

SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANT DESIGN

Tomáš Števec

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xstevc00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Mastný

E-mail: mastny@feec.vutbr.cz

Abstract: The construction of small hydroelectric power plant is a very contentious issue nowadays. One of the main reasons being the necessary lasting intervention into the water source and its proximate environment. On the other hand, it is a very predictable source of electric energy, which also compensate for the small power outputs. This work deals with main technical principles of small hydroelectric power plant design.

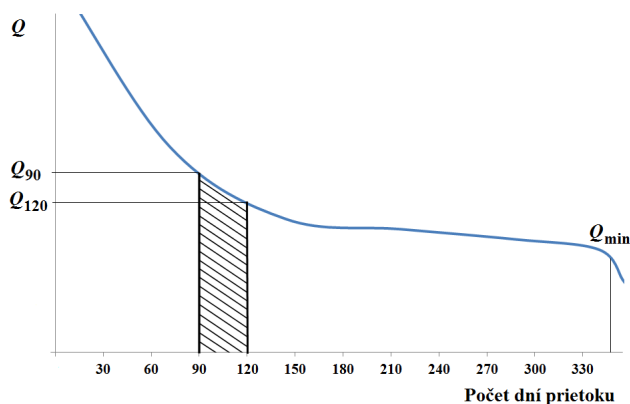
Keywords: small hydroelectric power plant, water turbine, generator.

1 ÚVOD

Návrh malých vodných elektrární (ďalej MVE) zahŕňa riešenie stavebných, strojových a elektrických častí, ktoré sa navzájom ovplyvňujú. Je to iteračný proces, pri ktorom sa postupným približovaním hľadá optimálne riešenie tak, aby spĺňalo všetky technické ale aj ekologické požiadavky. Dispozičné predpoklady, spádové a prietokové pomery rozhodujú o type MVE, z ktorého vyplýva účasť na pokrývaní diagramu denného zaťaženia. Vzhľadom na to, že prírodné podmienky, v ktorých sa MVE budujú, obvykle neumožňujú dobré možnosti hospodárenia s vodou, ide zväčša zväčša o elektrárne prietokové. Pri návrhu MVE umiestnenej pod sypanou priehradou je základnou úlohou určenie hospodárneho priemeru potrubia, typu a počtu turbín.

2 URČENIE HOSPODÁRNEHO PRIETOKU TURBÍN

Určenie hospodárneho prietoku MVE umiestnenej pod sypanou priehradou bez možnosti vybudovania vyrovnávacej nádrže je možné voliť len s ohľadom na prietoky priebežné a to podľa zväženia. V našich podmienkach sa obvykle volí z rozmedzia 90 až 120 denných prietokov [1].



Obrázek 1: Určenie hospodárnej veľkosti prietoku z odtokovej krivky

3 URČENIE HOSPODÁRNEHO PRIEMERU PRIVÁDZACIEHO POTRUBIA

Priemer privádzacieho potrubia je dôležitou časťou návrhu MVE, obzvlášť, pri elektrárňach derivačných s použitím tlakového potrubného privádzača a taktiež pri MVE umiestnenej pod sypanou priehradou, keďže od veľkosti priemeru potrubia a rýchlosti prúdenia závisia tlakové straty. Dovoľené prietokové rýchlosti v potrubí nesmú byť väčšie ako 5 až $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pre predbežný výpočet priemeru tlakového potrubia pre prevádzkovú tlakovú výšku $h_p < 100 \text{ m}$ platí podľa [2]:

$$D = \sqrt[3]{0,052Q^3} \quad (1)$$

Presnejšie je možné určiť priemer potrubia podľa rôznych kritérií (napr. ekonomickou analýzou návratnosti [2]). Určíme kritérium, ktoré je funkciou pomeru maximálneho teoretického výkonu pri danom priemere a celkovej hmotnosti potrubia pri zvolenej prietokovej rýchlosti:

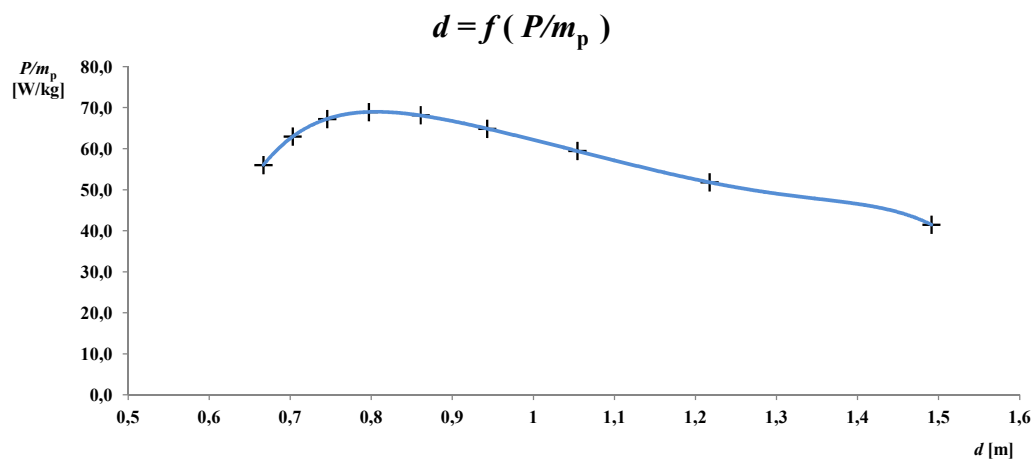
$$d = f\left(\frac{P}{m_p}\right), \text{ kde } P = \rho(E - Y_{zs})Q_v\eta \text{ [W]}. \quad (2)$$

Kde sa tlakové straty Y_{zs} (podľa [3]) menia v závislosti na zvolenej prietokovej rýchlosti. S prietokovou rýchlosťou sa mení aj výpočtový priemer prírodného potrubia d_{ps} podľa vzťahu (4).

$$Y_{zs} = f\left(\Lambda \frac{l_{ps}}{d_{ps}} \frac{c_{si}^2}{2} + \sum_i \zeta_{si} \frac{c_{si}^2}{2}\right) \quad (3)$$

$$d_{ps} = f\left(\sqrt{\frac{4Q}{\pi c_{si}}}\right) \quad (4)$$

Zo závislosti podľa vzťahu (2) je možné zostrojiť graf (Obrázok 2), v ktorom nájdeme riešenie tak, že z globálneho maxima funkcie spustíme kolmicu na os d .



Obrázok 2: Výpočet potrubia pre konkrétnu MVE

Odvođená metóda rešpektuje konštrukčné vlastnosti zvolenej potrubnej siete, keďže zahŕňa stratové činitele všetkých prekážok na trase potrubia (napr. kolená a ventily).

4 STANOVENIE TYPU TURBÍN, ICH POČTU A PRIETOKU

Typ turbíny sa predbežne stanoví podľa diagramu použiteľnosti turbín v závislosti na prietokoch a spádových výškach. Počet turbín a ich prietok sa stanovuje s cieľom čo najlepšieho pokrytia odtokovej krivky (Obrázok 1), s ohľadom na účinnosť turbíny v závislosti od plnenia.

4.1 POUŽITIE ROVNOTLAKEJ TURBÍNY

Pri návrhu rovnotlakej turbíny a výšky jej umiestnenia je potrebné dbať na to, aby nebola ponorená pod vodou, a bola uložená v dostatočnej výške nad hladinou aj v prípade vysokých prietokov.

4.2 POUŽITIE PRETLAKOVEJ TURBÍNY

V prípade použitia pretlakovej turbíny je potrebné vypočítať geodetickú saciu výšku turbíny, aby na lopatkách turbíny nevznikal jav kavitácie. Pre geodetickú saciu výšku platí podľa [3]:

$$z_s < \frac{p_a - p_w}{\rho g} - \sigma \frac{E}{g}, \quad (5)$$

kde p_w je tlak sýtej vodnej pary pri danej teplote a σ je kavitačný súčiniteľ turbíny.

5 VOL'BA GENERÁTORA

V MVE pracujúcich do samostatnej siete sa používa synchronný generátor. V prípade dodávky elektrickej energie do distribučnej je výhodné použiť asynchronný generátor. Tento generátor nepotrebuje budiaci obvod, pretože zo siete odoberá magnetizačný prúd (jalovú zložku prúdu). Dokáže však dodávať do siete len činný výkon. Použitie asynchronného motoru je nevhodné v prípade ak MVE spracováva aj niekoľkonásobne menšie výkony ako jej menovitý. V prípade, ak asynchronný generátor pracuje s podstatne nižším výkonom ako je jeho menovitý výkon, klesá jeho účinník $\cos(\varphi)$. Z toho vyplýva, že pri podstatne nižšom spojkovom výkone asynchronný generátor dodáva nižší činný elektrický výkon ako by to bolo v prípade synchronného generátoru.

6 ZÁVER

Zo zostrojenej odtokovej krivky sme stanovili prietok, ktorý bude elektrárňou spracovávať a ktorý sa následne použije pri návrhu hospodárneho prierezu potrubia. Bol uvedený postup výpočtu, ktorý je odvodený na základe ekonomicko-energetickej úvahy. Stanovený prietok je výpočtovým predpokladom aj k výberu turbín, ich počtu, veľkosti a otáčkam. Dospeli sme však aj k tomu, že turbíny je nutné voliť aj zvážením ekonomického hľadiska, čo ovplyvňuje aj geodetická sacia výška pretlakovej turbíny, obzvlášť ak je potrebné umiestniť turbínu hlboko pod úroveň hladiny vody pod priehradou. Vol'ba generátora v MVE závisí od charakteru a prevádzkového režimu vodného diela, premenlivosti prietokov a prípadne práce MVE do samostatnej siete.

REFERENCE

- [1] Kminiak, P.: Vodné mikroelektrárne, Bratislava, ALFA 1990, ISBN 80-05-00771-X
- [2] Štoll, Č., Kratochvil, S., Holata, M.: Využití vodní energie, Praha, SNTL 1977
- [3] Raček, J.: Strojní zařízení elektráren, Brno, Vysoké učení technické v Brně 2007, ISBN 978-80-213-3388-5