

# Rekonstrukce strojovny Elektrárny Tušimice II 4 × 200 MWe

Po delší přestávce se Skupina ČEZ rozhodla k razantní obměně zařízení svých uhelných elektráren. V roce 2006 byl se ŠKODA POWER a.s. podepsán kontrakt nejdříve na „menší“ rekonstrukci bloku TG 4 s výkonem 110 MWe v Elektrárně Ledvice, ale první opravdu velká akce přišla v témže roce, a to podpisem kontraktů na kompletní rekonstrukci čtyř bloků Elektrárny Tušimice II. Hlavním důvodem pro rekonstrukci bylo zvýšení účinnosti spalování bloků a snížení ekologického zatížení, prodloužení životnosti o dalších cca 25 let, zvýšení provozní pružnosti bloků tak, aby odpovídaly současným požadavkům sítě a v neposlední řadě snížení nákladů na údržbu. Generální dodavatel projektu ŠKODA PRAHA Invest jako jednoho z klíčových dodavatelů vybral společnost ŠKODA POWER a.s., a to k dodávce rekonstrukce zařízení strojovny.

Základní podmínkou zadavatele pro rekonstrukci strojovny byl požadavek na využití původního základu třítělesové turbíny ze sedmdesátých let. Tímto byl dán základní konstrukční požadavek na opakování třítělesového uspořádání. Nutno podotknout, že moderní 200MWe turbína by se dnes určitě konstruovala jako dvoutělesová, a to s kombinovaným vysokotlakým a středotlakým dílem v jednom tělese a dvouproudým nízkotlakým tělesem.

Zákazník dále požadoval zachovat původní koncepci strojovny včetně počtu regeneračních ohříváků a použití turbonapáječky ve stejné podobě, jako byla původní koncepce. Parametry vstupní páry se ale výrazně liší od původních. Dříve tzv. standardní „dvoustavkové“ parametry páry (tlak 165 barů a teplota 535 °C pro ostrou páru a 535 °C pro přehřátou páru) byly změněny na tlak 175 barů a teplotu 570 °C, respektive pro přehřátou páru 575 °C. Důvod pro použití zvýšených parametrů páry byl jednoznačný – zvýšení tepelné účinnosti parovodního cyklu z původních 42 % na 46 %.

Zvýšené vstupní parametry páry znamenají pro konstrukci turbíny zvětšení entalpických (regeneračních) spádů na vysokotlaký a středotlaký díl. Nový vysokotlaký díl turbíny je proto navržen s 15 rovnotlakými stupni na rozdíl od původního řešení s 11 turbinovými stupni. Konstrukce je navržena s vnitřním tělesem přes celou průtočnou část. Obrácení proudu, které bylo moderní v sedmdesátých letech, je samozřejmě vypuštěno.

Přes veškeré snažení našich konstruktérů se ložisková vzdálenost oproti původní koncepci prodloužila o cca 630 mm. Lopatkování je moderní tzv. 3D koncepce včetně použití meridiálního (severojižního) tvarování rozváděcích lopatek na prvním stupni. Zásadní změna je provedena na ucpávkách. Pro nadbandážové ucpávky jsou použity vždy dva ucpávkové břity přímo vycházející z integrované bandáže oběžných lopatek.

Ve statoru jsou proti těmto břítům upevněny speciální pásy ve tvaru včelích voštin. Díky tomuto tvaru vytváří spolu s rotujícími břity na bandáži lopatky provozně bezpečný konstrukční prvek. V případě kontaktu břitu s tímto voštinovým páskem se břit zařízne, ale nedojde k žádnému ovlivnění provozu ať už z pohledu dynamického chování rotoru, tak i z hlediska funkce nadbandážové ucpávky. Případný zářez ve voštině nijak nezvětšuje průtočné množství páry procházející touto ucpávkou, a tedy ztrátu.

Montážní vůle se pohybuje řádově okolo 0,4 mm, za provozu se pak nastaví na hodnotu

jen asi 0,25 mm. Pro vnější ucpávky jsou použity kroužky s tzv. abraďeblé materiálem, tedy materiálem, který umožňuje bez ohrožení spolehlivosti provozu použít vůle v labyrintech jen cca 0,3 mm. Termodynamická účinnost vysokotlakého (VT) dílu se těmito změnami zvýšila z původních 81,2 na 87,5 %.

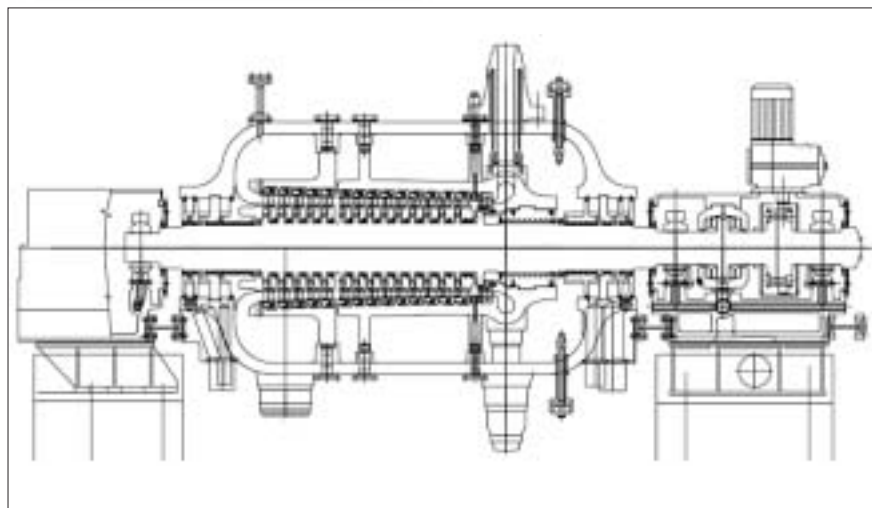
*Pro ucpávku mezi rotorem a vnitřním tělesem vysokotlakého dílu (únik touto ucpávkou podstatně ovlivňuje účinnost dílu) byla použita koncepce ucpávky s břity v rotoru. Proti těmto břítům jsou v tělese upevněny labyrintové kroužky, na jejichž povrch byl nanesen speciální materiál (abraďeblé material), který při případném dotyku s rotorovým břitem umožní jeho zařiznutí do povrchu kroužku bez jakýchkoli vlivů na dynamické chování rotoru.*

## Nová konstrukce VT dílu

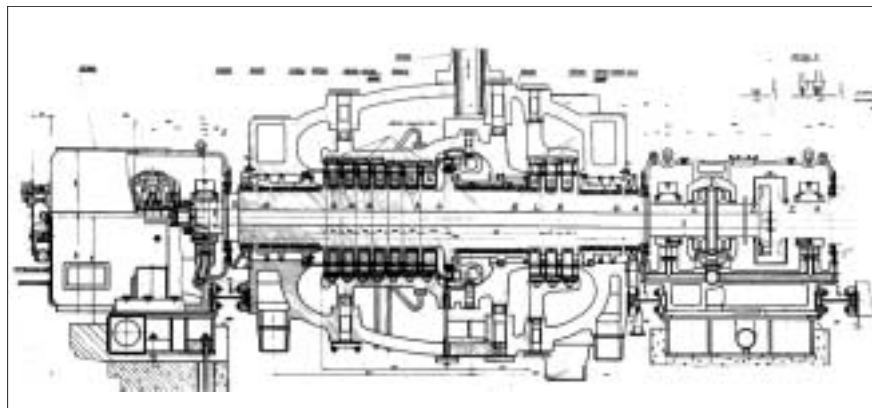
Nový středotlaký díl je navržen jako jednoproudý s využitím moderního 3D lopatkování a opět pro první středotlaký (ST) stupeň je použito meridiálního tvarování kanálu rozváděcího lopatky. Středotlaký díl je tvořen 15 rovnotlakými stupni na rozdíl od původní koncepce s 12 stupni.



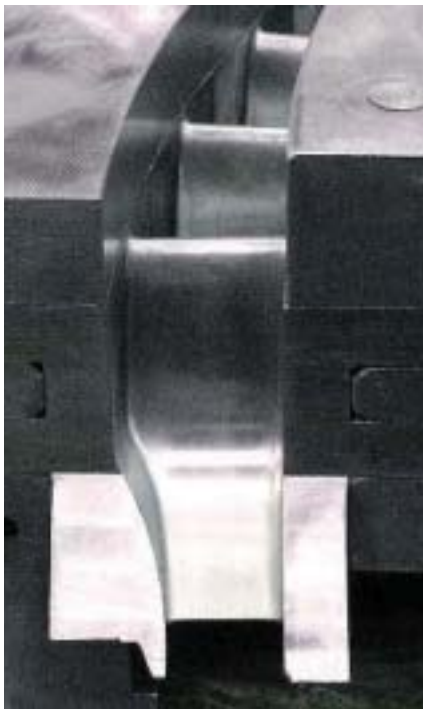
Nadbandážové voštinové těsnění



Nová konstrukce VT dílu



Původní konstrukce VT dílu



Meridiální tvarování kanálu rozváděcí lopatky

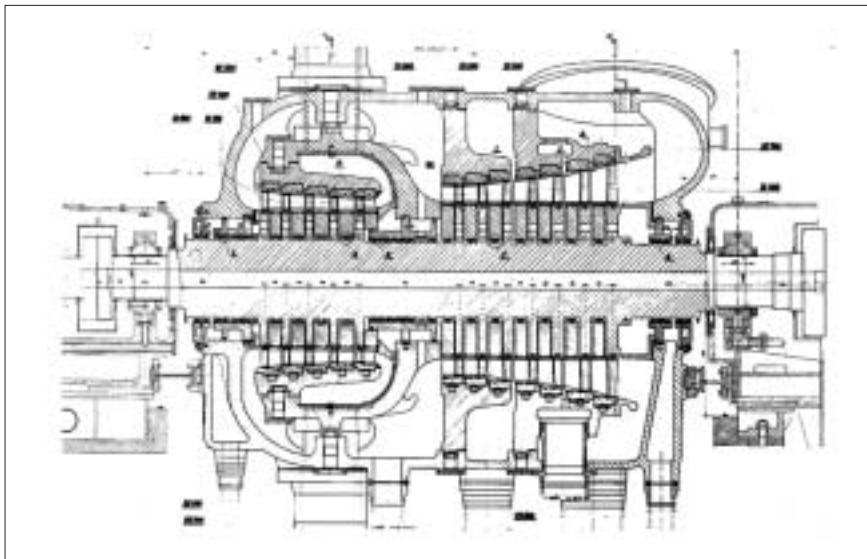
To mělo zase za následek prodloužení ložiskové vzdálenosti oproti původní konstrukci o 450 mm. Ucpávky využívají stejné technologie jako u vysokotlakého dílu. Porovnáme-li termodynamické účinnosti, tak nový středotlaký díl je navržen s účinností 93,9 % oproti starému řešení s 87,5 %.

Rozměry původního základu limitovaly použití optimální konstrukce nízkotlakého dílu turbíny. Z tohoto pohledu by konstrukce vyžadovala použití větší výstupní plochy – lepší řešení z pohledu posledního stupně a výstupní ztráty. Optimální poslední stupeň však nebylo možno vtěsnat na původní základ. Nezbylo než přistoupit ke kompromisu.

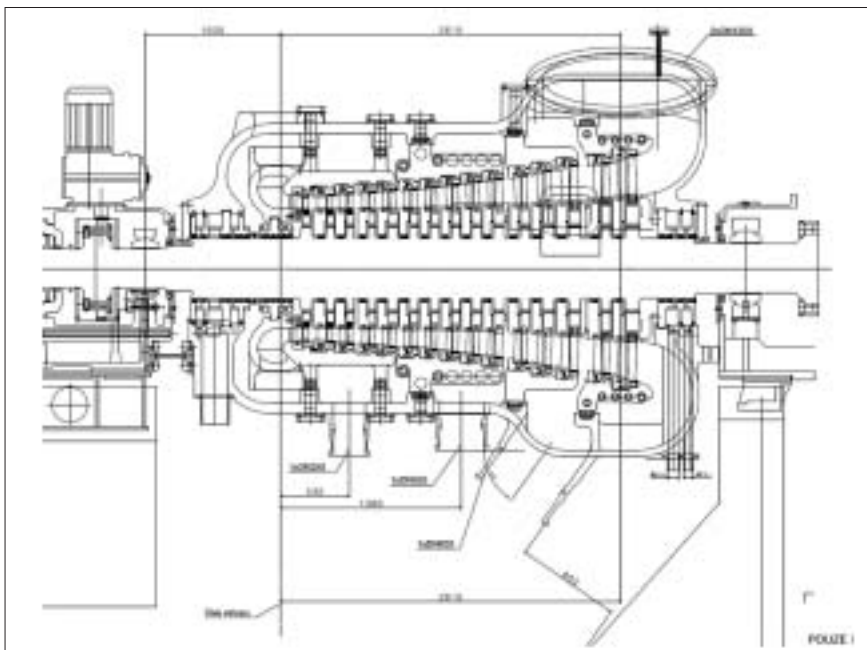
Nízkotlaký (NT) díl je navržen s dynamicky a účinně osvědčenou robustní poslední lopatkou, interně označovanou jako modul 4. Referenčně se osvědčila např. v projektech rekonstrukce NT dílů jaderných elektráren Dukovany nebo Jaslovské Bohunice, dále v turbínách 500 MWe pro čínské Shen Tou, v teplárně Katovice u turbíny 120 MWe nebo u turbíny pro kombinovaný cyklus v maďarském Dunamenti. NT rotor oproti původní koncepci je proveden jako celokovaný (z jednoho kusu) bez osového vrtání. Původní koncepce rotoru byla tzv. skládaná, tedy s disky natahovanými za tepla.

Originální generátory ŠKODA 200 MWe chlazené vodíkem byly kompletně nahrazeny novými generátory Siemens se vzduchovým chlazením.

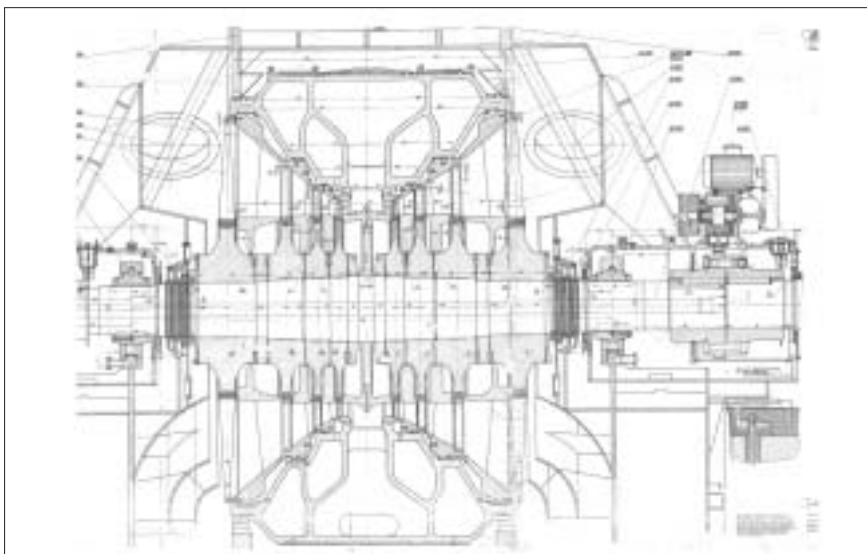
Původně zamýšlená a celkem triviální úprava horní základové desky turbíny z důvodu větších ložiskových vzdáleností VT a ST dílu, tedy posunutí dvou příčníků, se po získání detailních podkladů od původního základu stala poměrně složitým problémem. Původní základ je koncipován jako kombinace betonové horní základové desky a ocelových sloupů. Předpokládané posunutí příčníků pod předním ložiskovým stojanem



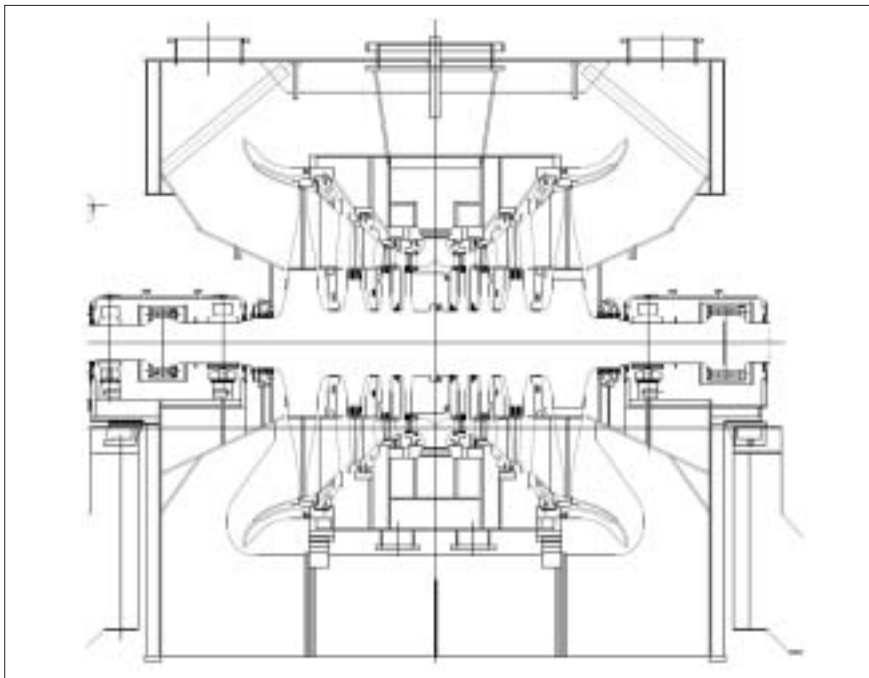
Původní konstrukce ST dílu



Nová konstrukce ST dílu



Původní NT díl



Nový NT díl

a ložiskovým stojanem mezi VT a ST dílem nebylo možno spolehlivě spojit se stávající částí, protože napojení vcházela do prostoru ocelových svorníků spojujících horní desku s ocelovými sloupy.

Dále bylo potřeba v rámci detailního návrhu provést kontrolu dotvarování nových částí horní desky po zatížení. Původní návrh dával neuspokojivé výsledky. Podle těchto výsledků by bylo s největší pravděpodobností nutné provést nové přerovnění rotorů turbíny ve spojkách přibližně po dvou letech provozu. Také tento fakt vedl k rozhodnutí, že se musela oproti původnímu záměru změnit celá třetina základové desky. Současné poznatky z provozu ukazují, že toto rozhodnutí bylo správné, dynamické chování základu je bezchybné.

Zvláštní kapitolu rekonstrukce tvořila modernizace napájení kotle. Rekonstrukce se skládala z dodávky nové turbíny o výkonu 6,4 MWe pracující v rozsahu otáček 3 000 až 4 906 1/min. Tato turbína byla umístěna do původních stojanů a spojena s původním napájecím a podávacím

čerpádlem, které prošlo pouze generální opravou. Stejně tak pro ovládání regulačních a rychlozávěrných ventilů byly využity hydraulické servomotory dodané v rámci úpravy regulace původní napáječky před několika málo lety.

Pro kondenzátory se využily stávající pláště, do kterých byly zasunuty nové trubkové moduly. Kompletně jsme vyměnili všechny regenerační ohříváky, ať už se jednalo o nízkotlaké, nebo vysokotlaké. Pro zvýšení tepelné účinnosti byl do cyklu doplněn na nejvyšší teplotě napájecí vody tzv. srážecí přehřátí. Vertikální koncepce ohříváků zůstala zachována, stejně tak jejich umístění ve strojovně. Vyměnily se veškeré armatury a potrubí jak v parních systémech, tak v kondenzátní části, v části napájecí vody, chladicí vody, mazacího oleje, odvodnění, ucpávkové páry atd. Pro předstihu, pro jednu strojovnu to představovalo přes 500 kusů armatur a více než 200 tun potrubí.

V rámci rekonstrukce bloků byly kompletně vyměněny řídicí systémy. Jako tzv. nadřazený



Zbytek původního základu před napojením na novou část

systém (DCS) zvolil investor systém SPPA 3000 od firmy Siemens. ŠKODA POWER dodávala modul řízení a ochran turbínového ostrova (TCS/TPS). Redundantní mikroprocesorový systém Simatic S 7 400 zajišťuje kompletní řízení vlastní 200MWe turbíny. Jako monitorovací systém posuvů a chvění jsme využili osvědčený MMS 6000 od firmy EPRO Trutnov s.r.o. Simplexní, tedy jednoduchý řídicí systém Siemens, byl použit pro regulaci malé turbíny pro pohon napájecího čerpadla. Standardní silovou částí pohonu regulačních prvků na turbíně je vysokotlaká hydraulika pracující s tlakem 16 MPa.

#### Závěr

Lze konstatovat, že první etapa rekonstrukce strojoven u bloků 23 a 24 Elektrárny Tušimice II je po technické stránce úspěšná a bude završena garančními zkouškami, které oficiálně potvrdí parametry dané kontraktem a požadované zákazníkem. Jedná se jako vždy o výkonnostní parametry – dosažení výkonu 200 MWe za daných podmínek, splnění požadavku na dodávku tepla ve výši 80 tepelných MWe, potvrzení požadované účinnosti, resp. měření spotřeby tepla.

**Ing. Jiří Fiala,**  
vedoucí Projektce,  
ŠKODA POWER a.s., Plzeň

#### Reconstruction of the engine room of the Power Plant Tušimice II 4 × 200 MWe

After a longer break, the Group ČEZ decided for a radical change of facilities for the coal power plants. In 2006, the contract was signed with ŠKODA POWER a.s. first for a „smaller“ reconstruction of unit TG 4 with power of 110 MWe in the Power Plant Ledvice, but the first really big event came this year when the contract was signed for complete reconstruction of four units of the Power Plant Tušimice II. The main reason for reconstruction was increased efficiency of unit combustion and decrease in ecological burden, extension of lifetime by additional 25 years, increasing operational flexibility of units in order to comply with recent requirements of the network, and last but not least, decrease in costs for maintenance. The main contractor of the project ŠKODA PRAHA Invest as one of the key contractors was chosen by the company ŠKODA POWER a.s., for the supply of reconstruction of the machine room facility.

#### Реконструкция машинного отделения электростанции Тушмице-II 4 × 200 МВт

После длительной остановки группа «ЧЭЗ» приняла решение существенно обновить оборудование своих угольных электростанций. В 2006 году был подписан контракт АО «ШКОДА POWER» на „небольшую“ реконструкцию блока ТГ 4 мощностью 110 МВт на электростанции Ледвице. Однако первая действительно крупная реконструкция была осуществлена в этом же году после подписания контракта по комплексной реконструкции четырех блоков электростанции Тушмице-II. Главной причиной реконструкции было повышение КПД сжигания блока и снижение нагрузки на окружающую среду, продление срока службы еще примерно на 25 лет, повышение эксплуатационной гибкости блока в соответствии с требованиями сети и, не в последнюю очередь, снижение расходов на техническое обслуживание. Генеральный поставщик проекта „ШКОДА PRAHA Invest“ выбрал в качестве одного из ключевых субпоставщиков компанию АО „ШКОДА POWER“ для проведения реконструкции оборудования машинного отделения.