

# Rekonstrukce spalovny komunálních odpadů Brno

# SIEMENS

Společnost Siemens zajišťovala v letech 2007 až 2011 v rámci sdružení „CNIM & SIEMENS Konsorcium Odpadové hospodářství Brno“ část komplexní rekonstrukce spalovny Brno. Původní provedení technologie – tři kotle na spalování odpadu a výroba páry do systému vytápění města Brna – se změnilo na dva kotle spalující odpad (se třetím ve „studené“ záloze) a využití páry v parní kondenzační turbíně s výrobou elektrické energie. Dodávky páry do městské sítě vytápění zůstaly zachovány, zvýšil se však její objem. Autor v článku popisuje podrobnosti, týkající se dodávky a montáže elektro systémů, řídicího systému na bázi T 3 000 (včetně turbíny) a turbíny z brněnského závodu Siemens Industrial Turbomaschinery (22,7 MW).

Rekonstrukce v celkové hodnotě téměř 90 milionů eur zahrnovala kompletní výměnu dvou kotlů, společné technologie, elektrických systémů, novou dodávku turbíny, řídicího systému a nového vyvedení výkonu. Samozřejmostí bylo dodržení emisních limitů požadovaných evropskou legislativou, zde ještě zpřísněných požadavky zákazníka.

Projekt byl v červenci tohoto roku oficiálně předán objednateli. Po téměř ročním zkušebním provozu se tak uzavřela tři a půlletá doba výstavby.

Sektor Energy (úsek Realizace a Služby) společnosti Siemens zastřešoval dodávky společnosti Siemens, tzn. dodávku a montáž elektro systémů, řídicího systému na bázi T 3 000 (včetně turbíny) a turbíny z brněnského závodu Siemens Industrial Turbomaschinery (22,7 MW). Ostatní části, především technologické a stavební, byly záležitostí konsorciačního partnera, francouzské společnosti CNIM.

## Úspěšné uplatnění produktů Siemens

Tak jako ve všech rozsáhlejších projektech se počáteční spolupráce mezi partnery konsorcia rodila ztuha a obě strany musely především najít společný systém komunikace. K pochopení všech požadavků zákazníka významně přispěl fakt, že Siemens působí v České republice a zná zdejší prostředí včetně legislativy. Tato znalost byla zapotřebí zejména ve fázi nabídky, ale také při vyřizování stavebních povolení (i to bylo v odpovědnosti konsorcia) i při jednáních o definitivním provedení vyvedení výkonu. Původní záměr zákazníka na vyvedení výkonu se totiž v průběhu projektu zcela změnil.

V rámci projektu se úspěšně uplatnily produkty společnosti Siemens, respektive jejich divizí Energy, Automation & Drive Technologies (AD) a Siemens Building Technologies (SBT). Zanedbatelný nebyl ani podíl dalších divizí společnosti, zejména Industry Solutions nebo Siemens Engineering, jejichž pracovníci se na projektu také podíleli. Energy, mimo vedení zakázky, dodávalo své tradiční portfolio – rozváděče VN a NN, ochranu, distribuční transformátory, divize AD přispěla především přístroji rozváděčů a frekvenčními měniči, SBT zajistila dodávky komponentů systému EPS, CCTV a telefonů. V rámci dodávky řídicího systému došlo i na spolupráci s kolegy ze Siemens AG včetně konkrétních pracovníků ze Siemens Polska.

Nejkritičtějším momentem zakázky byl povolovací proces stavebního řízení se všemi svými „tradičními“ problémy. Z technologických a organizačních obtíží zřejmě nejvíce překvapila zjištění

skutečných stavů některých původních technologií a objektů (kominové těleso, stav vratného kondenzátu z městské sítě, možnost napojení vyváděného elektrického výkonu), které měly být využívány i nadále. Tyto kauzy pak vedly k obtížným jednáním a hledáním kompromisů se zákazníkem.

Od července tohoto roku je dílo v řádném užívání zákazníkem a dle současných informací jsou jeho výkony vyšší, než očekávané. A to především ekonomicky. Zjednodušeně řečeno – vydělává.

## Řídicí systém SPPA-T3000

Řídicí systém SPPA-T3000 je navržen tak, aby byl schopný optimálně a automaticky řídit technologické procesy spalovny jak v ustálených tak přechodových provozních stavech. Systém SPPA-T3000 se skládá ze tří úrovní – operátorská, sestávající z aplikační sběrnice a operátorských resp. inženýrských a diagnostických stanic, dále aplikační, do které patří aplikační server Stratus FT tvořící centrální jádro systému a zabezpečující distribuci a archivaci dat mezi oběma ostatními úrovněmi, a konečně automatizační úroveň sestávající s automatizačních procesorů převážně na bázi architektury Siemens S7 SPPA-T3000, vstupně-výstupních modulů typu FUM (inteligentní moduly) nebo SIM (ET200).

Řídicí systém T-3000 kromě řízení a regulace technologických celků provozu, zajišťuje i regulaci turbosoustroj. Standardně je turbína řízena řídicími systémy Siemens Turloop nebo Siemens PCS7. Tato koncepce, kdy je turbína řízena z DCS, je v České republice unikátní.

ŘS SPPA-T3000 je již v provozu v rámci projektu komplexní obnova elektrárny Tušimice (blok C a D, nyní se pracuje na blocích A a B), dále na

teplárně v Poříčích (zde provedena modernizace systému Siemens Teleperm XP) a v budoucnu bude tímto systémem řízena i část Pruněřovské elektrárny v rámci komplexní obnovy a nová paroplynová elektrárna v Počeradech.

## Hierarchie řízení je rozdělena na následující části:

- Přenos dat z/do polní instrumentace
- Zpracování a vyhodnocení dat v automatizačním a aplikačním serveru SPPA-T3000
- Vizualizace dat a ovládání technologie z operátorských stanic

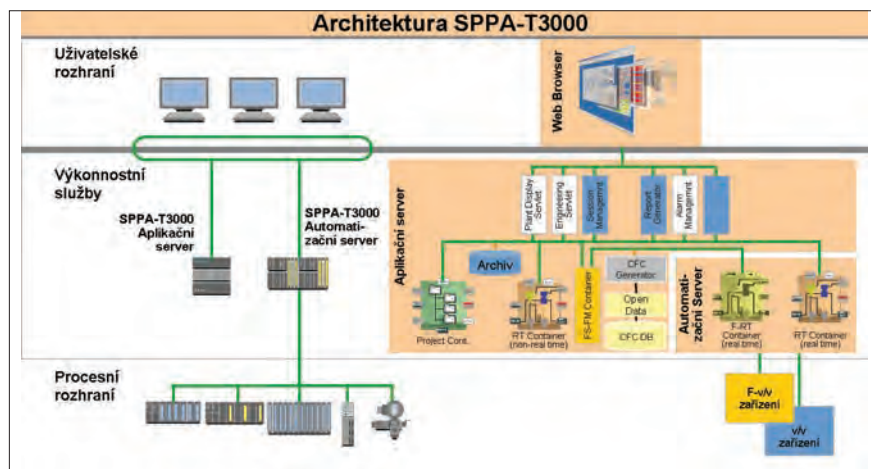
## Samotné řízení a vizualizace systému obsahuje vybrané níže uvedené komponenty:

- Komponenty polní instrumentace
- Moduly IO (FUM a SIM)
- Komunikační moduly (OLM, Scalance, Ylink a další)
- Automatizační servery SPPA-T3000 (Simatic S7-400)
- Aplikační server
- Komunikační sběrnice
- Operátorské pracoviště

## Řídicí systém zajišťuje zejména následující funkce:

- sběr technologických dat z procesu
- ovládání jednotlivých pohonů
- zajištění bezpečného provozu (blokady ...)
- zajištění bezpečného odstavení a najetí technologie při výpadcích
- automatické řízení dle technologického předpisu (sekvence, regulace ...)
- přenos a příjem dat do/z vizualizace

Pro zajištění bezpečného a stabilního provozu navržený systém využívá redundanci na těchto



Architektura SPPA-T3000



Ukázka aplikace rozvaděče řídicího systému SPPA – T3000

úrovňích: aplikačních, automatizačních i procesních sběrnících, operátorských stanic, aplikačních serverech, automatizačních serverech (SPPA-T3000) a napájecích obvodech až na úroveň jednotlivých IO karet. Navržený řídicí systém SPPA-T3000 zabezpečuje z hlediska řízení technologického procesu zejména následující základní funkce: sbírá a zpracovává měřené údaje z řízeného procesu, sbírá a zpracovává údaje o stavech akčních členů (servopohony, ventily, motory apod.) v řízeném procesu, vykonává logické operace vč. sekvenčního řízení jednotlivých funkčních skupin (řízení v otevřené smyčce, vykonává regulace (řízení v uzavřené smyčce), ovládá jednotlivé akční orgány řízení v otevřené a uzavřené smyčce, vykonává výpočty, zabezpečuje ochrany vybraných částí technologie, zobrazuje současný stav a chování řízeného procesu na obrazovkách operátorských stanic, zobrazuje skupiny trendů měřených proměnných řízeného procesu historických a aktuálních dat na obrazovkách operátorských stanic. Dále zpracovává alarmy včetně tisku a zobrazení na obrazovce, zpracovává poruchová hlášení snímačů a akčních členů se zobrazením na operátorských stanicích, zaznamenává všechny zásahy operátora, ukládá historická data, poskytuje standardní výpisy včetně výpisu post mortem, zaznamenává SOE (zapisovač událostí), obsahuje ucelenou vlastní diagnostiku všech HW prostředků systému až na úroveň jednotlivých karet.

### Automatizační úroveň

Základ řízení technologického procesu tvoří spolehlivé a osvědčené automatizační servery S7-400H v redundantním provedení, dále inteligentní vstupně-výstupní funkční moduly FUM pro běžné technologické signály a bezpečnostní moduly SIM-F vhodné pro bezpečnostní funkce. Komunikaci mezi automatizačním serverem a vstupně-výstupními moduly zajišťují komunikační moduly protokolem Profibus DP. Funkční moduly FUM, speciálně vyvinuté pro použití v energetice,

zajišťují celou řadu výpočetních úkonů samostatně (např. vyhodnocení přestoupení technologické veličiny, přidělení časové značky, jednoduchý regulátor PID, základní ovládání pohonů a armatur) a umožňují tak v konečném důsledku urychlit řídicí proces při současném snížení zátěže automatizačních serverů. Dále mají tyto moduly (v případě analogových signálů) též schopnost zpracování a přenosu informací o navazující polní instrumentaci protokolem HART.

Bezpečnostní signální moduly SIM-F spolu s certifikovanou systémovou architekturou nadřazených procesorů tvoří základ spolehlivého bezpečnostního systému a to na úrovni System Integrity Level 3 (SIL3). Tato požadovaná úroveň byla prokázána certifikáty výrobce, nezávislé organizace a dále simulačními a provozními zkouškami zařízení za účasti autorizované organizace, společnosti TÜV Süd.

Rozvaděče, použité pro instalaci automatizačních serverů a vstupně-výstupních modulů, jsou dvojího typu. V případě modulů FUM se jedná o speciální konstrukci oboustranného rozvaděče z dílny SIEMENS s integrovaným systémem rozvodu napájení, se zabudovanými vanami pro instalaci modulů a automatizačních jednotek, a s rozhraním pro připojení polní kabeláže. Vodiče polní kabeláže jsou v rozvaděči připojeny na tzv. „ježky“ (tvořené soustavou plochých trnů) technologií MTP (Maxi-Termi-Point), která zajišťuje dlouhodobě spolehlivé a odolné připojení. Vodič je spolu s kovovým pouzdem nastřelen pneumaticky poháněnou pistolí na trn. Alokace jednotlivých signálů na příslušné kanály v/v-modulů je realizována vnitřním ranžírem na zadní straně rozvaděče. Ranžír je proveden tenkými vodiči, které jsou připojeny na trny čtvercového průřezu technologií Wire-Wrap – konec vodiče je po odstranění izolace na trn ovinut. Použitá konstrukce rozvaděče a technologie připojení vodičů tak eliminuje potřebu dodatečných ranžírovacích skříní.

Alokace signálů do jednotlivých automatizačních serverů bude provedena s ohledem na

technologickou příslušnost, technologickou redundanci a minimalizaci komunikace po automatizační síti, ale zároveň s maximálním využitím kapacity automatizačních serverů a rozvaděčů při dodržení požadovaných rezerv systému.

Komunikace mezi jednotlivými automatizačními servery a s aplikační úrovní je realizována prostřednictvím sítě Industrial Ethernet rychlostí 100 MBit/s přes optické přepínače, zapojené do kruhu za účelem zvýšení spolehlivosti komunikačního toku.

Klíčové systémové komponenty na úrovni serverů, napájení a komunikací jsou zdvojeny, což zaručuje robustnost a spolehlivost celého systému.

### Aplikační a operátorská úroveň

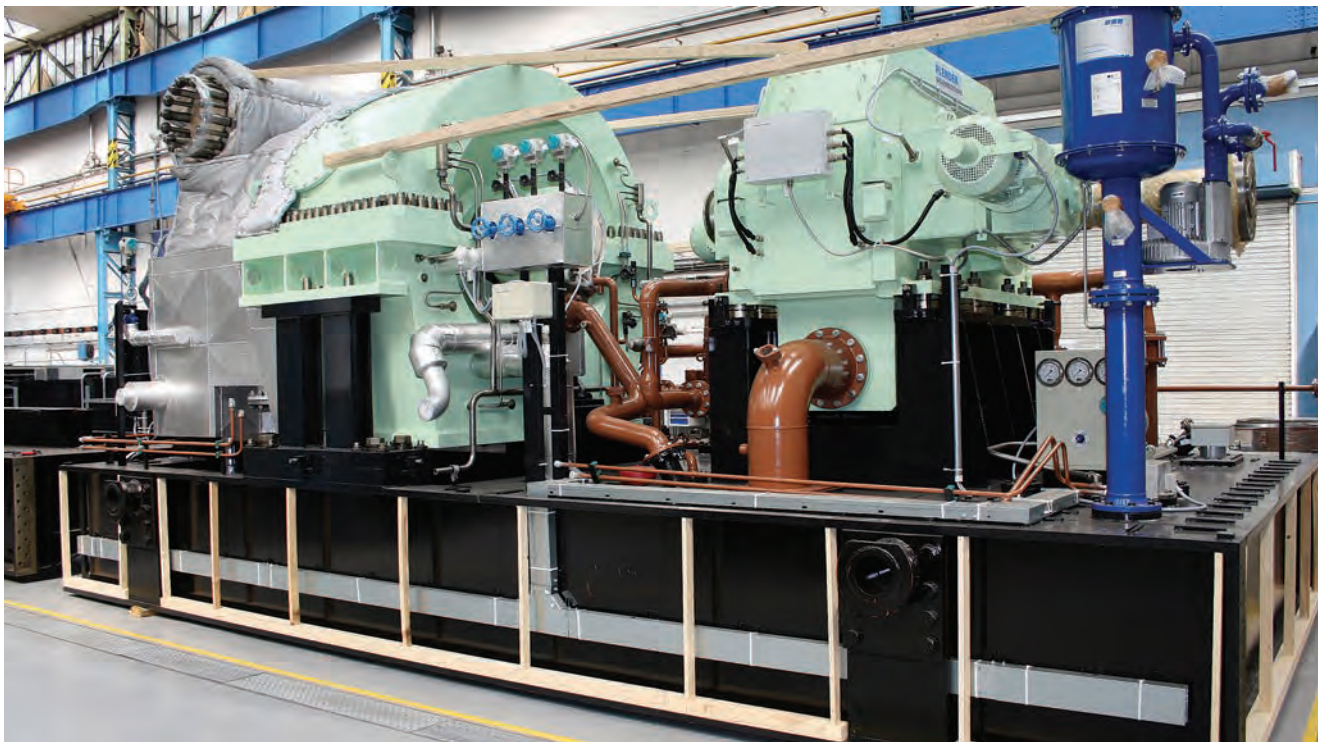
Sběr a přenos informací zajišťuje aplikační server. Jedná se o průmyslový server na bázi OS Windows Server s instalovaným FVirtual serverem Stratus FT. Mezi redundantními partnery probíhá kontinuální synchronizace, takže při výpadku hlavního serveru přebírá jeho funkci okamžitě záložní server. Server je v průmyslovém provedení a instalován do rozvaděče. Jeden ze dvou napájecích přívodů je zároveň veden přes záložní napájecí stanici UPS. V případě výpadku obou napájení je tak možné bezpečně odstavení technologie a řízené vypnutí celého systému.

Operátorské stanice budou dodány na bázi stolních PC s operačním systémem Windows XP, bez potřeby instalace speciálního systémového či aplikačního software. V rámci konfigurace je pouze implementováno blokování některých funkcí za účelem zvýšení odolnosti stanic proti ohrožení z vnějšího prostředí – např. proti virům.

Po přihlášení do systému se zobrazí pracovní plocha (Workbench). V ní má operátor k dispozici celou škálu možností pro ovládání a vizualizaci technologického procesu, a to zejména prostřednictvím následujících nástrojů:

- Operátorské obrazovky, které věrně zobrazují technologický proces, a ovládací dialogová okna operátorovi umožňují monitorovat proces a provádět úkony jako obsluhování zařízení, odezvu na alarmy nebo zadání požadovaných technologických hodnot. Obrazovky jsou uspořádány v hierarchické struktuře podle úrovně zobrazovaných informací od přehledových obrazovek větších technologických celků až po dílčí obrazovky, reprezentující dílčí technologické komponenty.
- Alarmy slouží k informování operátora o odchylkách od plánovaného provozu technologie (procesní alarmy) nebo o poruchách v systému řízení (alarmy MaR). Alarmy jsou zobrazovány na alarmové obrazovce, přímo na operátorských obrazovkách nebo mohou být následně zobrazeny v protokolech.
- Bodový náhled operátorovi umožňuje zobrazit a konfigurovat kompletní sadu parametrů týkajících se určitého bodu, včetně zobrazení reálných hodnot a stavů alarmů. Bodem se rozumí např. určitá analogová či binární smyčka, pohon, regulátor apod.
- Dynamické funkční diagramy zobrazují současně reálné hodnoty všech v diagramu





Parní turbína SST-300 na rámu s integrovaným olejovým hospodářstvím

obsažených proměnných, např. stavy zařízení nebo blokad. Navigace z ovládacího okna k odpovídajícímu funkčnímu diagramu je možná jediným kliknutím myši.

- Trendy slouží k zobrazení archivovaných nebo aktuálních hodnot procesních dat ve formě spojnicového diagramu. Do trendu lze přidat proměnnou způsobem drag-and-drop přímo z operátorské obrazovky. Další možností je zobrazení trendu pro aktuálně vizualizovanou proměnnou kliknutím myši na příslušné tlačítko v ovládacím okně.
- Systém protokolů slouží k získání historických informací, které uživatel požaduje, z archivu systému. Protokoly mohou být aktivovány manuálně nebo automaticky.
- Definované procesní události a zásahy operátora jsou ukládány v archivu. Data jsou uložena v centrální databázi pracující v reálném čase, a to v chronologickém pořadí, včetně časového údaje, hodnoty a kvality.

Ze stejného prostředí lze též – disponuje-li uživatel patřičnými přístupovými právy – provádět diagnostiku celého řídicího systému až na úroveň jeho jednotlivých komponent, a prostřednictvím HART protokolu i diagnostiku vybraných komponent polní instrumentace. Za tím účelem byly kromě standardních integrovaných nástrojů implementovány přehledové obrazovky s vizualizací architektury řídicího systému a jeho hlavních hardwarových komponent.

### Průmyslová parní turbína SST-300 o výkonu do 50 MW

Parní turbína nainstalovaná ve spalovně komunálního odpadu v Brně byla vyrobena v brněnském závodě Siemens a patří k nejúspěšnějším

produktům tohoto závodu. Tento typ turbíny získal čestné uznání v Ceně inovace rok 2007. Jedná se o kondenzační turbínu s výkonem 22,7 MW. Parametry vstupní páry jsou 399 °C a 38 bar při průtoku 110 t/h. Parní turbína pohání generátor při 1 500 otáčkách za minutu. Má kompaktní a flexibilní design s vysokým stupněm standardizace.

Z turbíny použité ve spalovně komunálního odpadu v Brně se podle potřeby odebírá pára k vytápění Brna nebo pro technologické účely. Za turbínou je napojen generátor pro výrobu elektrické energie do místní sítě. Regulaci turbosoustrojí, a to jak v oblasti strojní, tj. parních a mechanických okruhů, tak v oblasti elektrických veličin při výrobě elektrické energie na generátoru, zajišťuje řídicí systém Siemens T3000. To je však jen jedna část práce systému, který jinak řídí a reguluje chod celé spalovny. Po rekonstrukci se kapacita spalovny zvýšila na více než dvojnásobek.

### Vlastnosti turbíny

SST-300 je standardizovaná parní turbína s převodkou na rámu s olejovým hospodářstvím, vybavená reakčním lopatkováním upraveným dle parametrů turbíny. Je používána jak pro kondenzační, tak protitlakové aplikace s interně regulovaným odběrem a rozsahem pro vícenásobný odběr páry. Modulární design s turbínovými moduly a modulárními periferními zařízeními umožňuje širokou rozmanitost konfigurací, které s maximální hospodárností uspokojí individuální potřeby.

### Pouzdro turbíny

Jednotělesová turbína s horizontálním dělením má téměř symetrickou skříň, což umožňuje krátké náběhové časy a rychlé změny zátěže. Design všech podpor labyrintů a nosičů lopatek

přináší flexibilitu dráhy páry a úpravu dle individuálních parametrů páry. Umístění ventilů nebo regulačního stupně vedou tok páry na konec turbíny a používají se k udržování konstantního tlaku při odběru procesní páry při různých objemech toku. Využití vybraných osvědčených komponentů zajišťuje vysokou spolehlivost a snadnou údržbu.

### Rotor a lopatky

Rotor SST-300 je osazen bezrezonančními lopatkami. Design lopatek zajišťuje vysokou účinnost napříč celým provozním rozsahem, včetně rychlých změn zátěže, pro bezproblémový provoz elektrárny. Spolehlivost lopatkování je dosažena zejména nízkým celkovým zatížením lopatek.

### Převodovka

Redukční převody jsou vybírány od stávající řady výrobců prvotřídních převodovek a jejich spolehlivost a výkon byly vyzkoušeny.

### Základový rám

Turbíny SST-300 jsou dodávány jako celek. Komponenty turbosoustrojí jsou nainstalovány na společný základový rám včetně kompletního olejového hospodářství. Olejová nádrž je uvnitř základového rámu. Veškerá instrumentace je pevně zapojena do rozvodných skříní umístěných na přední části rámu. Počet externích přípojek je snížen na minimum; všechny přípojky (trubky, kabeláž atd.) jsou jasně definovány.

Jednotka SST-300 se základovým rámem může být buď umístěna na jednoduchý betonový základ na podlaže, nebo na vyvýšený základ. Lze ji umístit na stávající základy nebo vyvýšit na jednoduché betonové či ocelové sloupky na pružinové palety (je-li základový rám uložen na pružinách, není potřeba horní deska betonového základu).

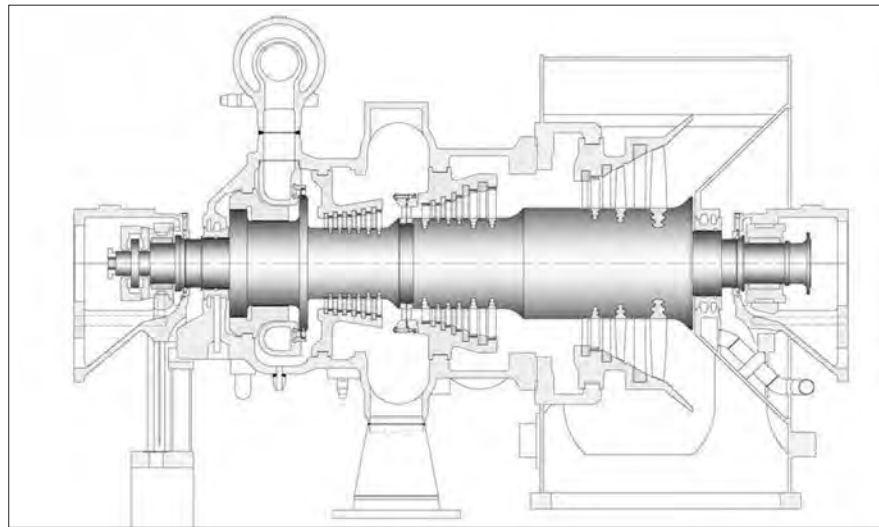
**Technické údaje turbíny**

- výkon až 50 MW
- rychlost až 12 000 otáček za minutu
- parametry vstupní páry
  - tlak až 120 barů/1 740 psi
  - teplota až 520 °C = 968 °F
- neregulovaný odběr páry: tlak až 60 barů/870 psi
- regulovaný odběr (jednoduchý či dvojnásobný)
  - tlak až 45 barů/655 psi
  - teplota až 400 °C/750 °F
- tlak výstupní páry:**
  - protitlak až 16 barů/232 psi
  - dálkové vytápění až 3 bary/43 psi
  - kondenzace až 0,3 baru/4,4 psi

(Pozn. všechny údaje jsou přibližné a závisí na projektu)

**Ing. David Barva,**

ředitel úseku Výroba energie, Siemens, s.r.o.



Pohled v řezu na parní turbínu SST-300

**Refurbishment of the municipal waste incinerator in Brno**

During the period from 2007 to 2011, Siemens – as part of the consortium “CNIM – SIEMENS” – carried out the project “Brno Waste Management” part of the general overhaul of the Brno incineration plant. The original design of the technology – three waste incineration furnaces and steam generation for heating the city of Brno – was replaced by two waste incineration furnaces (with the third as a “cold” back-up), with steam used in the steam condensation turbine to generate electric power. The supply of heating steam to the city’s heating system was maintained, however the volume of the steam was increased. In the article the author describes the details of the supply and installation of the electrical systems, the control system based on T 3 000 (including turbines) and turbine from the Brno plant of Siemens Industrial Turbomaschinery (22.7 MW).

**Реконструкция фабрики по сжиганию коммунальных отходов в Брно**

Фирма «SIEMENS» обеспечивала в 2007 – 2011 годах в рамках объединения «CNIM – SIEMENS» реализацию проекта «Переработка мусора. Брно» – часть комплексной реконструкции фабрики по сжиганию отходов. Первоначальное решение проекта (три котла для сжигания отходов и производство пара для отопительной системы города Брно) было изменено на два котла для сжигания мусора (третий котёл находится в рабочем состоянии и при необходимости может быть запущен в эксплуатацию) и использование пара в паровой конденсационной турбине для производства электрической энергии. Поставки пара в городскую отопительную сеть остались, но увеличился их объём. Автор в статье описывает подробности, касающиеся поставки и монтажа электросистемы, управляющей системы на основе T 3 000 (включая турбины) и турбины завода «Siemens Industrial Turbomaschinery» (22,7 MW) в Брно.

