

# Akumulace elektřiny u decentralizovaných kogeneračních/trigeneračních energetických zdrojů

Jednou z dnes již takřka dostupných technologií pro akumulaci elektřiny je její akumulace ve stlačeném vzduchu. Ve Vítkovice Power Engineering, a.s. (VPE) probíhal v rámci grantového projektu FFR-T11/073 v letech 2009 až 2012 vývoj tzv. Flexibilního energetického systému (FES), který umožňuje využít kombinovaný PPC i při spalování uhlí. V průběhu jeho vývoje se ukázalo, že FES je s výhodou využitelný i pro akumulaci elektřiny. Pro pokračování vývoje FES získaly VPE nový grantový projekt Technologické agentury ČR TA04021687 v programu Alfa 4.

V uvedeném ukončeném grantovém projektu si VPE ověřily na funkčním vzorku s plynovou turbínou o elektrickém výkonu 500 kW základní princip FES, který je uveden na obrázku 1. Kromě toho byly ověřeny vlastnosti pracovního média – parovzduchové směsi (PVS), dále expanze na plynové turbíně, základní princip regulace výkonu FES spolu s regulací teploty směsi před turbínou.

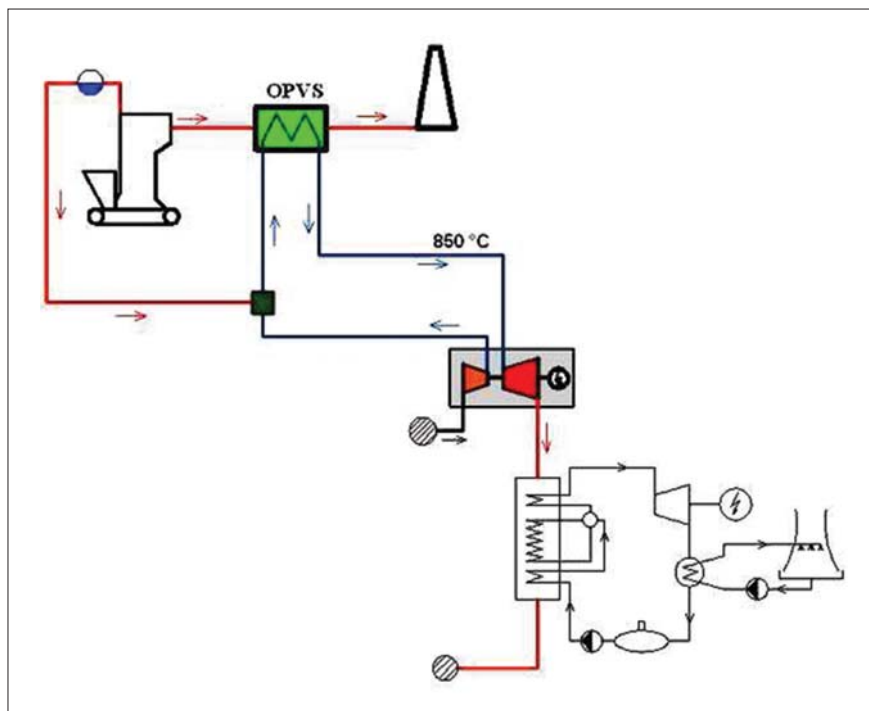
Cílem nového grantového projektu je vývoj jednotky FES pro konkrétní decentralizovaný energetický zdroj s proměnlivým odběrem elektřiny, např. se základním trvalým odběrem elektřiny 30 MW, který se navýší špičkově o dalších cca 30 MW po dobu cca 30 až 60 min (doba špičkového odběru), při současně dodávce tepla – tedy decentralizovaný zdroj pracující jako kogenerační/trigenerační jednotka.

Pro vývojový projekt byl vybrán decentralizovaný zdroj s příkonem v uhlí cca 120 MW. Koncepce FES je patrná z obrázku 1 – uhlí se spaluje v klasické spalovací komoře se stěnami chlazenými vodou a zapojenými jako výparník s přirozenou cirkulací. Vzduch z kompresoru po smísení s parou vzniklou ve výparníku vytvoří parovzduchovou směs (PVS), která se spalinami vystupujícími ze spalovací komory ohřeje na cca 850°C a expanduje v plynové turbíně. Teplo expandované PVS za plynovou turbínou se v HRSG kotli využije pro výrobu páry Rankinův parní cyklus.

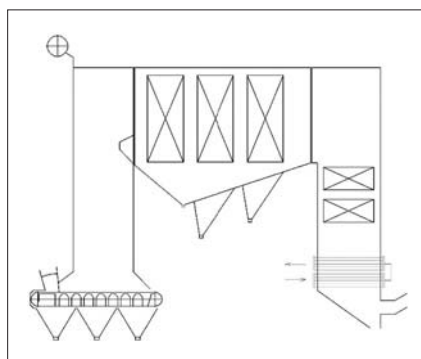
Předpokládané uspořádání kotle pro takovou jednotku je naznačeno na obr. 2. Ohřívák parovzduchové směsi (OPVS) pro ohřev pracovního média plynové turbíny na cca 850°C je rozdělen na šest dílů, sálavé díly jsou uspořádány ve vodorovném tahu za spalovací komorou, konvekční část OPVS je ve svislém spalinovém tahu.

Kotel nemá ohřívák vody, poslední teplosměnnou plochou je ohřívák vzduchu. Ochrana proti nízkoteplotní korozi je zajištěna předehřevem vzduchu odpadním teplem PVS vystupujícím z kotle HRSG. Pro tyto účely bude aplikován nový systém regulace teploty stěny ohříváku vzduchu, což umožní snížit výstupní teplotu spalin za kotle. Plynová turbína je v kontejneru vedle bočních stěn kotle, kotel HRSG je pod vodorovným tahem kotle, situace je znázorněna na obr. 3.

Jak je to s možností akumulace elektřiny, přičemž máme na mysli akumulaci ve stlačeném vzduchu? Uspořádání FES uvedené na obr. 3 zůstává, musí se přidat zařízení pro



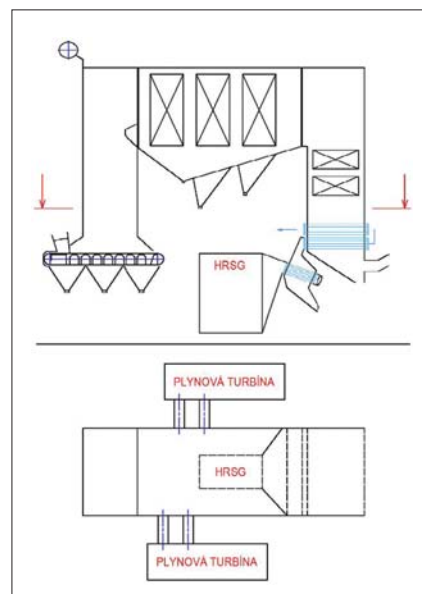
Obr. 1 - Základní princip FES



Obr. 2 - Předpokládané uspořádání kotle

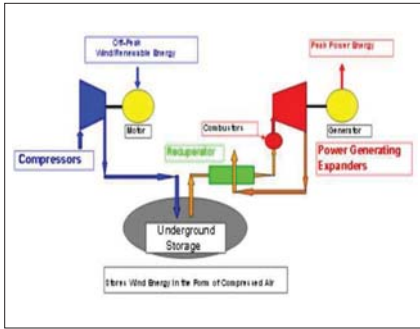
akumulaci. Dovolte malou poznámku k akumulaci. Současné problémy elektrizační soustavy souvisí s neregulovaným využíváním obnovitelných zdrojů a s chybějící komerční akumulací elektřiny na trhu – samozřejmě kromě přečerpávacích vodních elektráren. V řadě zemí se vyvíjí různé systémy akumulace, o potřebě akumulace svědčí i odborné diskuse, viz např. konference Elektrizační soustava (28. 5. 2014 Praha) a článek v časopise All for Power 3/2014.

Komerčně blízko jsou akumulační jednotky na bázi CAES (akumulace energie ve stlačeném vzduchu, Compressed Air Energy Storage), základní princip je naznačen na obr. 4. Při



Obr. 3 - Možné uspořádání decentralizovaného zdroje

akumulaci se stlačený vzduch uchovává v podzemním zásobníku tlakového vzduchu, při vybití (při špičkovém odběru) se vzduch z tlakového podzemního zásobníku odebírá pro dodávku vzduchu pro plynovou turbínu otopěnou zemním plynem.

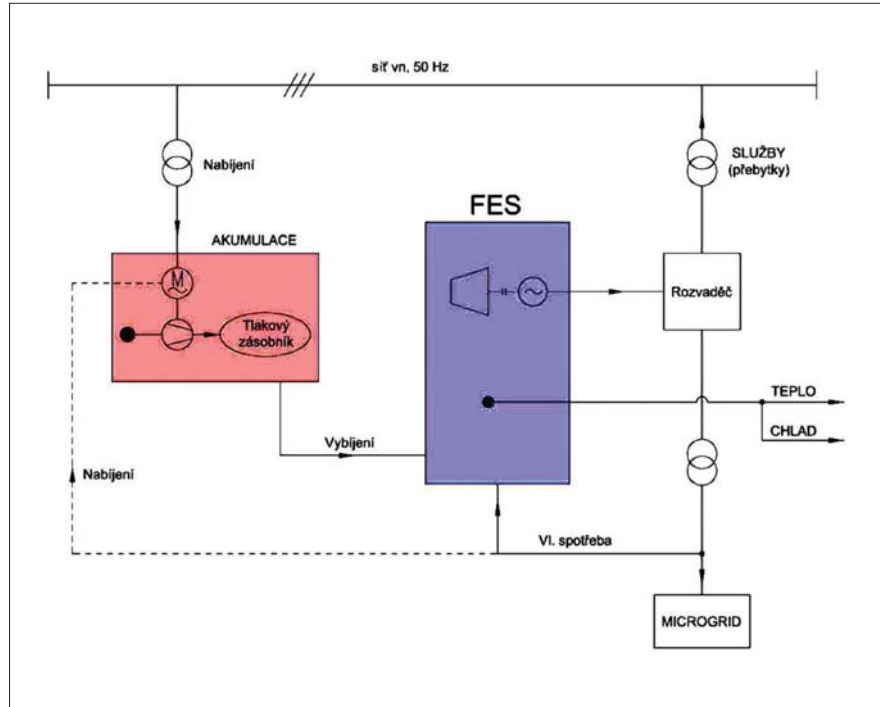


Obr. 4 – Princip CAES

Na základě tohoto principu bylo postaveno několik zařízení (Huntorf v Německu, Ventila v Peru, McIntosh v USA). Vyvíjí se i podobné systémy s akumulací ve zkapalněném vzduchu LAES.

Při tomto zapojení je akumulace elektřiny sice funkční, ale účinnost akumulace energie je nízká (do 50 %), nevýhodou je i to, že dodávka elektřiny z akumulace je podmíněna spalováním zemního plynu. Další vývoj tohoto systému je zaměřen na akumulaci energie bez provozní spotřeby zemního plynu (kromě najíždění) a na zvýšení účinnosti akumulace alespoň na účinnost 70 %, což je účinnost stávajících vodních přečerpávacích vodních elektráren. Se zaměřením na zvýšení účinnosti akumulace vznikly další systémy využívající principu CAES. Zajímavé jsou systémy označované jako AA-CAES (Advanced Adiabatic CAES), využívající i teplo z adiabatické komprese vzduchu pro ohřev vzduchu před plynovou turbínou při vybíjení akumulátoru. Výhodou těchto akumuláčních zdrojů elektřiny je především krátká doba najíždění tohoto systému, která se uvádí v rozmezí 3 až 10 minut. Vývoj těchto systémů je zaměřen výhradně na akumulaci elektřiny vyrovnávající neřízenou výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů, tedy především z větrných elektráren a z fotovoltaiky. Požadované zvýšení účinnosti akumulace nelze dosáhnout bez využití kompresního tepla, vyvíjí se systémy s adiabatickou i s izotermickou kompresí.

Při využití FES akumulace elektřiny u decentralizovaných zdrojů se pro akumulaci



Obr. 5 – FES s akumulací elektřiny

využívá izotermická komprese a veškeré kompresní teplo se využije k ohřevu vzduchu pro FES. Princip FES s akumulací je naznačen na obr. 5.

Zapojení decentralizované jednotky na bázi FES se nemění, připojí se samostatné zařízení pro akumulaci ve stlačeném vzduchu. To se sestává z kompresoru s elektromotorem a z tlakového nadzemního zásobníku. Pro akumulaci elektřiny se využívá stlačený vzduch uskladněný v tlakovém zásobníku, ale při vybíjení se akumulovaná energie využívá pro výrobu elektřiny v kogeneračním/trigeneračním zdroji se spalováním uhlí, přičemž výroba špičkové elektřiny nezvyšuje spotřebu uhlí. Takový decentralizovaný energetický zdroj dodává teplo/chlad a elektřinu pro vlastní odběratele nebo do elektrizační soustavy. Pro nabíjení (pohon kompresoru) se mohou využít vlastní přebytky elektřiny nebo se využije odběr ze sítě. Tento

systém nepracuje jako klasická akumuláční elektrárna, ale provozuje se jako klasický kogenerační zdroj s provozním výkonem v regulačním rozsahu s tím, že dodávaný elektrický výkon se může velmi rychle (pět až deset minut) zvýšit o projektovaný špičkový elektrický výkon.

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla a chladu umožňuje zajistit celoroční provoz energetického zdroje s vysokou účinností, tedy s nižší spotřebou uhlí – rozumným způsobem se tak sníží i produkce škodlivin i CO<sub>2</sub>.

Příspěvek vznikl v souvislosti s řešením grantového projektu TA04021687

**Doc. Ing. Ladislav Vilímeč,**  
**Ing. Jiří Vatrál, Ing. Nela Dobrovodská,**  
**VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s.,**

**Ing. Jaroslav Konvička,**  
**VÍTKOVICE ÚAM, a.s.**

#### Accumulation of electricity at decentralized co-generation / tri-generation energy plants

One of the imminently available technologies for electricity storage is its accumulation in compressed air. Ve Vítkovice Power Engineering, as In Vitkovice Power Engineering, a.s., (VPE) probíhal v rámci grantového projektu FFR-T11/073 v letech 2009 až 2012 vývoj tzv. Flexibilního energetického systému (FES), který umožňuje (VPE) a subsidized development was carried out as part of project FFR-T11 / 073 in the years 2009 to 2012, designated Flexible Energy System (FES), which allows využit kombinovaný PPC i při spalování uhlí. use of a combined PPC and coal combustion process. V průběhu jeho vývoje se ukázalo, že FES je s výhodou využitelný i pro akumulaci elektřiny. During its development it transpired that FES is also preferable in use for the accumulation of electricity. Pro pokračování To continue vývoje FES získaly VPE nový grantový projekt Technologické agentury ČR TA04021687 v programu Alfa 4. development of FES, VPE gained a new grant for the project Technological Agencies ČR TA04021687 as part of a programme Alfa 4.

#### Накопление электроэнергии в децентрализованных когенерационных / тригенерационных источниках энергии

Одной из сегодня практически доступных технологий для хранения электроэнергии является ее накопление в сжатом воздухе. В Витковиче Power Engineering, a.s. (VPE) была реализована в рамках гранта проекта FFR-T11/073 в период с 2009 по 2012 год разработка так называемой Гибкой энергетической системы (FES), которая позволяет использовать комбинированную PPC и при сжигании угля. Во время его разработки оказалось, что FES можно выгодно использовать также для накопления электроэнергии. Для продолжения развития FES получила VPE новый грант на проект Технологического агентства ЧР TA04021687 в программе Alfa 4.

# TEDOM

## KOGENERAČNÍ JEDNOTKY



### 7 kW – 10 MW

Tisíce instalací v desítkách zemí světa  
Tradice od roku 1991

[www.tedom.com](http://www.tedom.com)