

Posouzení využitelnosti protitlakové a kondenzační turbíny v kogeneračních teplárnách

Aleš Hromádka

Katedra elektroenergetiky a ekologie
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
aleshrom@rice.zcu.cz

Assessment of Suitability Back Pressure and Condensing Turbine in Co-generation Power Plants

Abstract – This paper is focused on the assessment of suitability of both possible turbines, which can be operated in current co-generation power plants. Pros and cons of both turbines are described and summarized in the main part of the paper. The assessment is based on real requirements for modern co-generation power plant.

Keywords – Back Pressure Turbine; Condensing Turbine; Co-generation Power Plant; Assessment of Utilization; Heat and Electricity Production

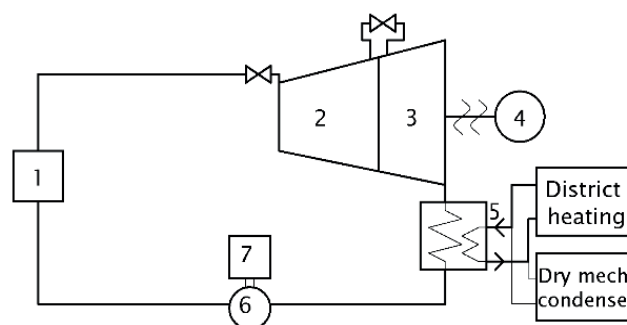
I. ÚVOD

Původní teplárenské zdroje využívali protitlakových turbín. Protitlakové turbíny mohou být velmi efektivní cestou využití kogeneračního systému. Avšak, pro trvale vysokou účinnost protitlakové turbíny je třeba zajistit určitý stálý tepelný odběr, což může být v městské síti problém. Proto jsou v současných moderních teplárenských zdrojích preferovány převážně kondenzační turbíny. Kondenzační turbíny nejsou tolik efektivní, jako protitlakové turbíny, nicméně nabízejí mnohem variabilnější provoz. Úkolem tohoto článku je shrnout výhody a nevýhody těchto typů turbín a posoudit jejich vhodnost pro současné aplikace v teplárenství. [1]

II. POSOUZENÍ PROTITLAKOVÉ A KONDENZAČNÍ TURBÍNY

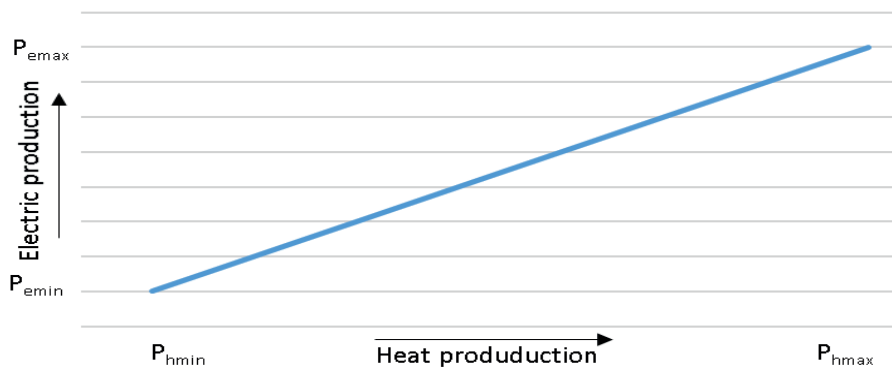
A. Charakteristika protitlakové turbíny

Protitlakové turbíny se stále využívají v dodnes fungujících teplárnách. Základní princip cyklu s protitlakovou turbínou je ukázán v Obrázek I:



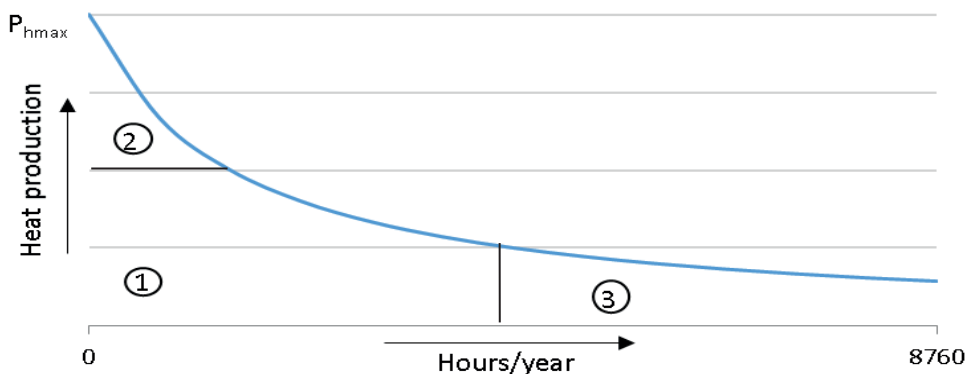
Obrázek I. Zjednodušené schéma protitlakové turbíny [1], [2]

V kotli (1) se spaluje palivo a uvolněná energie jde přes stěnu výparníku do pracovního media. Zde se medium vypaří a přehřeje se na vhodné parametry pro vysokotlaký díl turbíny (2). Regenerativní ohřev, který je často použit pro zvýšení celkové účinnosti, nebyl v tomto zjednodušeném schématu uvažován. Z vysokotlakového dílu (2), kde expanduje část páry a vytváří tak mechanickou energii na hřídeli, jde do nízkotlakového dílu (3), kde expanduje zbytek využitelné páry na mechanickou energii na hřídeli. Mechanická energie roztáčí generátor (4), který vyrábí elektřinu. Z nízkotlakového dílu protitlakové turbíny (3) jde pára s užitečnými parametry pro vytápění (např. 105°C a 1,2 bar) do tepelného výměníku (5). Z tepelného výměníku (5) může být předána zbylá energie obsažená v páře buď do horkovodní sítě pro dálkové vytápění přes základní ohřívák, nebo do suchého mechanického kondenzátoru, kde je tato energie vyzářena do okolí. Primární úkol tepelného výměníku (5) je zkondenzovat páru za turbínou. Konečně z tepelného výměníku je již zkondenzovaná voda vedena do napájecího čerpadla (6), který je řízen frekvenčním měničem (7). Napájecí čerpadlo (6) vede vodu zpět do kotle (1), kde celý cyklus uzavírá. [1]



Obrázek II. Závislost výroby tepla a elektrické energie u protitlakové turbíny [1]

Obrázek II. ukazuje typickou závislost pro protitlakové turbíny, která je striktně lineární. Což vlastně znamená, že množství vyrobené elektřiny je přímo úměrné množství vyrobeného tepla a naopak. Z této závislosti plyne jedna z nevýhod tohoto cyklu, kterou je velmi nízká variabilita a přizpůsobivost poptávce celého cyklu. [1]



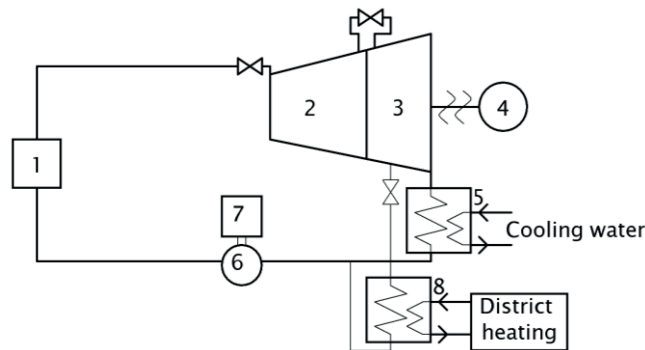
Obrázek III. Podíl pokrytí tepelné spotřeby u cyklu s protitlakovou turbínou [1]

Obrázek III. ukazuje možnost pokrytí spotřeby tepelné sítě protitlakovou turbínou (oblast 1). Nicméně, existují časové úseky, kdy buď pokrytí tepelným výkonem protitlakovou turbínou není dostatečné (oblast 2), nebo tepelná spotřeba je natolik nízká, že nemůže být kryta protitlakovou turbínou (oblast 3). Obě tyto oblasti musí být kryty jinými zdroji tepla. Toto souvisí s druhou velmi značnou nevýhodou tohoto cyklu, což je velké omezení výroby až 50 % provozního ročního času.

Nicméně je důležité zmínit, že tato turbína má i určité výhody například obecně dosahuje vyšší celkové účinnosti v kogeneračním režimu a to až 82 % (cca 29 % v elektrické účinnosti a cca 53 % v tepelné účinnosti). Druhou výhodou může být, že na rozdíl od kondenzační turbíny tato turbína nemá takový problém s kavitací v nízkotlakovém dílu, protože parametry páry na výstupu nejsou tak jako v případě kondenzační turbíny. [2]

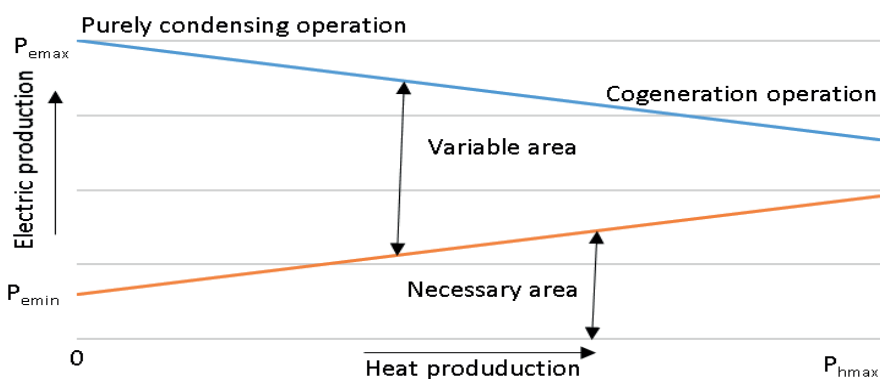
B. Charakteristika kondenzační turbíny

Kondenzační turbíny jsou v současnosti preferovanější volbou pro moderní teplárenské zdroje. Důvodem preference je velká variabilita této turbíny, která bude blíže vysvětlena níže. Základní princip cyklu s turbínou je ukázán na Obrázek IV.:



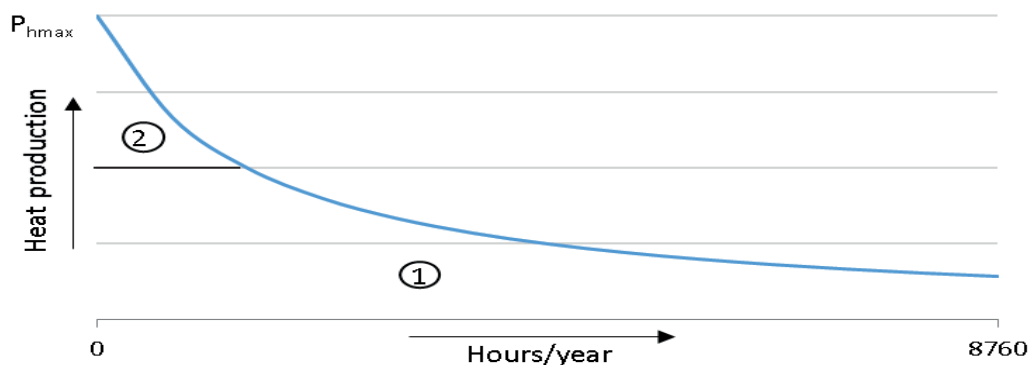
Obrázek IV. Zjednodušené schéma kondenzační turbíny [4]

Princip kondenzační turbíny je víceméně stejný, jako je princip protitlakové turbíny. Jen s několika rozdíly a to, že z nízkotlakového dílu turbíny (3) jde pára o podstatně nižších parametrech (např. 35°C a 10 kPa) než u protitlakové turbíny do kondenzátoru (5). Úkol kondenzátoru (5) je zkondenzovat celý objem páry za turbínou. Z kondenzátoru jde zkondenzovaná voda opět do napájecího čerpadla (6), které je také řízeno frekvenčním měničem (7). U tohoto typu turbín je tepelný odběr realizován navrtáním turbíny a vyvedením regulovaného odběru do tepelného výměníku (8), který předává tepelnou energii přes základní ohřívák do dálkového vytápění. [1]



Obrázek V. Závislost výroby tepla a elektrické energie u kondenzační turbíny [1], [3]

Obrázek V. ukazuje, s jakou variabilitou výroby je schopna pracovat kondenzační turbína. Tato turbína může vyrábět v celém rozsahu variabilní oblasti. V případě nulové poptávky po teple z tepelné sítě můžeme tuto turbínu provozovat v čistě kondenzačním režimu, což je u samotné protitlakové turbíny nemožné. Ukázaná variabilita kondenzační turbíny je její největší výhoda oproti protitlakové. [1]



Obrázek VI. Podíl pokrytí tepelné spotřeby z kondenzační turbíny [1]

Obrázek VI. ukazuje další nespornou výhodu kondenzační turbíny. Touto nespornou výhodou je, že kondenzační turbína může být provozována bez omezení po celý rok. Jak můžeme vidět kondenzační turbína je schopná pokrývat i oblast nízké poptávky po teple (oblast 1). Nicméně i zde existují časové úseky, kdy tepelný výkon je menší než poptávka po teple (oblast 2). Tato oblast opět musí být kryta jinými zdroji tepla. [1]

Tato turbína má celou řadu výhod, které z ní činí preferovanou variantu v moderní teplárnách. Nicméně, její kogenerační účinnost nedosahuje tak vysokých hodnot jako u protitlakové turbíny. V čistě kondenzačním režimu má tato turbína elektrickou účinnost až 36 %. V optimálním kogeneračním režimu lze u této turbíny dosáhnout účinnosti až 66%. [2]

III. ZÁVĚR

Tento článek posuzuje výhodnost použití dvou možných variant turbín pro současný teplárenský provoz. Je nutno říci, že současný trend volby kondenzačních turbíny je relativně správný vzhledem k nesporným výhodám, které tato turbína nabízí. Nicméně, protitlaková turbína může být lepší volbou pro některé teplárenské zdroje, zejména v momentě, kdy je doplněna o přídatné zařízení, které jí může dodat potřebnou variabilitu. Vše se odvíjí od potřeb tepelné sítě, respektive od histogramu tepelné spotřeby.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK1-2018-005, projektu SGS-2018-023.

LITERATURA

- [1] Hromádka, A.: Kombinovaná výroba tepla a elektřiny v Plzeňské teplárenské a.s., 2013.
- [2] Hromádka, A. Analýza a optimalizace procesního řízení., 2015.
- [3] Zuwała, J.: Life Cycle Approach for Energy and Environmental Analysis of Biomass and Coal Co-Firing in CHP Plant with Backpressure Turbine., Journal of Cleaner Production 35, 2012, s. 164–175.
- [4] Dipippo, Ronald. “Binary Cycle Power Plants.” Geothermal Power Plants, 2012, pp. 151–182.