

# Generální oprava spalovací turbíny v paroplynovém cyklu (PPC)

Autor v článku popisuje historii provozu Červený mlýn v Brně, zaměřuje se na přechod z uhlého zdroje na paroplynový cyklus, popisuje jednotlivá technologická zařízení a zaměřuje se především na turbínu. Právě ta bude předmětem generální opravy, která začíná v březnu 2016. V další části se zaměřuje na systém údržby a zmiňuje fakt, že popisovaný zdroj je poskytovatelem podpůrných služeb pro správce České přenosové soustavy.



Teplárna Červený mlýn

## HISTORIE

Historie provozu Červený mlýn, který nyní patří pod Teplárny Brno, a.s., se začala psát v roce 1965, kdy bylo rozhodnuto o výstavbě nového zdroje v městě Brně. Červený mlýn byl navržen jako špičkový zdroj se čtyřmi horkovodními kotli pro zajištění zásobování teplem nově postavených obytných částí města, Lesná, Žabovřesky a Královo Pole. V roce 1966 výtopna zahajuje provoz se dvěma kotli s celkovým výkonem 23,2 MW a druhé dva kotle o celkovém výkonu 116,2 MW byly dostaveny v roce 1968. Jako palivo pro výtopnu bylo určeno severočeské prachové hnědé uhlí, které se vozilo po železnici a ukládalo do hlubinného zásobníku. Výtopna byla propojena s teplárnou na Špičce parním napáječem.

## ZMĚNA PALIVOVÉ ZÁKLADNY

Rok 1996 byl rokem ukončení uhlého provozu na Červeném mlýně. Teplárny vyřešily náhradu za dožitý kotel po třicetiletém provozu moderním řešením s využitím zemního plynu při uplatnění kombinované výroby tepla a elektřiny. Tak se rodí nový projekt, který zohledňuje zákon o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami – výstavba paroplynového cyklu. Nutnost nepřetržitého zásobování teplem si vyžádala projekt rozdělit na dvě etapy. V první etapě stavby byl postaven a zprovozněn náhradní zdroj skládající se z horkovodní plynové kotelny se dvěma kotli o výkonu  $2 \times 27$  MW a z dočasné výměňkové stanice odebírající páru z parní sítě soustavy zásobování tepelnou energií. V druhé etapě byla provedena vlastní rekonstrukce

výtopny Červený mlýn a uskutečnila se výstavba paroplynového cyklu, vysokotlaké přípojky plynu s redukční stanicí a 4,5 km dlouhého kabelového vývodu 110 kV ze zapouzdřené rozvodny do nadřazené sítě.

Nově vzniklá teplárna byla uvedena do provozu v roce 1999 s elektrickým výkonem 95 MW<sub>el</sub> a tepelným výkonem 140 MW<sub>t</sub>. Paroplynový cyklus tvoří plynová turbína 70 MW firmy Siemens, spalínový kotel 100 MW a parní turbína 24 MW, obojí od společnosti Alstom Power. Pro lepší ekonomii provozu a k prodloužení životnosti spalovací turbíny byl do technologie PPC vřazen akumulátor tepla s objemem 5 500 m<sup>3</sup> se čtyřmi deskovými výměňky tepla. Po rekonstrukci provozu Červený mlýn vzniká nejmodernější zdroj

tepláren tzv. paroplynový cyklus s instalovaným výkonem 95 MW<sub>el</sub>.

## TECHNOLOGIE A ZAŘÍZENÍ

**Spalovací turbína** patří mezi nejsložitější technické zařízení klasické energetiky. Hořáky jsou schopny spalovat zemní plyn nebo lehký topný olej. Tato turbína je jednohřídelová, vysokootáčková, jednotělesová, která přes převodovku pohání 50 Hz generátor, uložený ve studeném konci plynové turbíny. Plynová turbína má prstencovou spalovací komoru s 24 hybridními hořáky. Turbína je vybavena hasicím zařízením CO<sub>2</sub>, který je v případě požáru vpuštěn pod kryt turbíny a s vodní mlhou pro hašení regulačního, mazacího oleje a lehkého topného oleje.



Strojovna s parní turbínou

Parametry spalovací turbíny V64.3A, Siemens	
Jmenovitý výkon při spalování ZP	69,7 MW
Otáčky generátoru	3 000 min <sup>-1</sup>
Kompresor	
Počet stupňů	17
Průtok vzduchu	188,5 kg/s
Stlačení	cca 16
Turbína	
Počet stupňů	4
Průtok spalin	192 kg/s
Výstupní teplota spalin	cca 571 °C
Účinnost	36,2 %
Generátor	
Jmenovitý výkon	75 MVA
Účinník	0,8
Napětí	10,5 kV

Parametry spalovací turbíny V64.3A, Siemens

	VÝROBA ELEKTRINY v MW			VÝROBA TEPLA v GJ	
	Plynová turb.	Parní turb.	Celkem	Spalin. kot.	Celkem s HK
2015	145 967	46 756	192 723	913 854	1 060 245
2014	147 046	48 151	195 197	932 034	1 086 297
2013	153 649	50 052	203 701	967 407	1 183 368

Tabulka roční výroby elektřiny a tepla na provozu Červený mlýn a vývoj za poslední tři roky

**Spalinový kotel** je určen pro využití tepla, obsaženého ve spalinách, vystupujících ze spalovací turbíny, k výrobě páry a ohřevu síťové vody. Kotel je horizontálního provedení, třítlakový, s přirozenou cirkulací ve všech výparníkových systémech a s přetlakem na straně spalin. Vysokotlaká pára je z kotle zavedena před vysokotlakou část parní turbíny a před vysokotlakou redukční stanicí, která umožňuje provoz kotle i při odstavené parní turbíně.

**Parní turbína** je protitlaká s jedním regulovaným a jedním neregulovaným odběrem páry. Je provozována s klouzavými parametry v závislosti na průtoku páry. Pára z regulovaného odběru je využita k dodávce tepla v páře a je zavedena do sítě SZTE. Pára z neregulovaného odběru je využita ve špičkovém ohříváku oběhové vody a výstupní pára je zavedena do základního ohříváku oběhové vody.

Spalovací turbína je výrobkem firmy Siemens a vychází z konstrukce turbín řady V84 a V94. Z pohledu oprav jsou nejvíce problematické části spalovací komory a části stroje, kterými prochází horké plyny. Tato náročná technologie vyžaduje důslednou a pravidelnou kontrolu a údržbu. Z důvodu držení garancí může dodávka náhradních dílů dodávat pouze výrobce. Nevýhodou je, že výrobce a jediný možný dodavatel pak určuje ceny náhradních dílů. Velkou inspekci nelze také provádět bez technické podpory šéfmontáže s pracovníky Siemens.

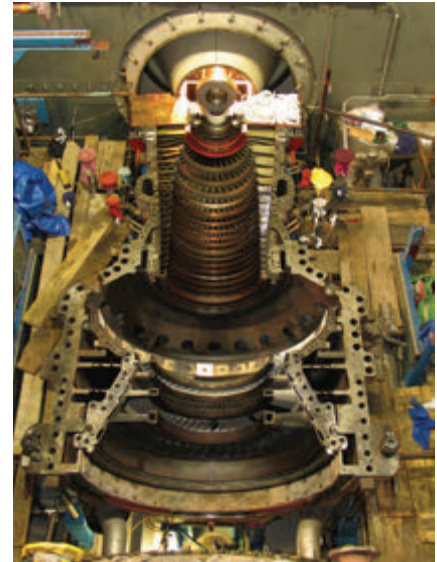
Životnosti horkých částí jsou predikovány na 25 000 ekvivalentních hodin (EOH). Jedná se o provozní hodiny, které jsou přepočítávány na počet startů, při kterých dochází k největším teplotním degradacím. Interval při našem provozování mezi velkými inspekcemi představuje cca 6 až 7 let. Blízká spolupráce s výrobcem,

jako jediným dodavatelem náhradních dílů spalovací turbíny, je zakotvena ve smlouvě o servisu a dílenských opravách. Kromě toho poskytuje technickou pomoc při řešení nouzových situací. Součástí smlouvy je také držení významných dílů a čas jejich dodání, především statových a rotorových lopatek.

#### PŘÍPRAVA NA GENERÁLNÍ OPRAVU

V minulosti byly již provedeny dvě velké inspekce. První v roce 2003 po 25 000 EOH a po 50 000 EOH v roce 2009. Inspekce probíhají přesně podle časového rozvrhu. Velká inspekce v letošním roce po 75 000 EOH bude provedena v nejkratším možném čase, z důvodu absence v poskytování podpurných netočivých služeb MZ +15 v letních měsících. Během velké inspekce se bude realizovat oprava spalovací turbíny a generátoru, upgrade řídicího systému, rekonstrukce najížděcího měniče a buzení, rekonstrukce elektrických ochranných zařízení a rekonstrukce rozvodny 110kV. Délka opravy je stanovena na 10 týdnů od 21. 3. 2016 do 29. 5. 2016 v 10ti hodinových směnách a cyklu šesti pracovních dnů v týdnu. Zahájení zkoušek a uvádění do provozu bude od 10. 5. 2016. V současné době jsou podepsané smlouvy na dodávku náhradních dílů a montážního materiálu, technická zlepšení a personál. Nezanedbatelnou položkou velké inspekce je i pronajaté nářadí a ostatní služby, jako např. obrábění, tryskání, tepelné izolace, revize předovodky, logistika.

Technická zlepšení spalovací turbíny jsou nedílnou součástí připravované velké inspekce. Vychází z doporučení výrobce na základě zkušeností provozovaných a dlouhodobě monitorovaných obdobných strojů. Podstatou technických zlepšení je výměna vysoce exponovaných



Momentka z generální opravy spalovací turbíny v teplárně Červený mlýn

částí stroje vedoucí ke zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti turbíny. Technická zlepšení musí být realizována vždy současně s velkou opravou. Při běžných krátkodobých revizích nelze tyto činnosti realizovat.

Paroplýnový blok Červený mlýn je moderním pracovištěm s vysokým stupněm automatizace. Většinu manipulací provádějí operátoři přes operátorské stanice nadřazeného řídicího systému Teleperm T2000. To dovoluje, aby trvalou obsluhu tohoto bloku zajišťovali pouze čtyři pracovníci. Tito se střídají v nepřetržitém



Horkovodní plynová kotelná se dvěma kotli 2 x 27 MWt



Generátor spalovací turbíny Siemens





Zapouzdřená rozvodna 110 kV

pracovním cyklu na pěti směnách. Obecně je směna složena z vedoucího směny, operátora a dvou operátorů pochůzkářů. Operátor je také důležitým partnerem dispečera české přenosové soustavy (ČEPS). Společně přes terminál energetického objektu korigují elektrický výkon. Terminál umožňuje poskytování tzv. podpůrných služeb. Většinu topné sezóny je proto elektrický výkon paroplynového bloku závislý na požadavcích dispečerů ČEPS. Během toho musí operátoři zdroje zajišťovat hospodárné využití vyrobené tepelné energie v podobě horké vody nebo páry.

### POSKYTOVATEL PODPŮRNÝCH SLUŽEB

Od roku 2003 se paroplynová teplárna Červený mlýn zařadila mezi poskytovatele podpůrných služeb pro Českou přenosovou soustavu (ČEPS). Podpůrné služby nakupuje provozovatel přenosové soustavy společnost ČEPS, a.s. v rámci zajištění systémových služeb pro elektrizační soustavu ČR. Červený mlýn poskytuje podpůrné služby prakticky celoročně, a to ve dvou základních konfiguracích. Během topné sezóny, kdy je v provozu paroplynový blok, je zapojen do poskytování točivých podpůrných služeb Sekundární regulace a Minutová záloha kladná a záporná jako fiktivní blok složený ze spalovací a parní turbíny. Mimo topnou sezónu poskytuje podpůrné služby pouze spalovací turbína a to kladnou Minutovou zálohu - spalovací turbína je odstavena v záloze a najíždí na povel z dispečinku ČEPS. Za tímto účelem je blok vybaven

by-passovým komínem, do kterého jsou vyvedeny spaliny mimo spalínový kotel paroplynového bloku. Blok musí najet na smluvený výkon do 15 minut od pokynu dispečinku ČEPS.

Zařazení do poskytování podpůrných služeb předcházela úprava technologie a řídicích systémů tak, aby byly splněny všechny požadavky kodexu ČEPS pro poskytování služeb a blok v obou konfiguracích prošel úspěšně certifikačním měřením stanovým kodexem. Projekt zapojení bloku do podpůrných služeb je dlouhodobě hodnocen jako úspěšný a výnosy z této činnosti významným způsobem přispívají k stabilizaci ceny tepla dodávaného Teplárnami Brno.

V roce 2015 se uskutečnila příprava na taktické cvičení orgánů krizového řízení a složek integrovaného systému Jihomoravského kraje s názvem „Blackout JMK 2015“. Do tohoto scénáře na obnovu elektrizační sítě jsou Teplárny Brno a.s., začleněny s vlastním zařízením. Zprovožňovat se bude vždy zařízení provozované před výpadkem s ohledem na velikost ostrovních provozů a zatěžování elektrizační distribuční sítě.

Provoz Červený mlýn má se spalovací turbínou významnou pozici v čase obnovy napětí, startem spalovací turbíny na by-passový komín v otáčkové regulaci, do ostrovního provozu. Výchozí předpoklad scénáře pro oblast Jihomoravského kraje je udržení ostrovního provozu generátorů elektráren Hodonín a Spalovny Brno.

### SYSTÉM ÚDRŽBY

Údržbářské práce v Teplárnách Brno, a.s., jsou rozdělovány mezi vlastní údržbu a externí dodavatelské firmy. Vlastní údržbářská četa má 12 pracovníků. Vede je vrchní zámečnický, který práce koordinuje a zajišťuje materiálově. Tento systém se v naší firmě velmi osvědčil. Díky jejich pochůzkové a preventivní činnosti se předchází poruchám a zvyšuje se spolehlivost výrobních bloků. Pracovníci drží hotovost mimo pracovní dobu a o svátcích. Práce a služby, které jsou nad možnosti vlastní údržby, se pak sjednávají s dodavatelskými firmami. V současné době se pro podporu údržby implementuje jednotný systém řízení údržby, který zajistí sledování a optimalizaci nákladů a sjednocení pracovních postupů.

**Ing. Stanislav Bradáč, vedoucí útvaru strojní zařízení, Teplárny Brno, a.s.**

### Overhaul of the combustion turbine in the combined cycle gas (CCG)

*In the article the author describes the history of the plant at Červený mlýn in Brno, focusing on the transition from a coal-fired to a combined cycle gas plant, describing the individual technological equipment and above all on the turbine. This will be the subject of an overhaul to begin in March 2016. The next section looks at the system of maintenance and mentions the fact that the described source provides auxiliary services to the manager of the Czech Transmission System.*

## Společnost OSC, a. s. - inženýrské služby pro energetiku

- Příprava výroben na poskytování podpůrných služeb pro ČEPS
- Řešení mimořádných stavů elektrizačních soustav - ostrovní provoz, black-start
- Trenažéry pro jaderné elektrárny
- Systémy automatického řízení v energetice
- Dispečerské řízení výroby elektrické energie
- Časová synchronizace podle GPS
- Měření pro hydroenergetiku
- Expertízy, posudky a poradenské služby



OSC, a. s., Staňkova 557/18a, 602 00 BRNO

Tel.: +420 541 643 111 | Fax: +420 541 643 109 | E-mail: osc@osc.cz

**WWW.OSC.CZ**