

VYUŽÍVANIE TECHNOLOGIE CCT V SLOVENSKEJ ELEKTROENERGETIKE

Dušan Holoubek
Technická Univerzita
Letná 9
042 01 Košice
Tel.: +421 2 58100417
E-mail: Dusan.Holoubek@tuke.sk

Abstrakt. V časech zintenzívnenej globalizácie a liberalizácie energetických trhov rýchlo narastá nákladová citlivosť výroby energie, najmä výroby elektriny. Vzhľadom na obrovský význam uhlia na globálnom energetickom trhu a na typické problémy ochrany životného prostredia pri premene uhlia na energiu venuje sa veľká pozornosť použitiu nových „technológií čistého uhlia“ (CCT). Aby bola krajina menej závislá na zahraničných zdrojoch energie, vyvstáva potreba výroby väčšieho množstva energie doma využívajúc domáce uhlie pokročilými technológiami zabezpečujúcimi čistejšie spaľovanie tohto uhlia. Technológie CCT predstavujú novú triedu ovládania znečistenia a procesov výroby energie, pri ktorých sa znižujú emisie do ovzdušia a v početných prípadoch sa znižuje aj emisia skleníkových plynov na zlomok hodnôt dosahovaných v starších zariadeniach spaľujúcich uhlie. Príspevok predkladá prehľad týchto nových technológií, označovaných ako CCT.

V rozvinutej časti sveta sa používajú na výrobu elektriny nové technológie priaznivé pre životné prostredie a sú intenzívne podporované štátom. Tieto technológie zvyšujú význam uhlia ako tepelného zdroja. Nové technológie sa sústreďujú na dva hlavné parametre

Súťažiaci palivá

Uhlie

Výhody:

- Plne liberalizovaný trh
- Žiadne krížové dotácie
- Cenová schopnosť konkurencie domáceho uhlia

Riziká:

- Zvýšenie dopravných nákladov
- Citlivosť na zmeny environmentálnej legislatívy
- Viacnáklady potrebné na likvidáciu elektrárne

ZP

Výhody:

- „zelené“ palivo
- Rozvinutá infraštruktúra
- Obdobie nízkych cien trvá
- Nižšie investície a kratší čas výstavby

Riziká:

- Vysoká závislosť na dovoze
- Cenové spojenie medzi ropou a ZP
- Cenová regulácia

Obr. 1 : Porovnanie uhlia a ZP

uholných zdrojov: na zlepšenie čistej tepelnej účinnosti tepelného procesu a na zlepšenie jeho environmentálnej prijateľnosti.

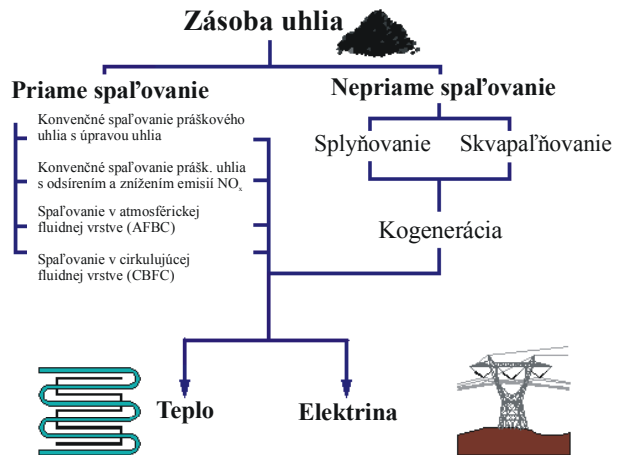
Uhlia a zemný plyn (ZP) sú hlavné fosílné palivá súťažiacie na našom trhu. Prehľad preferencií a rizík obidvoch palív stručne zobrazuje obr. 1.

Aký je budúci cenový vývoj ZP? Analytici hovoria – neistý, lebo tu existuje väzba medzi ropou a ZP. Na druhej strane, na trhu s uhlím prevláda ponuka a teda dlhodobo je cena uhlia stabilná. Porovnávajúc obidve ceny – uhlia a ZP je súčasná cena tepla z uhlia polovicou ceny tepla v ZP a tento cenový rozdiel v blízkej budúcnosti ďalej vzrastie, čo ukazuje na výhodnosť spaľovania uhlia. Pre perspektívne využívanie uhlia v budúcnosti je nevyhnutné vyhovieť niekoľkým požiadavkám, ktoré priblížia uhoľné technológie k najlepšej dosiahnuteľnej technológii (BAT), t. zn. technológii PPC s plynným palivom. Tieto požiadavky zahŕňujú: konkurencie schopná cena uhlia, ochrana životného prostredia a prevádzka v základnom zaťažení ako podmienka dobrej návratnosti investície.

Na Slovensku sú zásoby uhlia v Slovakia aj tradícia jeho ťažby. Naše domáce uhlie je surovinou a jeho využívanie je spojené aj so sociálnou politikou vlády. CCT sú technológie, ktoré dokážu využívať uhlie s vysokou účinnosťou a prijateľnejším dopadom na životné prostredie. Predpokladá sa, že po reštrukturalizácii neefektívnej ťažby uhlie aj naďalej bude hlavným palivom v našom systéme dodávky elektriny a tepla.

Niektoré technológie CCT sú schopné poskytnúť dokonca aj uhliu s vysokým obsahom síry temer rovnakú environmentálnu kvalitu ako má ZP. Iné tiež značne znižujú emisie skleníkových plynov zvyšovaním účinnosti elektrárne a emitujú oxidy uhlíka vo forme, ktorú možno ľahšie zachytiť a zabrániť jej úniku do atmosféry. Spomedzi technológií, ktoré sa azda navrhnu sú inovačné koncepcie znižovania ortuti, oxidov dusíka spôsobujúcich smog, oxidov síry a tuhých znečisťujúcich látok z terajších aj budúcich elektrární. Môžu sa navrhovať nové technológie, ktoré zlepšujú systémy riadenia elektrárne a umožňujúce elektrárni efektívnejšiu a spoľahlivejšiu prevádzku. Technológie umožňujúce lepšie riadenie a reguláciu emisií oxidov uhlíka sa v súčasnosti veľmi podporujú.

Najlepšie výsledky CCT sa dosiahnu, ak je CCT využitá v kogeneračnom zdroji; ako súčasná výroba elektriny a tepla, pozri obr. 2. Takéto spojenie dáva veľmi vysokú celkovú tepelnú účinnosť (až do 90% v porovnaní s cca 40% pri výrobe elektriny). Kogenerácia je jedným zo základných nástrojov aj pri znižovaní emisií CO₂. Obrázok 2 ukazuje dve základné skupiny CCT. Jedna skupina



Obr. 2. Schéma CCT

predstavuje priame spaľovanie uhlia (PC). Pokročilé konvenčné spaľovanie práškoveho uhlia zahrňuje úpravu uhlia alebo častejšie spaľovanie a následné úpravy spalín po spaľovaní známe ako technológie odsírenia a znižovania obsahu NO_x (technológie deSO_x a deNO_x). Technológie fluidného spaľovania zaznamenali v ostatných dekádach exponenciálny nárast počtu fluidných kotlov. Atmosférické fluidné spaľovanie (AFBC) spolu s rotujúcou fluidnou vrstvou (CFBC) sú konkurujúcou alternatívou konvenčného spaľovania práškoveho uhlia. Na Slovensku je v prevádzke niekoľko jednotiek v SE a.s. v ich závodoch EVO a ENO. Hlavné výhody technológií fluidnej vrstvy (FBC) sú:

- Vysoká účinnosť spaľovania uhlia;
- Vysoká účinnosť odstránenia síry pomocou prísad do fluidnej vrstvy, t. zn. vápenca;
- Nízka produkcia NO_x ako dôsledok spaľovacieho procesu pri nízkej teplote (cca 850°C).

Investičné náklady na kotol CFBC sú na úrovni medzi:

$$PC \text{ kotol} < CFBC \text{ kotol} < PC \text{ kotol s odsírením spalín (FGD)}.$$

Ďalším krokom technológie FBC je technológia tlakového FBC, t. zn. PFBC. Spaľovací proces pod tlakom umožňuje použiť uhlie pri kogenerácii s vyššou účinnosťou cyklu. V svete je v komerčnej prevádzke už niekoľko takýchto jednotiek, hoci technológia PBFBC je ešte vždy veľmi nákladná.

Druhá skupina CCT zahŕňa nepriame technológie spaľovania. Tieto technológie konvertujú horľavú zložku uhlia na plynnú alebo kvapalnú formu oprostenú od nečistôt obsiahnutých v uhlí, napr. od síry, popolčeka. Plynné a kvapalné palivo môže byť použité environmentálne priaznivým spôsobom, napr. s plynovou turbínou v paroplynovom cykle, PPC, čo je technológia známa svojou najvyššou účinnosťou v procese premeny paliva.

Tabuľka 1 podáva prehľad základných a všeobecných vlastností rôznych technológií a procesov, ktoré by mohli byť použiteľné v uhoľnom cykle od ťažby (procesy pred spaľovaním), počas spaľovania (procesy tepelnej premeny) až po úpravy spalín po spaľovaní. Cieľom týchto procesov je zvýšenie účinnosti cyklu a zmiernenie dopadu spaľovania uhlia na životné prostredie. Táto informácia môže pomôcť v rozhodovacom procese realizovania CCT.

Realizácia efektívnejších procesov a zmiernenie emisií vznikajúcich pri spaľovaní uhlia sú predpokladom, aby uhlie mohlo konkurovať ZP. V krajinách strednej a východnej Európy (SVE) je

Pre-Combustion Processes									
Physical Coal Cleaning	n/a	10-40	None	30-60 lower fly ash	1-5\$/ton coal	1-5\$/ton coal	Avail. now	*	*
Advanced Coal Cleaning	n/a	30-70	None	up to 70 lower flyash	5-10\$/ton coal	5-20\$/ton coal	New tech	*	*
Thermal Conversion Process									
Pulverized Coal (PC) - Subcritical - Critical	34-37 39-42	-	-	-	-	800-1200 ^a 1000-1300 ^a	Avail. now	*	*
Low NOx Burner (LNB)	-	None	40-60	None	5-10	10-30	Avail. now	*	*
LNB+OFA	-	None	50-70	None	10-25	15-40	Avail. now	*	*
LNB+ Reburrang	-	None	40-70	None	20-50	15-60	Avail. now	*	*
Sorbent Injection	-	30-60	None	None	50-80	70-100	New tech	*	*
Duct Injection - Pre-ESP - Post-ESP	-	30-70 70-90	None None	None None	60-120 100-200	50-100 80-170	New Avail.	*	*
Atmospheric Fluidized Bed Combustion	34-37	70-95	50-80	None	Site Specific	1000-1400	Avail. now	*	*
Pressurized Fluidized Bed Combustion	38-45	80-95	50-80	None	Site Specific	1000-1700	New tech	*	*
Integrated Gasification Comb. Cycle	38-45	90-99.9	60-90	None	-	1400-1700	New tech	*	*
Post-Combustion Mitigation Technologies									
Advanced Electrostatic Precipitator (ESP)	n/a	None	None	Up to 99.9	40-100	40-100	Avail. now	*	*
Fabric/Bag Filter	n/a	None	None	Up to 99.9	50-70	50-70	Avail. now	*	*
Wet Flue Gas Desulfurization (FGD)	n/a	90-99	None	None	150-270	120-210	Avail. now	*	*
Dry Flue Gas Desulfurization (FGD)	n/a	70-90	None	None	140-210	110-165	Avail. now	*	*
Combined NO _x -SO _x	n/a	80-95	80-90	Possible	300-400	300-400	Avail. now	*	*
Selective Non Catalytic Reduction	n/a	None	30-50	None	10-30	10-20	New tech	*	*
Selective Catalytic Reduction (SNCR)	n/a	None	50-95	None	50-150	60-140	New tech	*	*
Hot Gas Clean Up	n/a	None	None	Up to 99.9	n/a	n/a	New tech	*	*

^a HHV: High Heating Value-basis
^a Assumes PC + ESP+LNB: no FGD

Tab. 1: Prehľad technológií CCT (preklad uvedený na konci)

realizácia CCT na začiatku: iba 15 % výrobných kapacít elektrární používa odsírenie spalín (FGD) a zvýšenie tohoto podielu si žiada vysoké investície. Ešte obtiažnejšia situácia je u zdrojov tepla nižšieho výkonu. Dá sa však predpokladať rozšírenie primárnych a sekundárnych metód zníženia emisií NO_x (deNO_x) a tiež metód odsírenia (deSO_x), najmä širšie uplatnenie technológií fluidného spaľovania.

Iné metódy spomenuté vyššie ako napr. PFBC, alebo IGCC sú schopné znížiť emisie ešte viac. Tieto metódy umožňujú použiť kogeneráciu s plynovou aj parnou turbínou. Hoci veľmi nákladné metódy sú sľubné a s rastúcim počtom prevádzkovaných jednotiek investičné náklady sa znižia.

Uhlie má budúcnosť a v spojení s modernou technológiou je trvalo udržateľným zdrojom energie. Má potenciál naplniť prognózovaný rast spotreby a podporiť stratégiu stabilnej dodávky energie v budúcnosti. Vzhľadom na predpokladaný vzájomný vzťah medzi produkciou CO₂ a ohrievaním povrchu Zeme sa stáva používanie fosílnych energií čoraz viac predmetom diskusií. Najmä niektoré priemyselné krajiny preto súhlasili s vysokými cieľmi znižovania emisií CO₂ podľa protokolu z Kyota.

Elektroenergetika je kľúčová v rozširovaní prístupu ku komerčným dodávkam elektrickej energie, pri zabezpečovaní neprerušenej dodávky energie a v sociálne a environmentálne prijateľných energetických službách. Už teraz musia začať inovačné programy popri politických opatreniach, ak má uhlie zohrať svoju zamýšľanú úlohu v elektroenergetike v budúcich desaťročiach.

Literatúra:

- (1) Holoubek D.: Obnova teplárenských zdrojov (Rehabilitation of CHP Sources). Energia 2/2001
- (2) Power Engineering Int. March 2001
- (3) Power Engineering Int. February 2001
- (4) Dach G.: Strategy of Global Coal Company for Sustainable Development. World Energy Congress, Buenos Aires, 2001.
- (5) Holoubek D.: Spaľovacie zariadenia, výmenníky tepla, kotly. ISBN 80-7099-832-6. TU Košice, 2002
- (6) World Bank – Energy source: Coal, 1999 (www.vitualglobe.com)

Proces pred spaľovaním

Fyzikálne čistenie uhlia				30-60 nižšie TZL až do 70 nižšie TZL	Uhlie 1-5 \$/tonu Uhlie 5-10 \$/tonu	Uhlie 1-5 \$/tonu Uhlie 5-20 \$/tonu	Dostupné Teraz Nová technológia		
Pokročilé čistenie uhlia									

Proces tepelnej premeny

Práškové uhlie (PC) - podkritické - kritické									
Horák s nízkym NO _x (LNB) LNB+OFA LNB + opak.horenie									
Vstrekovanie sorbentu									
Kanál. vstrekovanie - pred ESP - po ESP									
Atmosférické fluidné spaľovanie									
Tlakové fluidné spaľovanie									
Integrované splyňovanie kogenerácia									

Technológie po spaľovaní (zmiernovanie environmentálnych dopadov)

Pokročilý elektrostatický precipitátor (ESP)									
Látkový / vrecový filter									
Mokrú odsírenie spalín (FGD)									
Suché odsírenie spalín (FGD)									
Kombinované DeNO _x – deSO _x									
Selektívna nie katalytická Redukcia									
Selektívna katalytická redukcia (CNCR)									
Čistenie horúceho plynu									

¹HHV: Na báze spaľného tepla

²Predpokladá PC+ESP+LNB: žiadne FGD