

# **ANALYSIS OF EFFECTIVENESS OF PROVIDING NON-SPINNING ANCILLARY SERVICES BY COMBINED-CYCLE POWER PLANT**

Petr NEVŘELA, Master Degree Programme (5)  
Department of Electrical Power Engineering, FEEC, BUT  
E-mail: nevrela@kn.vutbr.cz

Supervised by: Doc. Antonín Matoušek

## **ABSTRACT**

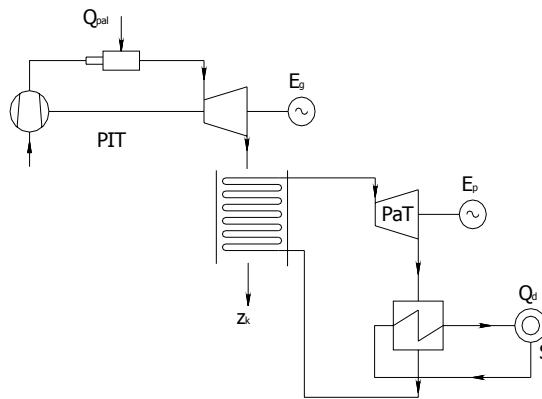
The Thesis solve an economic analysis of necessary investment for this supply modification, analyze the possibilities of supply connection to the non-spinning supporting services and financial benefits resulting from this possibilities.

## **1 ÚVOD**

Pro udržení odchylek klíčových technických parametrů přenosu elektrické energie (jmenovitá frekvence, jmenovitá napětí atd.) ve standardních mezích zajišťuje ČEPS a. s. systémové služby. Tyto služby jsou zajišťovány prostředky provozovatele přenosové soustavy a poskytovateli podpůrných služeb. Poskytovateli podpůrných služeb jsou uživatelé přenosové soustavy (výrobci elektrické energie, odběratelé elektrické energie), kteří tyto služby poskytují na trhu s podpůrnými službami za úplatu. Výrobcem elektrické energie jsou mimo jiné i teplárny. V teplárně probíhá kombinovaná výroba tepla a elektřiny. Ovšem elektrická energie vyráběná v teplárenském zdroji je závislá na spotřebě tepla v soustavě, kterou zdroj zásobuje. Množství tepla je navíc závislé na ročním období. Proto poskytování podpůrných služeb teplárnou vyžaduje důkladnou ekonomickou analýzu a posouzení vlivu poskytování podpůrných služeb na zásobování teplem.

## **2 ROZBOR**

Zabývám se teplárnou s paroplynovým cyklem viz. Obr.1. Transformace tepelné energie na elektrickou energii probíhá ve dvou sériově řazených tepelných obězích. Teplo je přiváděno do plynového cyklu, zde je část tepla přeměněna na elektrickou energii a část tepla je přivedena do parního cyklu, který pracuje na teplotně nižší úrovni a zde je teplo opět transformováno na elektrickou energii. Nevyužité teplo z protitlakové turbíny je přivedeno k tepelným spotřebičům. Výkon parní turbíny je závislý na výkonu spalovací turbíny. Tepelný výkon je vyveden do horkovodní soustavy centralizovaného zásobování teplem a elektrický výkon do elektrizační soustavy.



**Obr. 1:** Tepelné schéma paroplynové teplárny

Zdroj dodává teplo do soustavy v topném období říjen-březen a poskytuje točivé podpůrné služby sekundární regulace (SR) a terciární regulace záporná (TR-). V mimo topném období duben-září je zdroj z důvodu malého odběru tepla mimo provoz. Vzhledem k velké účinnosti je snaha o co největší využití zdroje. Na základě zkušeností s poskytováním podpůrných služeb točivých se nabídla otázka zda by v mimo topném období nebylo možno poskytovat taktéž podpůrné služby a dokonce zda i v topném období by nebylo výhodnější poskytovat paroplynovým zdrojem pouze podpůrné služby. Uvažuje se o podpůrných službách netočivých a to Rychle startující zálohu-10-ti nebo 30-ti minutovou a Dispečerské záloze (DZ).

### 3 ŘEŠENÍ

Jako reálnou metodu porovnání provozní ekonomie výroby tepla jednotlivých teplárenských a výtopenkých zdrojů, lze použít metodu srovnání měrných palivových nákladů na jednotku dodaného tepla:

$$n = \frac{(N_{pal} - T_{el})}{Q_{dod}} \left[ \frac{Kč}{GJ} \right]$$

kde n jsou měrné palivové náklady na dodávku tepla [Kč/GJ], pro paroplynový cyklus je  $n = 10$  Kč/GJ,  $N_{pal}$  jsou náklady na palivo za daný časový úsek [Kč],  $T_{el}$  jsou tržby za elektřinu dodanou za daný časový úsek [Kč] a  $Q_{dod}$  je teplo dodané za daný časový úsek [GJ]. Dále musím uvažovat technologické omezení zdroje (najížděcí křivka, závislost tepelného výkonu na elektrickém výkonu, odběrové diagramy tepelné soustavy) a požadavky kladené na zdroje poskytující podpůrné služby netočivé.

Zdroj splňuje pouze požadavky na DZ: zdroj odstavený do zálohy, doba najetí na požadovaný výkon do 6 hodin, minimální výkon bloku 30 MW a doba poskytování DZ 36 hodin. Výkon pro poskytování DZ uvažuji 85 MW.

Uvažuji dvě varianty:

## 1. Období říjen-březen

a) zdroj dodává teplo a poskytuje podpůrné služby točivé (současný stav)

b) zdroj je v záloze a poskytuje netočivé podpůrné služby

## 2. Období duben-září, zdroj je v záloze a poskytuje pouze podpůrné služby netočivé

## 4 ZÁVĚR

U varianty 2. nelze poskytovat Dispečerskou zálohu neboť vyrobené teplo není kam odvést. Odběr tepla na základě odběrových diagramů v tomto období je příliš nízký. Jediným řešením je instalace bypassu. Tedy zbavení se závislosti na odběru tepla, kdy spaliny z plynové turbíny jsou vyvedeny přímo do komína mimo parní cyklus.

U varianty 1. existuje na základě odběrových diagramů dostatečná kapacita pro vyrobené teplo při aktivaci DZ. Porovnání bodů a i b této varianty je uvedeno v Tab. 1.

VARIANTA 1.	
a	b
$N = n \cdot Q = 9\,000\,000 \text{ Kč}$	$N = 127\,440\,000 \text{ Kč}$
$T_{SR} = E_{SR} \cdot c_{SR} = 29\,585\,000 \text{ Kč}$	$T_{DZ} = E_{DZ} \cdot c_{DZ} = T = 143\,685\,360 \text{ Kč}$
$T_{TR-} = E_{TR-} \cdot c_{TR-} = 3\,888\,000 \text{ Kč}$	
$T = T_{SR} + T_{TR-} = 33\,473\,000 \text{ Kč}$	
$N_C = N - T = -24\,473\,000 \text{ Kč}$	$N_C = -16\,245\,360 \text{ Kč}$

Výpočty provedeny pro roční dodávku tepla z paroplynu  $Q = 900\,000 \text{ GJ}$ , výpočty n provedeny pro cenu plynu dle výměru ERÚ  $4,44 \text{ Kč/m}^3$  a cenu silové elektřiny  $1000 \text{ Kč/MW.h}$  dle produktů duhové elektřiny ČEZ, pro cenu za podpůrné služby SR  $c_{SR} = 970 \text{ Kč/MW.h}$ , TR-  $c_{TR-} = 360 \text{ Kč/MW.h}$  a DZ  $c_{DZ} = 430 \text{ Kč/MW.h}$ . Kapacita pro poskytování SR je  $E_{SR} = 30500 \text{ MW.h}$ , TR- je  $E_{TR-} = 10800 \text{ MW.h}$  a DZ je  $E_{DZ} = 371\,280 \text{ MW.h}$ .

**Tab. 1:** Porovnání bilance nákladů a tržeb pro variantu 1.

Tedy u varianty 1. při porovnání celkových bilancí nákladů a tržeb je výhodnější bod a. Tedy v období říjen-březen je výhodnější poskytovat točivé podpůrné služby.

## LITERATURA

- [1] ČEPS, a.s., Pravidla provozování přenosové soustavy – Kodex přenosové soustavy, revize03/leden 2003, [www.ceps.cz](http://www.ceps.cz),
- [2] Internetové adresy [www.ceps.cz](http://www.ceps.cz), [www.mpo.cz](http://www.mpo.cz), [www.eru.cz](http://www.eru.cz), [www.ote.cz](http://www.ote.cz), [www.teplarny.cz](http://www.teplarny.cz), [www.cr-sei.cz](http://www.cr-sei.cz), [www.cez.cz](http://www.cez.cz), [www.infelen.sk](http://www.infelen.sk),
- [3] Kadrnožka, J., Ochrana, L.: Teplárenství, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, prosinec 2001,
- [4] Prospekty Alstom Power, [www.power.alstom.com](http://www.power.alstom.com),
- [5] Podkladové materiály firmy Teplárny Brno, a.s.