateriových článcích (i ze strany automobilového průmyslu), vytížení kapacit výrobních závodů a na základě předpokládaného růstu cen surovin potřebných pro výrobu Li-ion baterií pravděpodobně nedojde k výraznému poklesu cen baterií a výraznému zkrácení dodacích termínů.

S rozvojem akumulčních systémů vzniká v současné době nová obří celosvětová společnost FLUENCE (www.fluenceenergy.com) zabývající se realizací velkých projektů v oblasti akumulace do bateriových systémů na bázi Li-Ion technologie.

Zakládajícími členy je společnost Siemens a americká společnost AES s celkovou instalovanou kapacitou bateriových systémů blížící se hodnotě 0,5 GWh.

V současné době je úspěšně realizováno velké množství projektů, které řeší akumulaci elektrické energie do bateriových systémů jak společností Siemens tak jinými technologicky vyspělými společnostmi. Již se tedy nejedná pouze o výzkum a pilotní projekty, ale o velké investiční akce do bateriových systémů o kapacitách 10-100 MWh. Bez dalšího rozšiřování této formy akumulaci si těžko budeme moci dovolit další zvyšování podílů OZE na celkové výrobě elektrické energie a současně zvyšovat objem akumulované energie v souladu s požadavky na zajištění energetické bezpečnosti. Nezbytným krokem pro využívání této technologie v podmínkách České republiky je vytvoření závazných pravidel pro akumulaci elektrické energie společně s provozovatelem přenosové soustavy a distribučních sítí, tak, aby se tento typ akumulace stal v blízké době jedním z důležitých stabilizačních prvků naší a celoevropské elektrizační soustavy.

3. BATERIOVÁ AKUMULACE V KONCERNU E.ON

Jelikož koncern E.ON patří k předním energetickým podnikům v Evropě a ve svém portfoliu se věnuje všem segmentům elektrizační soustavy počínaje výrobou elektrické energie, mají pro něj perspektivní technologie ukládání energie celou řadu potenciálních využití. Na problematiku skladování energie se koncern soustředí od roku 2011, kdy bylo zřízeno koncernové inovační centrum pro ukládání energie (E.ON Innovation Centre for Energy Storage). Na základě interních studií tohoto centra byla z nekonvenčních metod pro ukládání a skladování elektrické energie v elektroenergetice věnována největší pozornost akumulaci založené na elektrochemickém principu, konkrétně formou velkokapacitních baterií.

První koncernovou aplikací se stalo využití bateriových systémů v projektu Smart Region Pellworm, kdy se primárně ověřovala schopnost bateriových technologií udržet stabilitu sítě s vysokým podílem intermitentních zdrojů elektrické energie. Masivní zájem o problematiku bateriové akumulace pak nastal koncem roku 2014, kdy byly napříč koncernem vyhledávány a analyzovány obchodní příležitosti pro aplikaci baterií založených na technologii Lithium-Ion (projekt Tokyo). Jako perspektivní se ukázaly zejména poskytování podpůrných služeb (Spojené království, Německo) a vyrovnávání bilančních odchylek obchodníka s elektrickou energií (Česká republika).

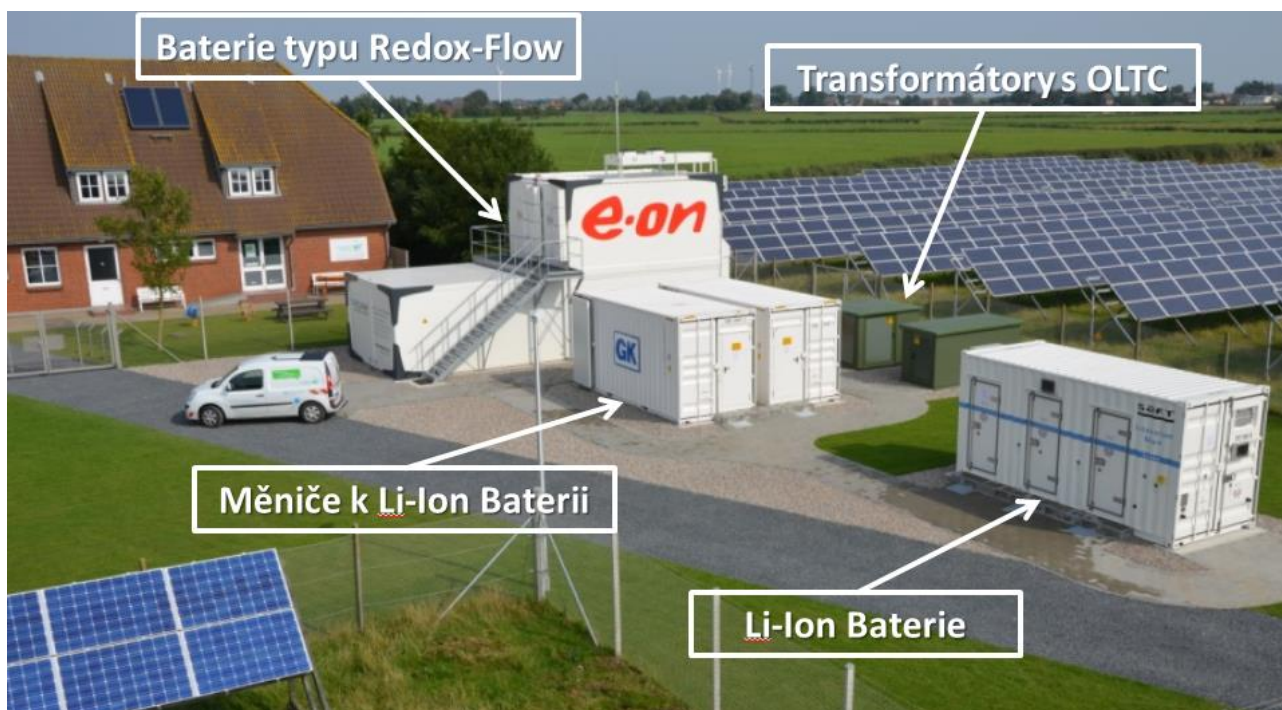
Česká regionální jednotka E.ON tak zůstala v kontaktu s koncernovým know-how, což jí pomohlo rozběhnout vlastní pilotní projekt výstavby velkokapacitní baterie. Ten se blíží uvedení do provozu právě v době, kdy se česká elektrizační soustava, a zejména energetická legislativa, musí vyrovnat s narůstajícím zájmem investorů o tento typ elektroenergetického zařízení.

3.1. SMART REGION PELLWORM

Ostrov Pellworm se nachází v Severním moři v německé spolkové zemi Šlesvicko-Holštýnsko a žije na něm přibližně 1000 stálých obyvatel. Kromě zemědělství je hlavním zdrojem příjmů ostrova ekoturismus a místní obyvatelé se snaží v co nejvyšší míře využívat energii z obnovitelných zdrojů. Z energetického pohledu jsou na ostrově instalovány zdroje s celkovým intermitentním výkonem 8,4 MW (5,7 MW větrné elektrárny a 2,7 MW fotovoltaické elektrárny). Portfolio zdrojů doplňuje kogenerační jednotka na bioplyn s instalovaným výkonem 0,53 MW a záložní dieselgenerátor (0,05 MW). S pevninskou německou elektrizační soustavou je ostrov propojen dvěma podmořskými kabely 20 kV.

Úkolem projektu bylo vybudovat akumulační zařízení za účelem lokálního řízení místní elektrické sítě a maximalizace spotřeby energie z obnovitelných zdrojů energie, které se na ostrově nacházejí. Za tímto účelem byly instalovány velkokapacitní baterie: Baterie typu Redox-Flow s jmenovitým výkonem 200 kW a maximální kapacitou 1600 kWh, a baterie typu Li-Ion s jmenovitým výkonem 1100 kW a maximální kapacitou 560 kWh. Akumulační jednotky byly instalovány v areálu místní hybridní elektrárny, kterou vlastní a provozuje koncern E.ON. Instalaci doplňovala dvojice transformátorů s funkcí přepínání odboček pod zatížením.

Kromě velkokapacitní akumulace pak byly do domácnosti instalovány malé jednotky na akumulaci elektřiny (baterie typu Li-Ion s jmenovitými parametry 4,5-10,5 kW a 6-9 kWh) a přímotopy s akumulací, ve kterých se přebytky vyrobené elektrické energie ukládaly ve formě tepla (Power-to-Heat; nabíjení akumulátorů bylo řízeno centrálně).



Obrázek 5: Velkokapacitní akumulční zařízení na ostrově Pellworm

Provoz všech systémů byl zahájen v listopadu 2013. Provozní zkušenosti ukazují, že celková (round-trip) účinnost velkokapacitních úložišť se v praxi pohybuje kolem 85% u Li-Ion a 60% u Redox-Flow [1]. Ostrov nyní svou spotřebu pokrývá z vlastních (obnovitelných) zdrojů v průměru přibližně 97% roční doby. Obě velkokapacitní jednotky fungují bez poruchy, nicméně u baterií pro domácnosti došlo k poklesu maximální kapacity mnohem rychleji, než bylo predikováno.

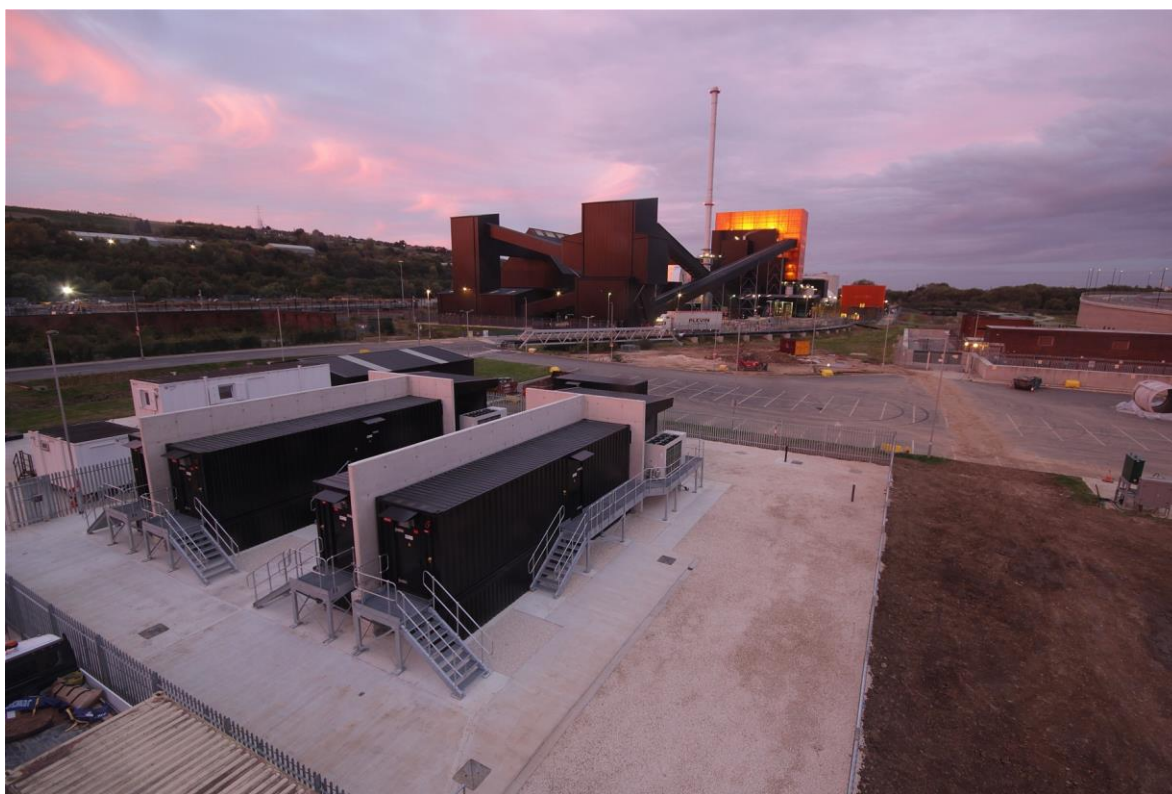
Projekt Pellworm byl koncipován jako demonstrační projekt a jelikož v České republice se podobné lokality, geograficky izolované od zbytku sítě, s vysokým podílem obnovitelných zdrojů energie nenachází, slouží projekt především jako zdroj informací o funkčnosti akumulčních technologií v průběhu jejich životnosti.

3.2. POSKYTOVÁNÍ ENHANCED FREQUENCY RESPONSE: BLACKBURN MEADOWS

Spojené království (UK) zavedlo jako první země na světě typ podpůrné služby, kdy musí její poskytovatel zareagovat na odchylku od jmenovité frekvence sítě (50 Hz, odchylka vyšší než $\pm 0,05$ Hz) v době kratší než 1 s. Dosud používaná primární regulace v UK má požadovanou rychlost reakce do 10 s. Objem této služby je pro UK stanoven na 201 MW instalované výkonové kapacity dodavatelů, přičemž požadavek je na nepřetržitou symetrickou dodávku nasmlouvaného výkonu po dobu 15 minut.

Do aukce se nakonec zapojilo 64 uchazečů o celkové nabízené výkonové kapacity 1 200 MW, přičemž bateriové jednotky tvořily 95% [2] Společnost E.ON byla jedním z vítězných uchazečů o možnost tuto službu poskytovat. Na základě vítězného tendru se tak v lokalitě Blackburn Meadows v UK buduje velkokapacitní bateriové úložiště o jmenovitém výkonu 10 MW a jmenovité maximální kapacitě 5 MWh. Úložiště by mělo být uvedeno do provozu ke konci roku 2017. Použita je rovněž bateriová technologie Li-Ion.

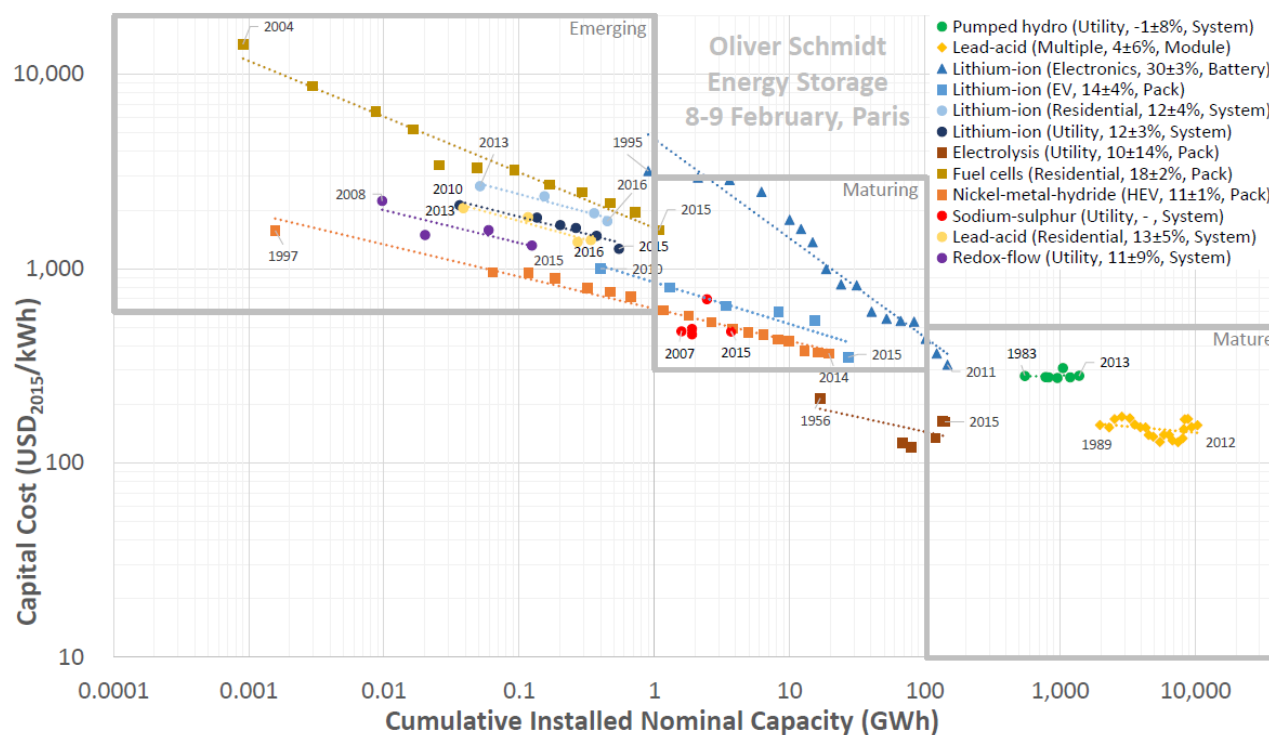
V České republice, na rozdíl od jiných evropských zemí, jako je Nizozemsko, Německo nebo UK, bateriová jednotka není uznatelná jako potenciální poskytovatel podpůrných služeb [4], což omezuje možnosti uplatnění takovéto jednotky v domácích podmínkách.



Obrázek 6: Stavba bateriové jednotky v Blackburn Meadows [3]

3.3. BATERIOVÁ JEDNOTKA V E.ON CZECH

Společnost E.ON v České republice si uvědomila trend klesajících pořizovacích cen bateriových jednotek, zejména technologie Li-Ion. Tyto trendy v posledních letech značně posílily s rychlým rozvojem elektromobility (viz obrázek 7), ale byly patrné i v roce 2014.



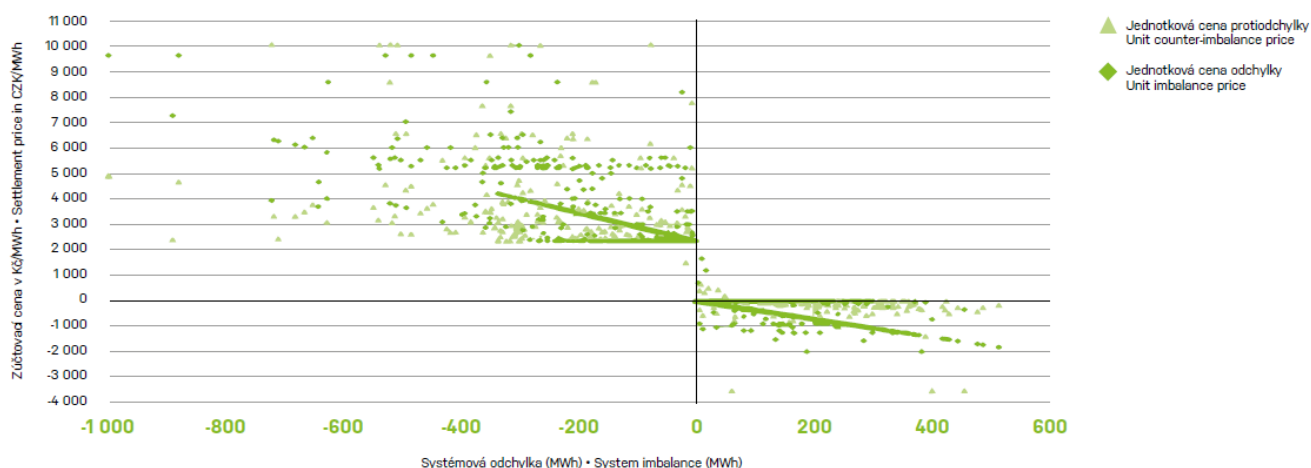
Obrázek 7: Energy storage Experience Curves [5]

V české energetice začalo téma akumulace rezonovat od roku 2015, kdy byla v rámci Národního akčního plánu pro chytré sítě (NAP SG) zřízena dedikovaná skupina, ve které měli zástupci regulovaných subjektů (PPS, PDS) pod záštitou MPO a ERÚ, navrhnout a vytvořit podmínky, včetně finančních, pro postupnou realizaci nasazování a způsobu využití akumulace pro potřeby ES ČR v podmínkách vysoké integrace DE-CE a existence SG, včetně stanovení pravidel pro připojení akumulace [7]. Předání výstupů této skupiny je plánováno na konec roku 2017.

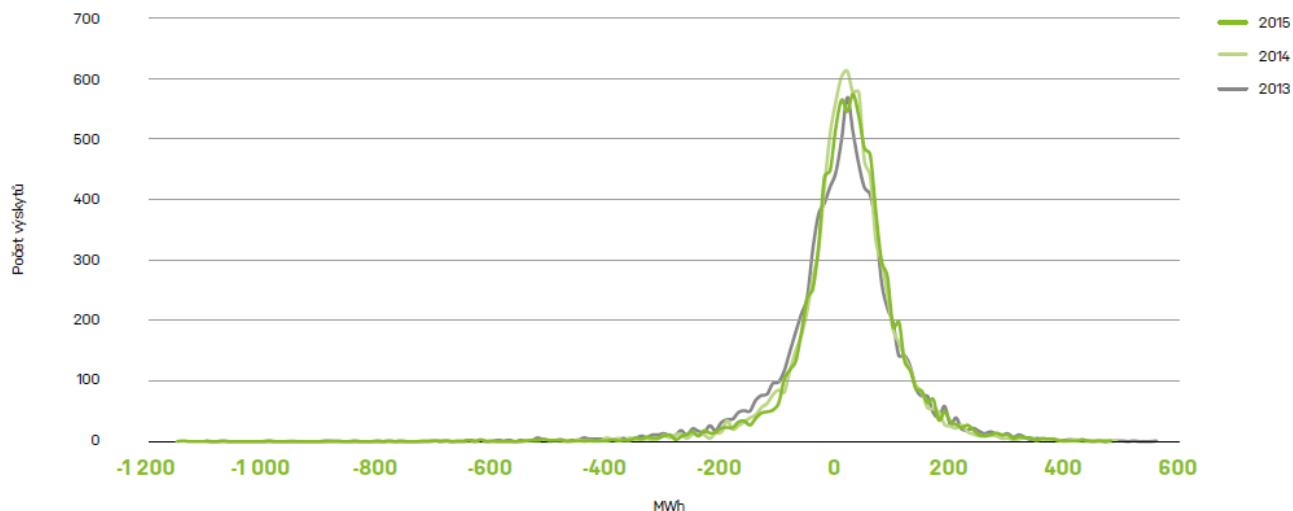
V průběhu let 2016 a 2017 nastává enormní zájem o bateriové jednotky i z pohledu komerčních subjektů. Společnost E.ON Distribuce již na distribučním území společnosti E.ON eviduje minimálně 18 žádostí o připojení velkokapacitních bateriových jednotek, s úhrnným jmenovitým výkonem přesahujícím 180 MW.

3.3.1. Bateriová jednotka v E.ON Czech – Využití pro obchodníka s elektrickou energií

Jednou z možností, jak využít bateriovou jednotku, bylo snížení odchylek obchodníka s elektrickou energií (E.ON Energie, a.s.). Obchodník usiluje o to, aby byla v každé hodině dosažena rovnováha mezi energií, kterou mu dodávají smluvní partneři – dodavatelé, a energií spotřebovanou zákazníky. V důsledku volatility jak výroby, tak spotřeby nicméně dochází k odchylkám, které kompenzuje a následně účtuje operátor trhu. Proces je podrobně popsán v odborné literatuře [6].



Obrázek 8: Zúčtovací cena odchylky a protiodchylky v roce 2015 [9]



Obrázek 9: Četnost velikosti systémové odchylky v letech 2013–2015 [9]

Roční náklady na odchylku se u společnosti E.ON Energie pohybují v řádu stovek milionů Kč a velikosti odchylek jsou natolik významné, že akumulační systém nebude mít obtíže s uplatněním. (viz obrázky 8 a 9).

Ekonomický model projektu byl vypracován v rámci projektu Tokyo na základě dostupných dat a předpokladů:

- Baterii bude možné provozovat i za účelem obchodování na vnitrodenním trhu.
- Operátorům ECE nevzniknou používáním jednotky dodatečné operativní náklady
- Baterie bude platit distribuční poplatky
- Baterie získá dotaci z OP-PIK

Ekonomický model projektoval za těchto předpokladů příznivé IRR. Na tomto základě bylo rozhodnuto o zahájení projektu za podmínky úspěšného získání dotace. Investorem projektu se stala společnost E.ON Česká republika, s.r.o., která v té době pro holding E.ON Czech organizovala pilotní projekty.

3.3.2. Bateriová jednotka v E.ON Czech – výstavba

Lokalita byla vybrána na základě interní studie, kterou ve spolupráci se společností E.ON vypracovala společnost EGC. Jako nejvhodnější pro instalaci se ukázal areál v blízkosti rozvodny VVN/VN Mydlovary. Hlavní důvody pro výběr lokality byly:

- Pozemek o vhodné velikosti, ve vlastnictví sesterské společnosti E.ON Distribuce, a.s. který zjednodušoval jednání o pronájmu pozemku.
- Blízká elektrická vzdálenost od pole VN (v rozvodně), kde se jednotka připojuje k distribuční síti.
- Areál Mydlovary je hlídán, což zvyšuje fyzickou bezpečnost jednotky
- V areálu se rovněž nachází teplárna spalující biomasu, takže eventuální prohlídku jednotky lze pro návštěvníky spojit s dalším programem.

Výběrové řízení bylo zahájeno 19.12.2016, vítězem se stala společnost Siemens. Smlouva o dílo byla uzavřena 2.5.2017. V současnosti probíhá instalace jednotky a její dokončení je plánováno na 31.10.2017.



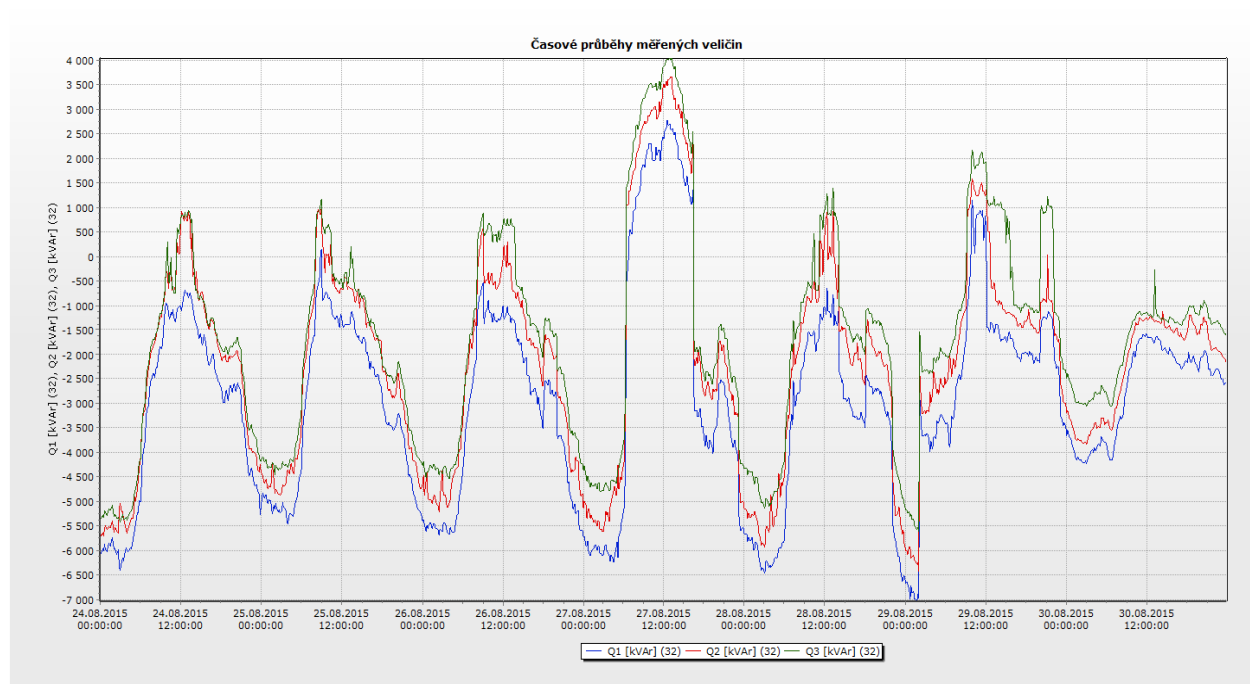
Obrázek 10: Lokalita Mydlovary, pozemek pro jednotku



Obrázek 11: Lokality Mydlovary, instalační práce, osazování trafostanice (15.9.2017)

3.3.3. Bateriová jednotka v E.ON Czech – Další možnosti využití

Jedním z palčivých témat provozu elektrizační soustavy jsou přetoky jalové energie v předávacích místech PPS/PDS. V době, kdy je distribuční síť málo zatížena, zejména mezi půlnocí a třetí hodinou ranní, se ve zvýšené míře projevuje kapacita kabelových vedení VN, jejichž podíl v distribuční síti pořád roste, a směrem do nadřazených sítí, až do přenosové soustavy, začíná téct jalový výkon. Z pohledu provozovatele přenosové soustavy se jedná o nežádoucí jev, protože jim tyto přetoky zvyšují napětí v síti a může hrozit překročení povolené meze velikosti napětí. Přítomnost tohoto jevu je dobře zdokumentována v řadě předávacích míst [8]. Lokality baterie v rozvodně Mydlovary je v blízkosti předávacího místa Dasný, kde rovněž dochází k přetokům (viz obrázek 12).



Obrázek 12: Týdenní průběh jalového výkonu v rozvodně 400/110 kV Dasný

Jelikož je střídač baterie v Mydlovarech schopen plného čtyřkvadrantního provozu, bude možné periodicky jej využívat pro odebrání jalového výkonu ze sítě 22 kV, což v konečném důsledku sníží přetoky do PS, zejména v elektricky blízkém předávacím místě. Technicky společnost E.ON plánuje tuto funkcionalitu otestovat v průběhu roku 2018. Její ekonomický přínos bude možné upřesnit poté, co dojde k nastavení pravidel a mechanismů pro řešení problematiky přetoků jalového výkonu mezi distribuční a přenosovou soustavou.

4. ZÁVĚR

Trendy a události posledních let, popsané v článku, naznačují, že v probíhající transformaci elektroenergetických systémů bude výraznou roli hrát i velkokapacitní akumulace v elektrochemických bateriích. Specifické vlastnosti bateriových úložišť, zejména jejich mimořádně rychlá schopnost regulace výkonu, budou postupně zužitkovány v řadě případů užití napříč elektrizační soustavou. Na druhou stranu, jejich velká penetrace může způsobovat řadu netradičních provozních situací, se kterými se budou potýkat provozovatelé sítí.

I v případě bateriových úložišť platí, že technologický pokrok je o krok napřed před příslušnou legislativou. Zúčastněné strany v sektoru elektroenergetiky by se na integraci těchto zařízení měly důkladně připravit, aby mohly v plné míře využít přínosy a redukovat rizika spojená s provozem akumulačních jednotek. Autoři článku věří, že se během těchto příprav osvědčí dosud nabyté zkušenosti, které budou dále nabírány i v podmínkách České republiky.

5. LITERATURA

- [1] SmartRegion Pellworm: Eine Zukunftsregion mit verschiedenen Batteriespeichern im Smart Grid. Ergebnisse des Forschungsprojektes. Dostupné z [webu](#).
- [2] Virley, S. et al.: EFR Tender results. Market briefing. KPMG. Dostupné z [webu](#).
- [3] E.ON completes 'UK-first' battery installation at Blackburn Meadows biomass power plant. Dostupné z [webu](#).
- [4] Kodex přenosové soustavy. Část II Podpůrné služby. Str. 53 Dostupné z [webu](#).
- [5] Schmidt, O.: Capital cost projections for electrical energy storage technologies to assess future business cases. 2016 Energy Storage Conference Paris.
- [6] Chemišinec, I et al.: Obchod s elektřinou. Conte, Praha, 2010
- [7] Národní akční plán pro chytré sítě. MPO, 2015, str. 54
- [8] Jiříčka, J., Kašpírek, M., Tesařová, M.: Analýza toků jalových výkonů mezi přenosovou a distribuční soustavou s dílčím rozbořem sítě 110 kV. Energetika, 4/2017.
- [9] Roční zpráva o trhu s elektřinou a plynem v ČR v roce 2015. OTE, 2016

**Ing. Milan Kloubec, Ph.D.**

Vystudoval ČVUT v Praze, fakultu elektrotechnickou a VŠE v Praze, fakultu podnikohospodářskou. Dále studoval na univerzitách v zahraničí. Doktorské studium absolvoval na ČVUT FEL v Praze v oboru ekonomika a řízení podniku.

V rámci projektu WPP AMM řídil za AZ Elektrostav, a.s. úpravy infrastruktury pro Smart Grids.

Od roku 2013 se věnuje ve společnosti ELTRAF, a.s. konstrukci, bezpečnosti a výrobě transformačních stanic vn/nn, velkokapacitních bateriových stanic, spínacích stanic, rozvoden, technologických kontejnerů a dalších zařízení DS.

Adresa: Kralice 49, 285 04 Uhlířské Janovice, CZ

GSM: +420 725 319 239

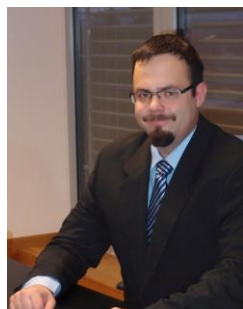
E-mail: mkloubec@eltraf.cz

**Ing. Martin Panáč**

Autor je absolventem VUT Brno, obor Elektroenergetika (1994). Následně nastoupil do společnosti JME s.r.o., kde pracoval v oddělení rozvoje sítí VN. Od roku 1996, kdy nastoupil do společnosti ABB PBS, divize elektráren, pracoval na projektech ECKG Kladno, Ledvice, od roku 2003 působil ve společnosti Siemens jako aplikační inženýr se specializací na generátory, ochrany, AVR. V servisní divizi parních turbín pracoval jako vedoucí projekčního oddělení a od roku 2011 působil jako projektový manažer na projektu rekonstrukce elektrárny Prunéřov II. Od roku 2016 se zabývá budováním nového kompetenčního centra v rámci střední a východní Evropy zajišťující realizace - systémů SIESTORAGE.

Kontakt na autora: tel. +420 734 424 721, e-mail: martin.panac@siemens.com

Více informací na: <https://siemens.com/siestorage/>

**Ing. Michal Jurík**

Autor je absolventem FEL ČVUT obor Elektroenergetika (2013). V koncernu E.ON, do kterého nastoupil v roce 2013, působí od roku 2015 na pozici projektového manažera v oddělení Strategické projekty a technický rozvoj. Zabývá se analýzou inovativních technologií pro distribuční sítě a ověřováním jejich spolehlivosti v rámci pilotních instalací.

Autor je pověřen realizací projektu velkokapacitní bateriové jednotky v Mydlovarech. Jeho další projekty zahrnují nasazování kompaktních Smart rozváděčů VN a univerzálních monitorů NN do trafostanic VN/NN v distribuční síti E.ON v České republice.

Kontakt na autora: tel. +420 733 670 500, e-mail: michal.jurik@eon.cz