

Zdeněk Ř e h á č e k, VÚPCHT Hradec Králové

Studijní projekt IPPC 250 MW Tušimice

V rámci programu Úspory energie, vypsaného tehdejšími MHPR ČR, byla v 2. pol. 1991 vypracována feasibility study nasazení integrovaného paroplynového cyklu (IPPC) výroby el. energie na bázi severočeského hnědého uhlí do průmyslového využití. Feasibility study obsahovala studijní projekt paroplynové elektrárny o jmenovitém výkonu 250 MW. Na projektu se podíleli dva hlavní partneři - ZVU Hradec Králové (plynová část) a Škoda Plzeň (energetická část).

Feasibility study

Feasibility study prokázala schopnost českého průmyslu realizovat převážnou část zařízení tuzemskými výrobci. Výjimkou je zejména spalovací turbína, kterou v žádném případě není ekonomické řešit vlastním výzkumem a vývojem. Předpokládá se však, že Škoda Plzeň bude v blízké budoucnosti částečně dodávat a zcela montovat spalovací turbíny Siemens a tato turbína je také v projektu použita. Feasibility study byla v lednu 1992 odbornou komisí schválena a bylo jednoznačně doporučeno pokračovat ve vývojových pracích s částečnou státní finanční podporou.

Zplyňovací technologie

Za základ projektu byla vybrána technologie tlakového fluidního zplyňování uhlí, která je pro vysocepopelnatá čs. uhlí nejvýhodnější. Tato technologie, pracující při teplotách pod bodem měknutí popela (do 1 000 °C), umožňuje navíc i použití vzduchu jako zplyňovadla, namísto kyslíku. Hořákové procesy, pracující při teplotách nad 1 500 °C, si vyžadují pro zplyňování kyslík, veškerý popel je třeba roztavit a v tekuté formě odvést z procesu. Teplo, spotřebované na tavení popela, představuje tepelnou ztrátu, která je tím vyšší, čím vyšší je obsah popela v uhlí a bod měknutí popela. Nevýhodou fluidního zplyňování na druhé straně je vyšší obsah nedopalu v odcházejícím popelu, který je nutno využít spálením v přiřazeném fluidním kotli.

Blokové schéma IPPC 250 MW

Na obr. 1 je znázorněno blokové schéma navrhované paroplynové elektrárny.

a) Plynová část

Uhlí, přiváděné do zplyňovacího generátoru, se nejprve drtí na zrno 0 - 5 mm a suší na vlhkost 18 % hm. Zplyňování je navrženo ve 2 linkách.

Uhlí je do zplyňovacího generátoru přiváděno přes sestavu zauhlovacích aparátů, umožňujících podávání uhlí do prostoru pod tlakem. Pro jeden generátor jsou uvažována dvě zauhlování. Zplyňování probíhá pod tlakem 2,7 MPa, za teplot 850 - 1 000 °C, vzduchem (v projektu je alternativně pro srovnání uvažován i kyslíkoparní režim). Zbytek ze zplyňovaného uhlí je z generátoru odváděn přes popelovou výpusť do atmosférického fluidního kotle

s výrobou páry k dopálení. Alternativně je ve schématu zapojena namísto tohoto kotle spalovací komora podle čs. patentu, ze které odcházející spaliny vstupují do zplyňovacího generátoru, účastní se zplyňovací reakce a odcházejí jako vyrobený plyn. Toto řešení má několik výhod a bude předmětem zkoušení na připravované demonstrační jednotce.

Vyroběný plyn odchází z generátoru s teplotou 850 - 900 °C, prochází přes odlučovače a ochlazuje se v chladiči s výrobou další páry. Dále jsou zařazeny keramické filtry, kde je zachycován zbytkový obsah popílku, unášený plynem. Před vstupem do spalovací komory turbíny je plyn odsířen.

Vzhledem k předpokládané realizaci v letech 1996 - 1998 je odsiřování navrženo vysokoteplotním způsobem, na jehož dořešení se ve světě i u nás intenzívně pracuje. Jeho použití přináší zvýšení účinnosti cyklu o 1,5 - 2 %. Alternativně je uvažováno i odsíření známou technologií vypíráním roztokem MDEA. Ze zachyceného H_2S se pak získává elementární síra v Clausově jednotce.

b) Energetická část

Odsířený generátorový plyn je pak veden do expanzní turbíny, kde expanduje na tlak 1,85 MPa. Expanzní turbína pohání na společném hřídeli dotlačovací kompresor zplyňovacího vzduchu, potřebný rozdíl příkonu je dodáván elektromotorem. Plyn pak vstupuje do spalovací turbíny. Jako nejvhodnější byly pro tento projekt zvoleny 2 spalovací turbíny Siemens, typ V64.3. Každá z těchto turbín pohání kromě kompresoru vlastního vzduchu (s odběrem vzduchu pro zplyňování) generátor výroby el. proudu. Spaliny na výstupu z turbíny jsou s teplotou cca 540 °C vedeny do kotle na odpadní teplo spalin k výrobě další páry.

Vyrobená pára ze všech tří kotlů je vedena do kondenzační turbíny Škoda, která je poháněna parou dvojích parametrů:

- z atmosférického fluidního kotle a z chladiče plynu je pára 10,0 MPa, 540 °C
- z kotle na odpadní teplo spalin pára 6,8 MPa, 495 °C.

Turbína pohání další generátor el. proudu.

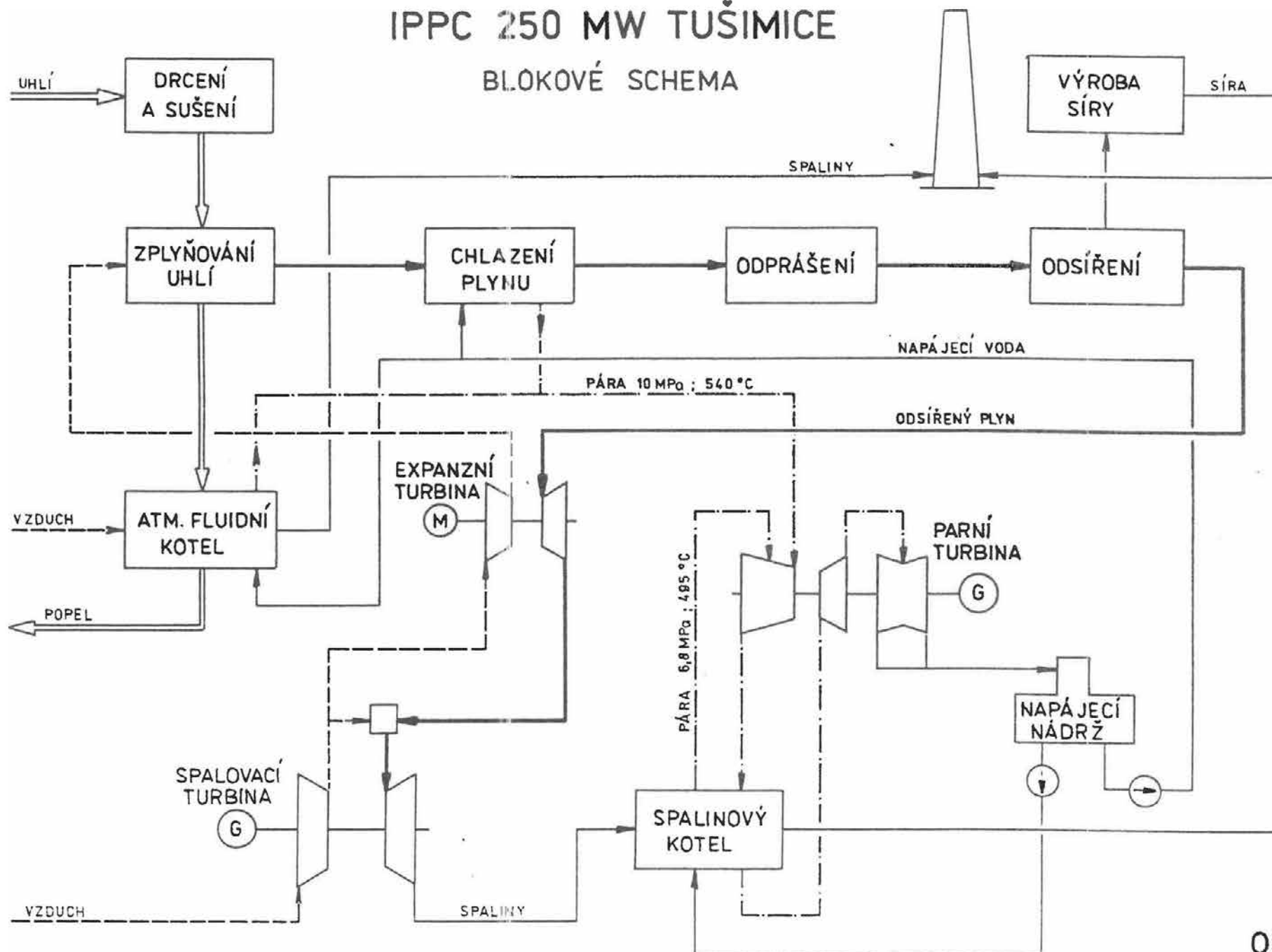
Technické parametry

Základní výpočtové parametry IPPC bloku 250 MW jsou pro srovnání dále uvedeny jak pro alternativu zplyňování vzduchem, tak i pro zplyňování směsí kyslík - pára:

	vzduch		kyslík	
Výkon generátoru spal. turbíny	120	MW	130,6	MW
Výkon generátoru parní turbíny	156	MW	122,6	MW
Vlastní spotřeba IPPC	7,8	MW	24,5	MW
Čistý výkon IPPC	268,2	MW	228,7	MW
Tepelný příkon v palivu	633,4	MW	530,6	MW
Termická účinnost	42,3	%	43,1	%

IPPC 250 MW TUŠIMICE

BLOKOVÉ SCHEMA



OBR. 1

Ekologické parametry

Aplikace IPPC má pozitivní ekologické důsledky. Vyšší účinnost výroby el. energie vede k nižší spotřebě uhlí a ke snížení emisí CO_2 . Síra obsažená v uhlí přechází do plynu ve formě sirovodíku, jehož odstraňování z tlakového plynu je jednodušší, levnější a účinnější, než odstraňování SO_2 ze spalín. Také potlačení tvorby kysličníků dusíku (NO_x) ve spalovací komoře turbíny je lépe řešitelné, než u ohniště kotle.

Následující tabulka udává porovnání emisí moderních tepelných elektráren s vybudovaným odsířením spalín a elektrárny s IPPC na bázi uhlí s obsahem síry do 3 % hm.

	popílek mg/m^3	CO_2 mg/MJ	SO_2 mg/MJ	NO_x mg/MJ
tepel. elektrárna s odsířením	50	$337 \cdot 10^3$	140	70
blok IPPC	>5	$241 \cdot 10^3$	100	cca 30

Investiční náklady

Ve studijním projektu byly investiční náklady na výstavbu bloku 250 MW vyčísleny takto:

- pro alternativu zplyňování vzduchem 3 650 mil. Kčs
- pro alternativu zplyňování kyslíkem 4 967 mil. Kčs

Pro srovnání - cena kompletní zahraniční dodávky tohoto bloku podle uveřejněných měrných investičních nákladů na kW instalovaného výkonu je 9 900 mil. Kč.

Ing. František V a n ě k, CSc., VÚPEK a.s. Praha

Stručná rekapitulace výsledků porovnání ekonomické efektivnosti výroby elektřiny na základě tlakového fluidního zplyňování uhlí s dalšími technologiemi

V lednu 1992 byla podle zadání ZVU Hradec Králové zpracována studie "Ekonomické a ekologické porovnání výroby elektřiny na základě tlakového fluidního zplyňování uhlí a dalších technologií" (VÚPEK, divize Energosystémy), která porovnávala ekonomické a ekologické aspekty integrovaného paroplynového zařízení (IPPZ) přístavbou odsiřovacího zařízení v rámci klasické uhelné elektrárny a nově budovanou jadernou elektrárnou západního typu (JE).

V rámci zpracované studie byla zvolena cenová úroveň roku 1991. Pro další vývoj byla uvažována cca dvojnásobná inflace Kčs proti USD. Platby zahraniční části investice byly převedeny od výchozích 30 Kčs/USD, předpokládané v roce 1992, na reálných 17 Kčs/USD v roce 2010. Na této úrovni byl dále kurs ponechán na základě předpokladu, že tuzemské dodávky by i v plně liberalizované ekonomice a při plné konvertabilitě, mohly být proti zahraniční ceně poněkud výhodnější.

Při porovnání podkladů se jednalo o poměrně rozsáhlou pracnou modelovou konstrukci, která zahrnovala:

- zpracování investičních nákladů
- doby výstavby, ekonomické životnosti a doby provozu
- zpracování pevných a proměnných provozních nákladů
- náklady na ekologická opatření
- tržby
- úvěry, úroky, odpisy a daně.

Vstupní data pro výpočet ekonomické efektivnosti lze shrnout pro srovnání investičních záměrů takto:

Veličina	jednotka	JE	odsíření	IPPC
Čistý výkon	MW	1 000	97	268
Čistá účinnost	%	32	29,6	42,3
Měrné investiční náklady	Kčs/kW	43 700	12 800	13 000
Doba výstavby	roky	6	2	3,5
Doba životnosti	roky	40	25	25
Využití	hod/rok	6 500	4 000	4 000

* se zohledněním klesajícího kursu USD

Výsledná porovnání pro všechny technologie jsou ve zestručněné formě shrnuta v následující tabulce, jako rozhodující kritériální veličina byla zvolena měrná prahová cena elektřiny, při které je výsledná současná hodnota finančních zdrojů podniku nulová.

Typ technologie	Doba využití h/rok	Prahová cena elektřiny Kčs/MWh
Integrované paroplynové zařízení	4 000	665
odsířený blok rekonstr. elektrárny	4 000	788
jaderný blok	6 000	930 (1395)*

* při využití 4 000 h/rok

Z výsledných porovnání byl IPPZ hodnocen jako pro budoucí použití velmi perspektivní zdroj. Z hlediska korektního přístupu při hodnocení všech technologií byla zvýhodněna investiční akce přístavby odsíření, která předpokládala již instalovaný elektrický výkon ve zdroji.