

S P R Á V A

Prečerpávacia vodná elektráreň Römerland - skrútená verzia

Johannes Kathan
Tara Esterl
Fabian Leimgruber
Brunner Helfried

S podporou:



EUROPEAN UNION
European Regional
Development Fund



creating the future

Programm zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit SLOWAKEI - ÖSTERREICH 2007-2013
Program cezhraničnej spolupráce SLOVENSKÁ REPUBLIKA - RAKÚSKO 2007-2013



26.11.2012

PodĎakovanie

Táto štúdia bola financovaná z prostriedkov Európskej únie a spolkovej krajiny Dolné Rakúsko. Za vynikajúcu spoluprácu ďakujeme všetkým zúčastneným.

Prehlásenie

Rešerše a vypracovanie tejto štúdie k technickej a ekonomickej analýze rôznych scenárov použitia zásobníkov pre existujúci koncept prečerpávacích elektrární v oblasti Römerland Carnuntum boli vykonané starostlivo a svedomito. Výslovne však upozorňujeme na skutočnosť, že tu ide len o orientačnú pomôcku. Výsledky tejto práce sú preto právne nezáväznú a nepredstavujú odporúčania na ich prebratie. Použitie tejto štúdie, ako aj jej častí je vo výhradnej zodpovednosti užívateľa.

Úvod

Stúpajúci podiel obnoviteľnej energie v rámci sietí elektrární vedie ako na technickej, tak aj na ekonomickej úrovni k veľkým zmenám v systéme zásobovania energiou. Kolísavé zdroje energií napájajú rovnako, ako aj konvenčné elektrárne elektrickú sieť, avšak ich plánovanie je možné len v obmedzenej miere. Na vyrovnanie týchto výkyvov je preto potrebná flexibilita. Zásobníky elektrickej energie, ako napríklad prečerpávacie nádrže, ponúkajú možnosť poskytnúť túto flexibilitu a pomáhajú tak vyrovnávať kolísanie zdrojov obnoviteľnej energie. Prečerpávacie vodné elektrárne preto zohrávajú dôležitú úlohu pri uskladňovaní elektrickej energie na celom svete. Vo svete je v súčasnosti v prevádzke približne 300 prečerpávacích vodných elektrární, každá s výkonom viac ako 100 MW. Inštalovaný výkon prečerpávacích elektrární v Európe je 36 GW, čo zodpovedá približne 4,3% celkového vyrobeného výkonu v Európe.¹

V predchádzajúcej štúdii „Leistungsautarkie Römerland Carnuntum“ [Výkonová sebestačnosť oblasti Römerland Carnuntum] bol ohodnotený súčasný stupeň energetickej a výkonovej sebestačnosti pri potrebe elektrickej energie v oblasti Römerland Carnuntum, ako aj vysvetlené možné scenáre vývoja v budúcnosti.² Prečerpávacie elektrárne predstavujú v porovnaní s inými technológiami akumulácie energie najvhodnejšiu technológiu na zvýšenie výkonovej sebestačnosti. Toto je možné vysvetliť na jednej strane vynikajúcimi akumulačnými vlastnosťami prečerpávacích vodných elektrární (relatívne vysoký stupeň účinnosti, nízke samovoľné vybíjanie) a na strane druhej nákladovou štruktúrou tejto technológie (nízke náklady na kapacitu zásobníka).

Meniace sa regulačné a ekonomické rámcové podmienky ovplyvňujú hospodárnosť prečerpávacích elektrární. Inštaluje sa stále viac zdrojov obnoviteľnej energie a v pláne – prinajmenšom v Nemecku – je postupné ukončenie činnosti atómových jednotiek, čo má vplyv na cenu elektrickej energie. Mimoriadne dôležitý pre prečerpávaciu vodnú elektrárňu je vývoj ceny elektrickej energie. Sprísnené podmienky ohľadne životného prostredia a zvýšené poplatky za užívanie siete zvyšujú investičné a prevádzkové náklady prečerpávacích vodných elektrární. Navyše sa vo väčšej miere zavádzajú nové technológie ako tepelné čerpadlá a elektroautá. Aj zdanenie emisií CO₂ vedie k zmene cien elektrickej energie. Dlhodobá investícia do prečerpávacej elektrárne je preto spätá s určitým faktorom neistoty. Rámcové podmienky, týkajúce sa politiky v oblasti energetiky, ako napr. stanovenie výšky odplaty za užívanie siete a zavedenie nových trhových modelov, ako napr. trhov s kapacitou, majú pre budúcu hospodárnosť rozhodujúci význam. Na uskutočnenie presvedčivého rozhodnutia o investícii je preto dôležité zohľadňovať technické, ekonomické a regulačné rámcové podmienky pre prečerpávacie vodné elektrárne.

Metodika

Táto štúdia skúma hospodárnosť možnej prečerpávacej vodnej elektrárne na základe štatistických (trhových) ukazovateľov. Analýza sa opiera o analýzu časových radov historických údajov trhu s energiou a trhu s regulačnou energiou v spojení s modelom uskladnenia energie. Vyplývajúci plán prevádzky pre zásobník energie umožňuje technické zhodnotenie s pomocou založeného modelu prečerpávacej elektrárne. Výpočet hospodárnosti bol zostavený vždy z príslušnej stratégie hospodárenia elektrárne na základe údajov o trhu a plánu prevádzky, ktoré boli k dispozícii.

- **Údaje o trhu:** Ako vstupné údaje pre stratégiu hospodárenia elektrárne slúžia ukazovatele, ktoré sú k dispozícii pre Rakúsko a Nemecko, a to spotových cien, cien regulačnej energie, vyrovnávacích cien energie atď.
- **Výrobné údaje a údaje o potrebe:** Profily výroby energie určené v prechádzajúcej štúdii sa použijú za účelom preskúmania jednotlivých relevantných stratégií hospodárenia elektrárne, resp. na umožnenie analýzy výkonovej sebestačnosti.
- **Zásobník**
 - **Model:** Na určenie obhospodarovania elektrárne (výkonnostný profil, napájací profil) pri jednotlivých stratégiách hospodárenia elektrárne sa existujúci simulačný model pre akumulačné systémy prispôbi prečerpávacej vodnej elektrárni a použije sa pre analýzu. Pri tom sa systém uskladnenia energie zobrazí na základe jednoduchých charakteristík akumulácie energie. Dôležité ukazovatele charakterizujúce systém uskladnenia energie sú

¹ J. P. Deane, B. P. Ó Gallachóir, E. J. McKeogh, „Techno-economic review of existing and new pumped hydro energy storage plant“, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Zv. 14, č. 4, str. 1293–1302, máj 2010.

² J. Kathan, S. Henein, H. Brunner, V. Heinisch, „Leistungsautarkie Römerland Carnuntum“, 18. jún 2012.

- výkon zásobníka, kapacita, stupeň účinnosti nabíjania, stupeň účinnosti vybíjania a samovoľné vybíjanie.
 - **Stratégia:** Je to algoritmus, ktorý na základe špecifických vstupných ukazovateľov definuje výkon akumulátora energie (nabíjanie a vybíjanie) a odovzdáva ho do modelu akumulácie.
- **Ekonomická analýza:** Zrealizuje sa dynamický výpočet amortizácie podľa metódy kapitálovej hodnoty na základe rešeršovaných investičných ukazovateľov pre systémy prečerpávacích elektrární.
 - **Stanovenie nákladov:** Na základe údajov existujúcich a plánovaných prečerpávacích vodných elektrární sa zisťujú špecifické investičné ukazovatele pre koncept prečerpávacej vodnej elektrárne.
 - **Analýza senzitivity:** Doba amortizácie prečerpávacej elektrárne sa vypočíta v závislosti od meniaceho sa úročenia, ako aj od rôznych investičných nákladov.
- **Technická analýza:** Stanovenie vplyvu rôznych stratégií hospodárenia elektrárne na výkonovú sebestačnosť a určenie strát a vyťaženia systému uskladnenia energie na báze vypočítaných akumuláčnych profilov. Na určenie stupňov využitia a počtov cyklov sa použije metodika použitá už v predošlej štúdii.
- **Analýza krytia:** Metodika použitá už v predošlej štúdii sa použije na určenie výkonovej sebestačnosti pri rôznych stratégiách hospodárenia elektrárne na určenie vplyvov príslušnej stratégie na výkonovú sebestačnosť.

Stratégie obhospodarovania elektrárne

V rámci tejto štúdie boli zohľadnené štyri samostatné stratégie elektrárne, ako aj dve zmiešané stratégie:

- **Hospodárenie Peak-Base:** Prečerpávacia elektrárne využíva rozdiel medzi základnou cenou a cenou v špičke. Ekonomický potenciál sa znázornil na základe historických časových radov burzy s elektrinou EXAA.
- **Poskytovanie sekundárnej rezervy:** Prečerpávacia elektrárne je účastníkom trhu so sekundárnymi rezervami a odplatu dostáva za vyhradenie regulačného výkonu a skutočne dodanú regulačnú energiu. Zvolená stratégia ponúkajú prečerpávacej elektrárne nie je reálnym plánom nasadenia, ale sa ňou znázorňuje maximálny odhad očakávaného zisku.
- **Peak/Base & sekundárna rezerva (zmiešané užívanie):** Dodatočne k hospodáreniu Peak/Base sa prečerpávacia vodná elektrárne podieľa na trhu sekundárných rezerv.
- **Minimalizácia vyrovnávacej energie:** Odchýlky skutočného napájania od prognózovaného predpokladaného napájania výrobcov z kolísavých zdrojov sa vyrovnávajú pomocou zásobníka energie. Zásobník tak podporuje bilančnú skupinu pri dodržiavaní plánu prevádzky, čím sa znižuje vzniknuté množstvo vyrovnávacej energie.
- **Obmedzenie výkonu decentrálnych výrobných jednotiek:** Obmedzením výkonu ukladaním energie sa môže dorovnávať výroba a vyháňať sa špičkovému zaťaženiu v sieti. Pri úspešnom obmedzení výkonu je tak možné zredukovať investície do elektrickej siete.
- **Minimalizácia vyrovnávacej energie & obmedzenie výkonu (zmiešané užívanie):** Zásobník vyrovnáva odchýlky medzi plánovaným a skutočným napájaním. Prečerpávacia vodná elektrárne k tomu presúva špičky zaťaženia a výroby.

Predpoklady k výpočtu

Analýzy hospodárnosti stratégií elektrárne majú indikatívny charakter. Cieľom je maximálny odhad ziskov, ktoré možno očakávať, a na základe toho umožnenie investičného rozhodnutia. Aby bolo možné za reálnych podmienok zjednodušiť komplexnosť vedenia elektrárne, budú definované určité predpoklady. Tieto predpoklady slúžia zjednodušeniu výpočtov a, pokiaľ je to možné, opierajú sa o hodnoty z literatúry a inak sú stanovené na základe stavu technicko-ekonomických poznatkov:

- Prečerpávacia elektrárne je ľubovoľne regulovateľná. Gradienty, ako aj úroveň výkonu je možné ľubovoľne nastavovať.
- Zásobník môže definovanú kapacitu využiť na 100%. Inak povedané, stav nabitia (SOC) sa môže obhospodarovať od 0 do 1.
- Svojvoľné vybíjanie vyparovaním a vsakovaním, ako aj prirodzené nabíjanie pritekaním resp. dažďom sa nezohľadňuje.

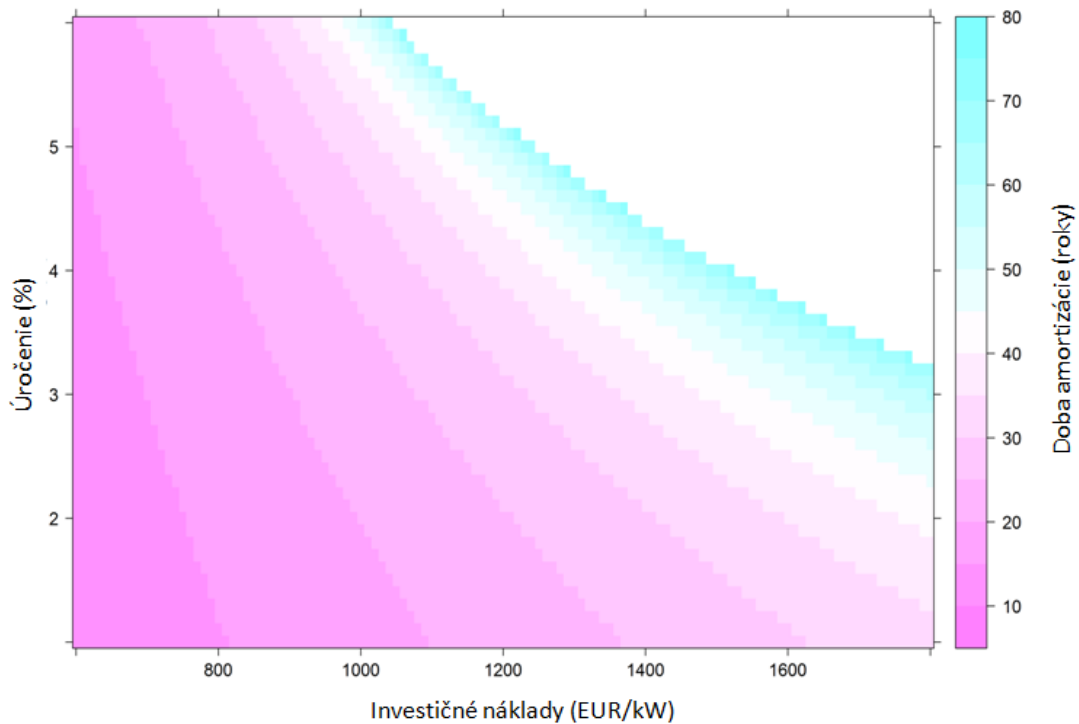
- Predpokladá sa, že elektrárneň cenu čisto akceptuje, a preto neovplyvňuje ani cenu elektrickej energie, ani cenu za regulačný výkon a regulačnú energiu. Na základe toho sa nepredpokladá trhová elasticita.
- Plány prevádzky je možné, okrem prípadu stratégie obhospodarovania elektrárne, pri ktorej je vyrovnávacia energia minimalizovaná, meniť kedykoľvek bez platenia pokút a iných dôsledkov. Preto nevznikajú ani žiadne náklady na dorovnávanie energie, keď sa prečerpávacia elektrárneň odchýli od plánu prevádzky.
- Náklady na Operation & Maintenance (O&M) boli stanovené podľa najnižšej hodnoty uvedenej v literatúre na úrovni 5 €/kW. Náhradné investície nad tento rámec v nasledujúcich výpočtoch zohľadnené neboli.
- Pre systém prečerpávacej elektrárne a všetky komponenty sa predpokladá životnosť 70 rokov. Investície nad rámec nákladov O&M, ako napr. výmena komponentov a veľké revízie, sa nezohľadnili.
- Stanovená je totálna trhová informácia, t. j. k dispozícii už sú výsledky tendrov a stratégie účastníkov sa vyvíjajú v závislosti od týchto údajov. Napríklad marginálne ceny pre regulačný výkon a regulačnú energiu sa stanovili na základe údajov tendra spol. APG, a ponúka sa vždy presne marginálna cena a výkon hraničnej ponuky. Keďže tieto údaje a priori známe nie sú, musia sa pre reálnu stratégiu účastníka buď odhadovať alebo ako základ pre stratégiu sa musia použiť historické údaje.
- Model vychádza z toho, že prečerpávacia vodná elektrárneň spĺňa všetky predbežné kvalifikačné technické kritériá a všetky ostatné predpoklady pre účasť na trhu s regulačnou energiou resp. burzách s elektrickou energiou.
- Výpočet hospodárnosti sa zakladá na konštantných finančných tokoch. Odhliadnuc od ročných odpisov, na základe ktorých sa menia vznikajúce dane, zostáva cash-flow po fáze investícií a spustení prevádzky konštantný. V závislosti od historických údajov sú finančné toky cash-flow, ktoré tvoria základ každého scenára, znázornené vždy pre jeden reprezentatívny referenčný rok.
- Čistý čas výstavby, bez obdobia projektovania a bez výstavby hornej a dolnej nádrže sa predpokladá v trvaní troch rokov. Investičné náklady sú rozdelené rovnomerne na tieto tri roky.
- V analýze sa zohľadňujú investičné náklady medzi 600 a 1800 €/kW a úročenie od 1 do 6%.

Na základe týchto predpokladov je možné priblíženie sa k skutočnej prevádzke elektrárne; zobrazenie reálnej stratégie vedenia podniku nie je možné. Rezultujúce výsledky ponúkajú možnosť vzájomného porovnania rôznych stratégií elektrární formou prehľadu.

Výsledky

Skúmaná bola dynamická doba amortizácie novostavby prečerpávacej vodnej elektrárne v závislosti od úrokov z cudzieho kapitálu a investičných nákladov, vplyv na výkonovú sebestačnosť v pozorovanej oblasti ako aj využívanie systému akumulácie. Prejavili sa nasledovné relevantné výsledky:

- Na základe štatistickej analýzy existujúcich systémov prečerpávacích vodných elektrární s rovnakou sústavou strojov sa vychádza zo špecifických investičných nákladov vo výške 1200 €/kW.
- Nasadenie hospodárenia Peak-Base ako individuálna stratégia prináša najvyššie výnosy. Tieto však v posledných rokoch značne klesli. Pri predpokladaných investíciách a úročení vo výške 6% sa prečerpávacia vodná elektrárneň počas celej doby životnosti nejaví ako ekonomická.
- Ak bude prečerpávacia elektrárneň používaná na poskytovanie regulačnej energie, systém sa taktiež za zvolených predpokladov nejaví ako ekonomický, a to ani za ideálnych podmienok (totálna trhová informácia a predloženie ideálnej ponuky). Vypočítané výnosy z poskytovania regulačnej energie predstavujú možné optimum, ktoré nie je možné reálne dosiahnuť, pretože participácia na trhu v tejto forme je možná len s absolútnou trhovou informáciou.
- Pri zmiešanom užívaní systému elektrárne pre Peak-Base/regulačnú energiu hospodárnosť môže stúpnuť, avšak naďalej zostane pod hodnotami, ktoré z ekonomického hľadiska majú zmysel. Toto zmiešané využívanie pozostáva z hospodárenia Peak-Base a súčasného poskytovania sekundárnej regulačnej energie. Výsledky dynamického výpočtu amortizácie pre Best Case tejto stratégie sú znázornené na obrázku 1.



Obrázok 1 Dynamická doba amortizácie pri rôznych investičných nákladoch a úročení kapitálu – stratégia hospodárenia elektrárne s max. sekundárnou reguláciou a max. hospodárením Peak/Base

K tomu sa pridáva skutočnosť, že účasť na trhu s regulačnou energiou predstavuje značnú technickú (predbežná kvalifikácia a vedenie prevádzky) a ekonomickú (podniková stratégia a rozširovanie trhu) výzvu.

- Prečerpávací vodná elektrárň sa môže zúčastňovať na trhu s elektrinou a regulačnou energiou, keď patrí k bilančnej skupine, ktorá uzatvorila relevantné zmluvy a spĺňa technické predpoklady.
- Zmena výkonu zariadenia by mohla mať vplyv na hospodárnosť. Tak by sa mohlo ponúkať pri menšom výkone zariadenia rovnaké množstvo regulačnej energie, investičné náklady by však boli nižšie.

Pri analýzach ide o zjednodušené úvahy pre ideálne podmienky. Reálne sa takéto výnosy očakávať nedajú.

Trendy

Stanovenie jednoznačnej prognózy o budúcej hospodárnosti systémov prečerpávacích elektrární sa komplikuje aj množstvom v súčasnosti sa meniacich aspektov:

- Trh s regulačnou energiou vzhľadom na aktuálny vývoj (ENTSO-E, spájanie regulačných zón, výmena regulačnej energie presahujúca rámec krajín, nové trhové produkty) prechádza zmenami.
- Stúpajúca výstavba týkajúca sa obnoviteľných zdrojov energie vplýva na ceny elektriny: fotovoltaika a veterné elektrárne majú vplyv na znižovanie ceny.
- V súčasnosti sa (predovšetkým v Nemecku) diskutuje o koncepte trhov s kapacitami. Zavedenie takého mechanizmu by znovu mohlo podnietiť výstavbu nových prečerpávacích elektrární.
- V súčasnosti je v Rakúsku a Európskej únii naplánovaná ďalšia veľká výstavba kapacít prečerpávacích vodných elektrární. Niektoré projekty síce vzhľadom na súčasné rámcové podmienky zrealizované nebudú, avšak v budúcnosti sa na trhu počíta so zvýšeným výkonom týchto elektrární.
- Európske snahy o integrované trhy a jednotné rámcové podmienky pretrvávajú a sú podporované. Toto môže najmä pri regulačnej energii viesť k úplne novým situáciám na trhu, ako napr. nižšie objednávky regulačnej energie.
- Nové formy presadenia sa obnoviteľných zdrojov energie na trhu, ako napr. priamy predaj, by mohli dlhodobo viesť k novým oblastiam nasadenia prečerpávacích elektrární.

Kontakt

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Giefinggasse 2, 1210 Vienna, Austria

www.ait.ac.at

Fax +43 50550- 6390

Johannes Kathan

Energy Department

Electric Energy Systems

+43 50550-6027

johannes.kathan@ait.ac.at

Michael Hlava

Marketing and Communication

+43 50550-4014

michael.h.hlava@ait.ac.at

Andrea Reichenauer

Office Management

Energy Department

+43 50550-6648

andrea.reichenauer@ait.ac.at