

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA SMALL HYDRO-POWER PLANT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ROSTISLAV JEDLIČKA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. JAN FIEDLER, DR.

BRNO 2008

Anotace:

Rostislav Jedlička: Malá vodní elektrárna. Bakalářská práce bakalářského studia 3. roč. šk. r. 2007/2008, studijní skupina 3P/12. FSI VUT v Brně, Ústav energetiky, obor Energetického a procesního zařízení, prosinec 2007. Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru Energetického a procesního zařízení předkládá návrh práce Malé vodní elektrárny. Náplní práce je rešerše zařízení malých vodních elektráren, přepočty stávající MVE, optimalizace a vyhodnocení ekonomiky provozu.

Annotation:

Rostislav Jedlička: Small hydro power plant. Bachelor's thesis of bachelor's studies of 3th year. School year 2007/2008, educational group 3P/12. FSI VUT in Brno, institute of energy, department of energy and process equipment, December 2007. This project, which has been elaborated in frame of bachelor's studies department of energy and process equipment is submitting the design of Small hydro power plant. Contents of this work is recherche small hydro power plants, count existing SHP, optimalization and evaluation of operation.

Klíčová slova:

malá, vodní, elektrárna, MVE, turbína, generátor, rozdělení, parametry

Key words:

small, hydro, power plant, SHP, turbine, generator, division, characteristics

Bibliografická citace mé práce:

JEDLIČKA, ROSTISLAV. *Malá vodní elektrárna*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. Bakalářská práce, 26 stran. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne

.....

Podpis

POĎEKOVÁNÍ

Touto formou bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Janu Fiedlerovi, Dr. za odborné vedení a pomoc při realizaci bakalářské práce. Dále patří poděkování panu Havlíkovi, který mi poskytl odborné konzultace při tvorbě projektu. Můj velký dík patří také моým rodičům, kteří pro mne byli po celou dobu mého studia velkou psychickou a finanční podporou.

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Energie vody.....	4
3. Historické mezníky využívání energie vody.....	4
4. Pojem malá vodní elektrárna.....	6
5. Rozdělení vodních motorů.....	6
5.1. Rozdělení MVE dle velikosti výkonu.....	7
5.2. Rozdělení jednotlivých konstrukcí vodních motorů ze spádového hlediska.....	7
5.3. Uspořádání vlastních turbín.....	8
5.4. Jednotlivé součásti soustrojí (turbína a el. stroj).....	8
5.5. Uspořádání vodních elektráren.....	9
5.5.1. Průtočné elektrárny.....	9
5.5.2. Akumulační elektrárny.....	9
5.6. Vodnímu dílu náleží.....	9
5.7. Malé vodní elektrárny pracují do systému.....	10
6. Turbíny.....	10
6.1. Základní rozdělení turbín.....	10
7. Vodní turbíny.....	11
7.1. Popis nejčastěji používaných turbín pro MVE.....	11
7.1.1. Peltonova turbína.....	11
7.1.2. Francisova turbína.....	12
7.1.3. Kaplanova turbína.....	13
7.1.4. Bánkiho turbína.....	14
8. Vodní elektrárna HC 1. v Podhradí.....	15
8.1. Popis objektu HC 1.....	15
8.2. Popis strojního zařízení.....	15
8.2.1. Francisova turbína.....	15
8.2.2. Závěsné ložisko.....	17
8.2.3. Kulové šoupátko.....	17
8.2.4. Rozvod kulového šoupátka.....	17
8.2.5. Vyčerpání prosáklé vody.....	17

8.2.6. Chladicí souprava.....	17
8.2.7. Vyčerpání vody ze sacích trub.....	17
8.2.8. Brzda s příslušenstvím.....	18
8.2.9. Automatická hydraulická regulace otáček.....	18
9. Přepočet stávající MVE.....	18
9.1. Maximální teoretický výkon elektrárny.....	18
9.2. Výpočet maximální účinnosti turbíny.....	18
9.3. Výpočet účinnosti generátoru.....	19
9.4. Výpočet výkonů turbíny a výkonů generátoru při garantovaných průtocích a účinnostech turbíny.....	19
10. Spotřeba vody a vyrobená elektrická energie.....	20
11. Výpočet zisku z vyrobené energie za rok 2007.....	22
11.1. Výpočet zisku v roce 2007 za měsíc leden.....	23
12. Závěr.....	26

1. Úvod

Současný trend u nás i ve světě je takový, že mnoho jednotlivců i organizací se snaží o co nejvyšší využití obnovitelných zdrojů při výrobě elektrické energie. Je to dáno zhoršujícími se globálními podmínkami a těmto změnám se snažíme zabránit co možná největším a nejefektivnějším využitím obnovitelných zdrojů a přísnějšími podmínkami při využívání zdrojů klasických (zprísňování emisních hodnot vypouštěných do ovzduší). Hlavní zdroje získávání elektrické energie v České republice jsou zejména elektrárny na tuhá paliva. Ty představují spalování hnědého a černého uhlí. Druhou, ekologičtější část prezentují atomové elektrárny v Dukovanech a Temelíně. Nemalý potenciál představuje vodní energie. Vodní energie je, co se týče využití nejčastějším obnovitelným zdrojem při výrobě elektrické energie. K využití vodní energie jsou budovány vodní elektrárny. V této bakalářské práci se budu zabývat již fungujícím objektem malé vodní elektrárny (dále jen MVE) HC1 v Podhradí. Ta se nachází na řece Moravici a ta spadá pod povodí řeky Odry a vodního díla Kružberk a Slezská Harta. Nejdříve bude uvedeno obecné rozdělení vodních elektráren a vysvětlení této problematiky. Dále se budeme zabývat již samostatným objektem HC1, přepočtem stávajících parametrů MVE, optimalizaci, ekonomiku provozu a vyhodnocení současného stavu.

2. Energie vody

Již po staletí je u nás i ve světě využíván potenciál vodní energie. Několik tisíc malých vodních elektráren bylo u nás už před I. světovou válkou, ty byly vybudovány především v zástavbách původních vodních mlýnů, pil a hamrů. Vodní energie se dá velmi dobře a účinně přeměnit na žádanou elektřinu. Hnacím motorem je sluneční energie, která zajišťuje neustálý koloběh velkého množství vody. Energie vody je využívána za pomoci široké škály typů a velikostí vodních děl.

3. Historické mezníky využívání energie vody

- 600 let př.n.l. - Chaldejci použili čerpací kolo na dopravu vody do závlahových kanálů
- 230 let př.n.l. - na pohon věder k čerpání vody bylo použito v Egyptě hnací lžícové kolo
- 150 let př.n.l. - V římské říši bylo použito vodní kolo na spodní vodu, v téže době používají v Řecku vodní mlýny s vodním kolem s vertikální osou (obdobu systému Savonius)
- 50 let př.n.l. - řecký zeměpisec Strabo se ve svých spisech zmiňuje o vodních mlýnech
- r. 361 - v Německu byly zbudovány první vodní mlýny na řece Mosel
- r. 536 - byl zprovozněn první plovoucí lodní mlýn na řece Tibeře v Římě
- r. 718 - v Žatci na řece Ohři postavil tesař Halak první vodní mlýn ve střední Evropě, ten byl zbudován na zakázku pro mlynáře Svacha
- r. 955 - u Wurzenu ve střední části Německa byl postaven první vodní mlýn
- od 12.stol. - vodní kolo rozšířena a používáno již po celé Evropě
- r. 1227 – na Labi byl spuštěn do provozu první plovoucí vodní mlýn
- r. 1550 - Francouz Besson vyvinul sudové kolo pro mlýn v Toulouse
- r. 1738 - Jozef Karol Hell postavil vodní vahadlový stroj na potenciální energii vody
- r. 1749 - Jozef Karol Hell na Slovensku sestrojil vysokotlaký vodosloupkový stroj
- r. 1750 - sestrojil lékař Johann Andreas Segner reakční vodní kolo
- r. 1753 - Segnerovo kolo zdokonalil Leonard Euler
- r. 1818 - bylo v Německu postaveno první celoželezné vodní kolo
- r. 1824..6 - vyvíjel Francouzský prof. Claude Burdin první přetlakovou turbínu
- r. 1827 - byla uvedena do provozu první Burdinova turbína
- r. 1827 až 1833 - Burdinův žák, Benoit Fourneryon vyvíjí nový typ odstředivé přetlakové turbíny
- r. 1834 - Fourneryon staví svou odstředivou přetlakovou turbínu pro francouzské železářny
- r. 1837 - německý technik Henschlem doplňuje savku na Fourneryonovu turbínu
- r. 1837 až 1841 - byla vynalezena Henschel- Jonvalova turbína
- r. 1844 - Redtenbacher vypracoval návrh na stupňovitou turbínu

- r. 1844 - sestrojil inženýr Zuppinger ve Švýcarsku první rovnotlakou turbínu s vnějším vstřikem
- r. 1848 - vyvinul hornický technik Schwamkrug v Rudohoří rovnotlakou turbínou s vnitřním vstřikem
- r. 1847..49 - americký inženýr anglického původu James Bicheno Francis zdokonalil Howdovu turbínu a vyvinul tak univerzálně použitelnou (vertikální i horizontální) přetlakovou turbínu
- od r.1860 - původní přenos hnací síly řešený po celé provozovně dřevěnými hřídeli a výlučně ozubenými koly je nahrazován celoželeznými transmisemi a plochými řemeny z hovězí kůže, ozubená kola zůstávají pouze jako první převod u vodních kol.
- r. 1863 - byla vynalezena rovnotlaká Girardova turbína
- r. 1870 - přes původní odpor zaznamenává Francisova turbína výrazné rozšíření po evropském kontinentě
- r. 1877 - Američan Lester Allen Pelton uvažuje nad přímotlakou turbínou s lžícovitými lopatkami
- r. 1878 - německý profesor R. Fink doplňuje natáčecí rozváděcí lopatky na Francisovu turbínu
- r. 1886 - sestruje Pfarr spirálovou Francisovu turbínu s pevným rozváděčem pro velké spády
- r. 1900 - A.G. Michael vypracoval teoretický návrh na bubnovou turbínu, která se později stane předlohou pro maďarského profesora Bánkiho
- r. 1912 - vyvíjí v Brně Prof.Ing.Dr.h.c. Viktor Kaplan vrtulovou turbínu
- r. 1913 - vyvíjí Prof.Ing.Dr.h.c. Viktor Kaplan turbínu s natáčivými oběžnými lopatkami a systém nechává patentovat
- r. 1918 - byla matematicky vyřešena Bánkiho turbína
- r. 1918 - je vyrobena první Kaplanova turbína v brněnské slévárně Ignace Storka
- r. 1919 - je 26.března uvedena do chodu první Kaplanova turbína v Ulmu nedaleko Vídně
- r. 1919 - profesor Banki uvádí v Budapešti do provozu rovnotlakou turbínu
- r. 1920 - E. Crewdson staví rovnotlakou turbínu pro velké spády nazvanou Turgo
- r. 1921 - se rozbíhá první Kaplanova turbína v Československu v Poděbradech
- r. 1938 - Kaplanova turbína byla použita na spád 38 metrů
- r. 1950 - úpravou Kaplanovy turbíny vzniká diagonální Deriázova turbína
- r. 1951 - začala hromadná likvidace malých vodních mlýnů a přidružených provozů
- r. 1953 - Kaplanova turbína byla použita na spád 56 metrů
- r. 1958 - Kaplanova turbína byla použita na spád 71 metrů

[20]

4. Pojem malá vodní elektrárna

Využití větších vodních toků, řek a potoků, pro stavbu a užívání malých vodních elektráren je velmi specifickým odvětvím hydroenergetiky. Nelze ji přímo srovnávat se složitější realizací velkých údolních děl, pro které hraje roli mnoho jiných parametrů. Podmínky dané lokality se zde proto uplatňují v daleko větší míře u konkrétních případů. Každý z těchto případů je něčím specifický a tudíž i odlišný a vyjímečný. Není ve většině případů možno přizpůsobit krajinu optimálním potřebám člověka, ale člověk musí svůj záměr přizpůsobit krajině. Nelze jen zmenšit měřítko strojů z velkých vodních děl pro námi požadované hodnoty. Je to z důvodu nežádoucích nečistot ve vodním toku, jako jsou například listy, větve a další nečistoty. Důležitým faktorem jsou také povodňové situace a dalších nečekaná a náhlé extrémní stavy. Z hlediska pracovního vytížení a s tím spojené životnosti soustrojí i celého vodního díla, je třeba při návrhu důsledně zvážit veškerá fakta a rizika a snažit se o co možná nejjednodušší, nejekonomičtější, snáze opravitelnou, jednoduchou na provoz a to vše s přijatelnou účinností. Je důležité správně pochopit daný charakter vodního toku a naučit se jej co nejlépe zanalyzovat a využít, jelikož plánování a výstavba malých vodních elektráren vyžaduje nemalé investice, které při dokončení projektu nemusejí vždy splnit očekávání.

5. Rozdělení vodních motorů

Prakticky možno vodní energii získat buď využitím jejího proudění (energie kinetická-pohybová), jejího tlaku (energie potenciální-tlaková), nebo obou těchto energií současně. Podle způsobu využívání rozlišujeme použitelné typy motorů.

Kinetická energie je v tocích představována rychlostí proudění. Tato rychlost je závislá na spádu toku. Využít je jí možno hlavně vodními koly a turbínami Bánkiho a Pelton. Jsou to stroje založené na rotačním principu, který je výhodný pro další využití. Optimální využití kinetické energie však vyžaduje, aby obvodová rychlost motoru v místě styku s vodou byla asi poloviční, než rychlost proudění. Kdyby rychlost obvodová byla stejná jako rychlost proudění, lopatky by vlastně ustupovaly bez možností převzetí vodní energie a nemohli bychom stroj zatížit. Těmto maximálně možným otáčkám se říká průběžné.

Z uvedeného vyplývá, že otáčení těchto motorů je poměrně pomalé. V technickém názvosloví se tomuto jevu říká nízká rychloběžnost a je to významný technický ukazatel mající nedobry účinek na rozměry stroje. Vyžaduje to větší rozměry a tím i větší podíl materiálu. Stroje rovnotlaké jsou tedy takové, kde tlak na lopatky způsobený poloviční obvodovou rychlostí než je rychlost proudění, je po celé cestě předávání energie stále stejný (rovný). Dalším jejím znakem je částečný ostřík. Voda vstupuje do turbíny jen částečně po obvodu. Energie tlaková se zajišťuje hlavně přehrazením toku splavem, jezem či přehradou a dále vede vhodným uzavřeným přívodem k turbíně, která je níže umístěna než je hladina přehrazeného toku. Tlaková energie je využívána na strojích, kterým říkáme přetlakové. Do této oblasti patří turbíny vrtulové, Kaplanova, Francisova a Reiffensteinova. Jsou to také stroje rotační.

Vodní energii tlakovou možno v průběhu její přeměny charakterizovat takto: část tlaku vody se přemění na rychlost, která je nutná k zajištění požadovaného průtoku vody. Zbytek tlaku se postupně snižuje při proudění po lopatce a v místě, kde voda lopatku opouští je tlak prakticky celý využit.

V zájmu úplnosti je nutno se u přetlakových turbín nutno zmínit o tlaku, který je nižší než tlak atmosférický a který se vyskytuje převážně v místech, kde voda opouští oběžné lopatky. Říkáme mu podtlak a způsobuje kavitační jevy, což má za následek vydírání materiálu a s tím

i snižování životnosti turbíny. Bráníme se použitím nerezových materiálů a zaváděním protitlaku. Turbínu pak nutno umístit níže než je spodní hladina vody.

Společnou vlastností přetlakových turbín je, že obvodová rychlost oběžného kola a tím i otáčky jsou několikanásobně větší, než absolutní rychlost proudění. Říkáme, že tyto turbíny jsou rychloběžné. Mají tedy menší rozměry a tudíž i menší spotřebu užívaného materiálu. Tyto turbíny mají úplný ostřík. Voda vstupuje do turbíny po celém obvodu.

Jednotlivé typy vodních motorů:

- vodní kolo na spodní vodu
- vodní kolo na střední vodu
- vodní kolo na horní vodu
- Bánkiho turbína
- Peltonova turbína
- vrtulová turbína
- Kaplanova turbína
- Francisova turbína
- Reiffensteinova turbína

5.1. Rozdělení MVE dle velikosti výkonu

Malou vodní elektrárnou se rozumí elektrárna o maximálním výkonu do 10 MW.

a. průmyslové nad 60 kW do 10 MW

veřejné nad 100 kW

drobné nad 60 kW

b. drobné pod 60 kW

minielektrárny nad 35 kW

mikrozdroje pod 35 kW

mobilní zdroje pod 2 kW

5.2. Rozdělení jednotlivých konstrukcí vodních motorů ze spádového hlediska

a. nízkotlaké (spád do 20 m), pro malé vodní elektrárny nejčastější. Turbína vrtulová, Kaplanova, Reiffensteinova, Francisova, Bánkiho, vodní kola.

b. středotlaké (spád do 100 m), pro malé vodní elektrárny poměrně málo využívané. Turbína Francisova, Bánkiho, Kaplanova.

c. vysokotlaké (spád nad 100 m), pro malé vodní elektrárny jen ve vyjimečných případech. Turbína Francisova a Peltonova.

5.3. Uspořádání vlastních turbín

- a.** dle uložení soustrojí:
- vertikální
 - horizontální
 - šikmé
- b.** dle směru proudění:
- přímoproudé s protékaným generátorem
 - přímoproudé s kolenovou savkou
 - kašnová turbína
 - spirálová turbína
 - kotlová turbína
- c.** dle celkové konstrukce:
- Peltonova turbína
 - Francisova turbína
 - Kaplanova turbína
 - Dériazova turbína
 - Bánkiho turbína
 - Savoniova turbína
 - Davisova turbína
 - Turgo turbína
 - Teslova turbína
 - Setur turbína

5.4. Jednotlivé součásti soustrojí (turbína a el. stroj)

- a.** přívodní část:
- potrubí
 - kašna
 - spirálová skříň
- b.** regulační orgán:
- rozváděcí kolo pevné
 - rozváděcí kolo natáčivé
 - jiné regulační zařízení
- c.** oběžné kolo:
- s pevnými oběžnými lopatkami
 - s natáčecími oběžnými lopatkami
- d.** uložení rotujících částí:
- ložiska valivá
 - ložiska kluzná
 - ložiska samomazná

- e. ucpávka: - uhlíková
 - guferokroužky nebo jiné druhy těsnění
- f. převody na generátor nebo jiný stroj: - klínové řemeny
 - převody ozubené
- g. regulátor: - otáček
 - hladinová regulace
 - zabezpečení proti průběhu
- h. odpadní část turbíny: - savka rovná
 - savka kolenová
 - odpadní potrubí
- i. prvky pro automatický provoz
- j. el. točivý stroj (typy, velikosti, napětí, otáčky)
- k. el. výbava el. točivého stroje (regulace buzení)
- l. vývody el. energie (transformace, ochrany)
- m. ochrana před zamrznáním vtoku
- n. zařízení pro zajištění vlastní spotřeby (jen u průmyslových elektráren)

5.5. Uspořádání vodních elektráren

5.5.1. Průtočné elektrárny

Zpracovávají průtok permanentně a to buď tak, že elektrárna je umístěna přímo na řece (říční elektrárna) nebo na kanále, který je umělý a je veden souběžně s řečištěm (derivační elektrárna). Tyto typy elektráren možno dále dělit podle umístění turbín v budově buď přičleněné ke břehu, nebo umístěné v pilířích jezového zařízení. Toto řešení je investičně výhodnější, ale je zhoršená přístupnost (stísněné prostory kolem turbíny). U derivačního typu mohou být umělé kanály buď otevřené nebo uzavřené (potrubí).

5.5.2. Akumulační elektrárny

Chceme-li dosáhnout vyššího výkonu než je přirozený výkon toku, můžeme zadržením vody pomocí vybudované vodní nádrže také získat vyšší průtok i spád, ale za cenu krátkodobého (přerušovaného) provozování elektrárny.

5.6. Vodnímu dílu náleží

- a. vzdouvací zařízení (jez), vodní nádrž (umělé nebo přirozené jezero)
- b. vtokový objekt s přepadem
- c. usazovací prostor s lapači nečistot
- d. česlice a jejich čištění

- e. stavidla a uzavírací zařízení (hradidla)
- f. přivaděč (při dlouhém přívodu uzavřeného provedení vodní zámek)
- g. uzávěr před turbínou
- h. vlastní turbína včetně příslušenství
- i. výtokový objekt (savka, odpadní kanál)
- j. hrazení spodní vody (používá se při záporné sací výšce)

5.7. Malé vodní elektrárny pracují do systému

- a. samostatný okruh nezávislý na veřejné rozvodné síti (využití hlavně pro vytápění a ohřev užitkové vody)
- b. zapojení na veřejnou rozvodnou síť s možností dodávky elektrické energie

6. Turbíny

Obecně turbína je jedním z nejpoužívanějších zařízení, které má široké spektrum využití v různých průmyslových odvětvích. Samotnou turbínou protéká pracovní látka a ta může být podle druhu turbíny buď voda, vodní pára, plyn nebo vzduch a tyto látky umožňují přeměnu tepelné (vnitřní) a (nebo) kinetické energie pracovní látky na energii mechanickou, která nám roztáčí a pohání hřídel. Turbína je poháněna pracovní látkou, která proudí přes lopatky turbíny. Lopatky jsou umístěny po obvodu a mají různý tvar.

Tvar lopatek je navrhován tak, aby co nejlépe využil proudění pracovní látky s čím také souvisí i využití její tepelné nebo kinetické energie. Mechanická energie turbíny se může být přímo využita na pohon jiného stroje, který je možno na turbínovou hřídel napojit. Například turbína sloužící k výrobě elektrické energie má na společné hřídeli jak samotnou turbínu, tak i elektrický generátor. Tomuto zapojení se odborně říká turbogenerátor.

6.1. Základní rozdělení turbín

- a. zpracovávaná pracovní látka:
 - vodní
 - parní
 - plynové
- b. směr průtoku oběžným kolem:
 - radiální
 - axiální
 - diagonální
- c. způsob zpracování energetického spádu:
 - přetlaková
 - rovnotlaká
- d. podle dělení energetického spádu:
 - jednostupňová
 - vícestupňová

7. Vodní turbíny

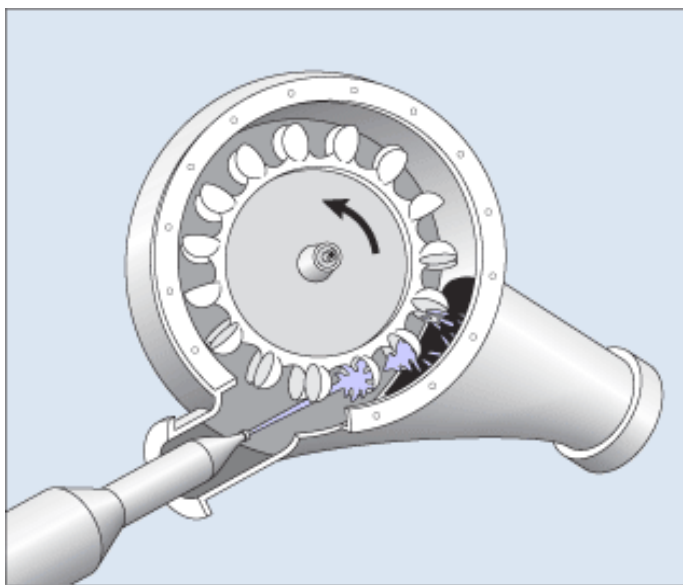
U vodní turbíny se jedná v podstatě o lopatkový vodní motor, který mění energii vody na mechanickou práci na hřídeli. Vodní turbína se skládá z rozváděcího ústrojí, což je rozváděcí kolo, dýza, a ty usměrňují průtok vody a z ústrojí oběžného kola. Ústrojí oběžného kola odebírá vodě energii. Další částí může být sací potrubí, které odvádí vodu ze stroje. Sací potrubí se používá u přetlakových vodních turbín.

7.1. Popis nejčastěji používaných turbín pro MVE

7.1.1 Peltonova turbína

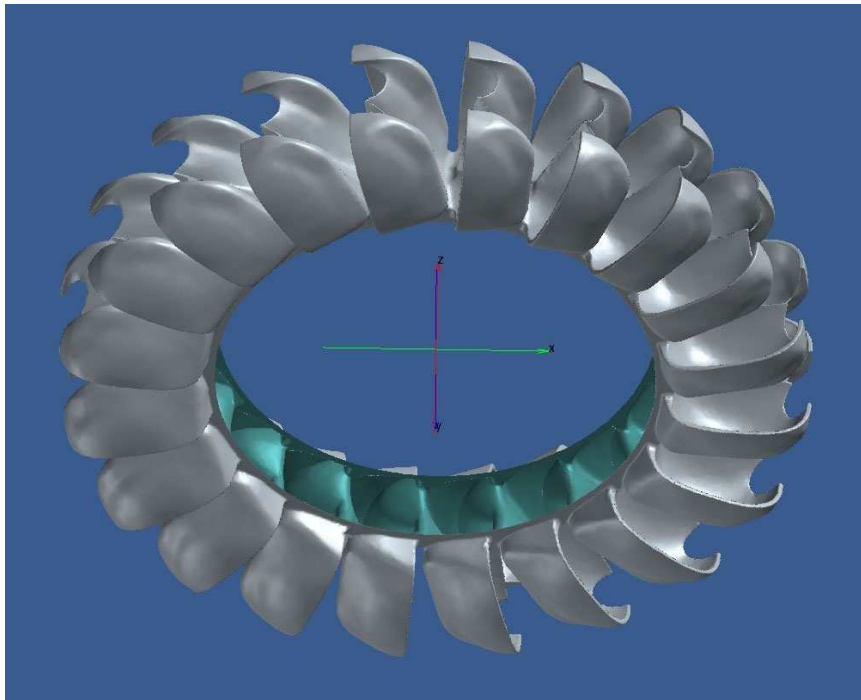
Jedná se o tangenciální rovnotlakou turbínu. Voda je vstříkována pomocí trysek na obvod rotoru. Z toho vyplývá, že voda proudí tečně na obvod rotoru. Dýza pracuje jako rozvaděč na přívodním potrubí, voda tak vystupuje ve tvaru kruhového paprsku a dopadá na lopatky, které mají lžičkovitý tvar. Každá jednotlivá lopatka je postavena proti směru proudění vody a tím se otočí její směr. Důsledkem těchto předpokladů jsou vzniklé síly, které uvedou do pohybu rotor turbíny. Peltonova turbína je velmi efektivní pokud přívodní vodu vstříkujeme pod co nejvyšším. Téměř všechna energie vody je předána turbíně z důvodu, že voda je obtížně stlačitelná. Díky tomuto jevu stačí pouze jediné oběžné kolo k převedení energie vody na energii rotoru.

Průtok vody a tím i výkon turbíny se reguluje změnou výtokového průřezu dýzy. Samotná regulace se provádí zasouváním a vysouváním regulační jehly, pro jejíž pohon se ve většině případů používá servomotor. Rychlá regulace k náhlému snížení výkonu se provede rychlým odkloněním vodního paprsku.



Obr.1. schéma funkce Peltonovy turbíny - vstříkování vody pomocí trysek na lopatky [20]

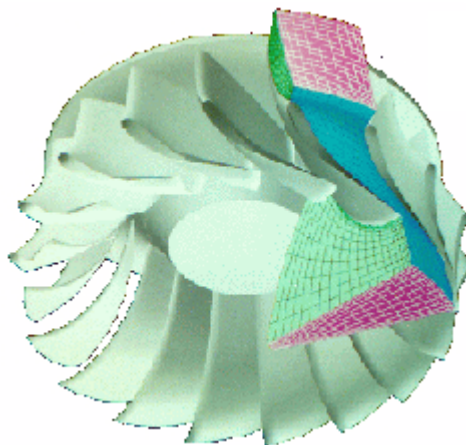
Peltonovy turbíny jsou využívány pro vysoký spád vody a malý průtok. Jsou vyráběny ve velkých rozsazích všech možných velikostí. V energetice se nejčastěji využívá vertikální uložení o výkonu až 200 MW. Nejmenší Peltonovy turbíny jsou velké jen několik desítek centimetrů a používají se pro malé vodní elektrárny s velkým spádem. Rozsah použití je od 15 m až po 1800 m.



Obr.2. ukázka tvaru oběžného kola Peltonovy turbíny [21]

7.1.2. Francisova turbína

Francisova turbína je podtypem vodní turbíny, vyvinuté James B. Francisem. Jedná se o přetlakovou turbínu, která má dvě podvarianty podle uložení hřídele. Uložení hřídele je buď vertikální nebo horizontální. Francisovy turbíny patří mezi nejpoužívanější pro produkci elektrické energie.

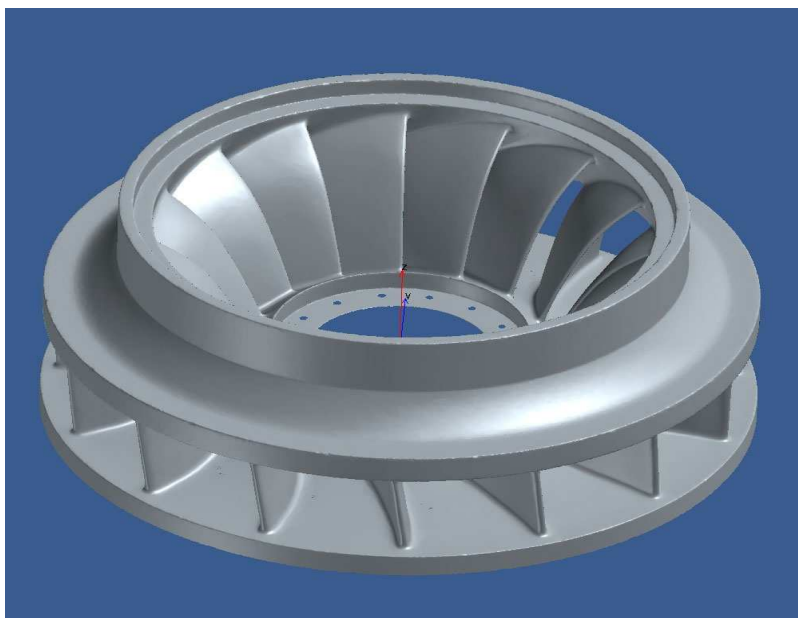


Obr.3. schéma Francisovy turbíny - průřez objemu vody mezi lopatkami [22]

V minulosti často používané vodní kolo. To sloužilo jako pohon pro mlýny nebo hamry, ale nevýhodou byla malá efektivita. V roce 1826 Benoit Fourneyron vyvinul vysoce efektivní vodní turbínu, která pracovala s účinností 80%. Turbína byla roztáčena tak, že voda směřovala tangenciálně. V roce 1848 James B. Francis vylepšil předchozí typ turbíny s konečnou efektivitou 90%.

Francisova turbína je přetlaková. Pracovní kapalina mění tlak během svého průtoku zařízením a tím odevzdává svou energii. Důležité jsou rozváděcí lopatky, které jsou nutné pro udržení

toku vody. Vstupní potrubí se postupně zužuje a pomocí rozváděcích lopatek je voda směřována na rotor. Jak voda prochází rotorem, její rotační rychlost se zmenšuje a zároveň odevzdává energii rotoru. Tento efekt, který spolu s působením samotného vysokého tlaku vody přispívá k efektivitě turbíny. Rotor turbíny je umístěn mezi vysokotlakým přívodem a nízkotlakou savkou. Ta bývá umístěna ve většině případech v patě přehrady a je tvarován tak, aby byla rychlost výstupní vody co nejnižší.

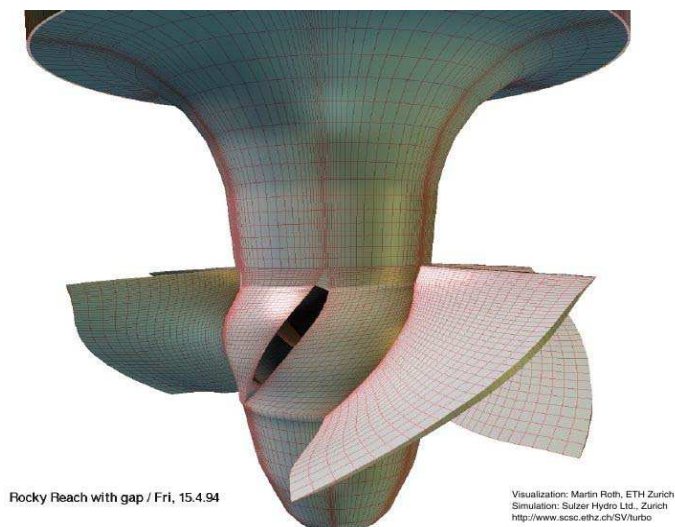


Obr.4. ukázka tvaru oběžného kola Francoisovy turbíny [21]

Francisovy turbíny se používají pro střední a větší průtoky a spády. Jsou časté zejména u přečerpávacích elektráren. Například přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně používá dvě Francisovy turbíny o výkonu 325 MW.

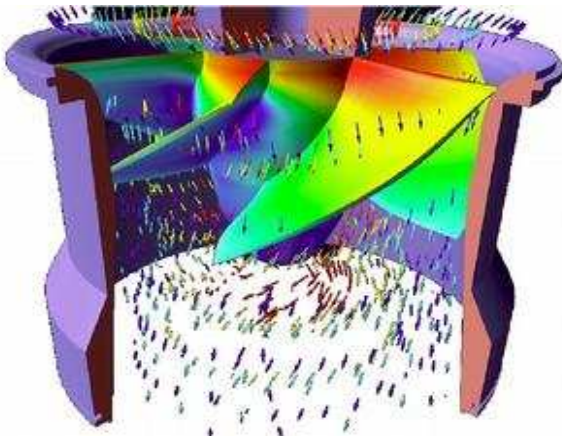
7.1.3. Kaplanova turbína

Jedná se o přetlakovou axiální turbínu, která umožňuje velký rozsah možností při regulaci. Tohoto jevu využíváme především v případech, kde je obtížné zajistit stálý průtok nebo spád.



Obr.5. ukázka tvaru lopatek Kaplanovy turbíny [23]

Turbínu vynalezl profesor brněnské techniky Viktor Kaplan. Od svého předchůdce, Francisovy turbíny, se liší především menším počtem lopatek, tvarem oběžného kola a možností regulace náklonu lopatek jak u oběžného, tak i rozváděcího kola. Bylo dosaženo vyšší účinnosti než u Francisovy turbíny. Na druhou stranu je ale výrazně složitější a dražší na realizaci. Používá se pro spády od 1 do 70,5 m, který je použit na vodní elektrárně na Orlicku. Největší hltnost na světě mají Kaplanovy turbíny na vodní elektrárně Gabčíkovo na Dunaji a to až 636 m³/s, při spádu 12,88 – 24,20 m. Obecně se dá říci, že se používá především při velkých průtocích a malých spádech, které nejsou konstantní.

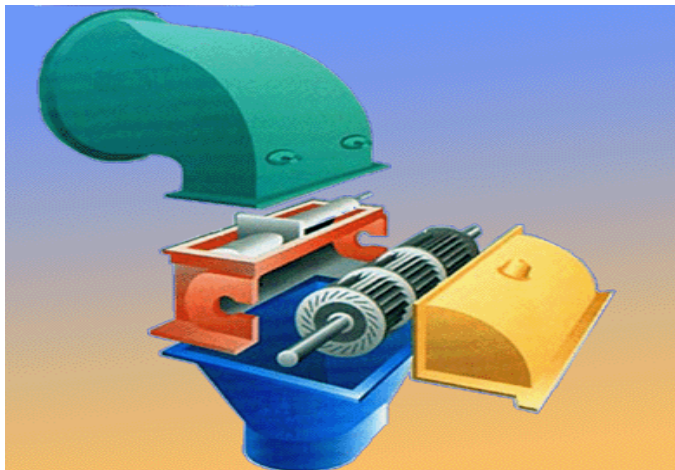


Obr.6. Kaplanova turbína - popis proudění vody kolem lopatek oběžného kola [24]

Kaplan jako první vzal při teoretickém návrhu turbíny v úvahu vazkost vody. V letech 1910-1912 proto navrhl na základě svých úvah nový tvar oběžného kola. První prototyp Kaplanovy turbíny byl vyroben brněnskou firmou Ignác Storek v r. 1919. Po zkouškách se ukázalo, že turbína dosahuje vynikající mechanické účinnosti až 86%. Další prototyp byl úspěšně vyzkoušen v poděbradské elektrárně. Později, když se Kaplanovým žákům podařilo vyřešit i problémy s kavitací, se tato turbína stala nejvýznamnějším typem turbíny užívaným ve velkých vodních elektrárnách po celém světě.

7.1.4. Bánkiho turbína

Bánkiho turbína je jednoduchá rovnotlaká vodní turbína. Zvláštní na konstrukci této turbíny je, že lopatky oběžného kola jsou obtékány ve dvou směrech. Vynalezl ji Donát Bánky v roce 1917. Ve většině případů je využívána v malých vodních elektrárnách.



Obr.7. jednoduché schéma zapojení Bánkiho turbíny [19]

Oběžné kolo turbíny je tvořeno dvěma kruhovými deskami, mezi nimiž jsou jednoduché lopatky, které připomínají mlýnské kolo. Kolo je uloženo ve skříni, z níž z jedné strany přitéká usměrněný proud vody. Voda přes lopatky vtéká dovnitř kola a odtud opět přes lopatky vytéká na druhé straně skříně ven. Při každém průtoku lopatkami odevzdává část své energie. Tento typ turbíny je pro svou konstrukční jednoduchost oblíben u malých vodních elektráren, kde by konstrukce dokonalejších (a tím i dražších) typů turbín nebyla ekonomická. Její energetická účinnost dosahuje 70 – 85%.

8. Vodní elektrárna HC 1. v Podhradí

8.1. Popis objektu HC 1.

Elektrárna je umístěn na pravém břehu řeky Moravice v Podhradí. Objekt byl projektován na konci padesátých let Hydroprojektem Brno na zakázku Ředitelství výstavby, rozvoje a správy vodohospodářských děl. Výstavba proběhla na začátku šedesátých let a hned po jejím dokončení byla po kontrole a odzkoušení uvedena do provozu. Voda byla využívána nejdříve z vodního díla (dále jen VD) Kružberk. V devadesátých letech proběhla výstavba také VD Slezská Harta. Obě dvě díla na sebe navazují a regulují průtok v řece. Voda do elektrárny je dopravována v tlakové štole, která vede od VD Kružberk, až po komoru umístěnou na kopci nad objektem. Ta je tvořena vyrovnávací komorou, komorou koncových uzávěrů a přerušovací komorou. Z komory koncových uzávěrů je už voda vedena potrubím směrem k turbíně elektrárny.

8.2. Popis strojního zařízení

Rozdělení strojního zařízení podle funkčních skupin na Francisovu turbínu, závěsné ložisko, kulové šoupátko, rozvod kulového šoupátka, vyčerpání prosáklé vody, chladicí souprava, vyčerpání vody ze sacích trub, brzda, automatická hydraulická regulace otáček.

8.2.1. Francisova turbína

V elektrárně je instalována Francisova turbína typu F 25, která je přizpůsobena pro přímá spojení s generátorem. Je konstruována na následující parametry: spád $H = 71\text{--}53$ m, množství vody $Q = 7$ m³/s, maximální výkon $N = 4380$ kW, otáčky normální $n = 600$ ot/min, otáčky průběžné $n_p = 1225$ ot/s, průměr oběžného kola je 1000 mm a směr točení je vlevo.

Turbína je sestavena z těchto hlavních komponentů:

- a. Spirála - je provedena jako svařovaná s lopatkovým kruhem. Přivádí rovnoměrně vodu po obvodě přes rozváděcí lopatky na oběžné kolo.
- b. Oběžné kolo - odjímá protékající vodě pohybovou energii, přenáší ji přes hřídel na rotor generátoru a soustrojí se tímto uvádí do pohybu. Oběžné kolo je z kvalitní nerez oceli, zaručující odolnost proti kavitaci. Těsnění sper je provedeno vyměnitelnými labyrinty. Montáž oběžného kola se provádí spodem.
- c. Sací trouba - je provedena svařovaná. Konstrukce je řešena tak, aby bylo možno montovat oběžné kolo spodem. Sací trouba je opatřena v jednom dílu průlezem. Ten slouží k částečné kontrole oběžného kola.
- d. Rozváděcí ústrojí - reguluje a usměrňuje průtok vody ze spirály na lopatky oběžného kola. Rozváděcí lopatky jsou otočně uloženy v pouzdrech nalisovaných v horním a spodním lopatkovém okruhu. Těsnění horních čepů rozváděcích lopatek je provedeno

- koženými manžetami. Voda, která prosákne přes manžety se odvádí do savky. Natáčení rozváděcích lopatek se uskutečňuje pomocí dvou servomotorů.
- e. Uhlíková ucpávka - zabraňuje pronikání vody z prostoru nad oběžným kolem a horním lopatkovým okruhem kolem turbínové hřídele.
 - f. Vodící tělísko - je umístěno nad uhlíkovou ucpávkou a střední hřídel s oběžným kolem. V tělese ložiska je umístěna dvoudílná pánev s výstelkou.
 - g. Náhon a trubkování hydraulického roztěžníku - hydraulický roztěžník umístěný na víku, je poháněn ozubenými koly. Ozubené kolo je spojeno s kruhem šrouby. Kruh slouží k zavěšení hřídele s oběžným kolem na vodící ložisko při montáži.
 - h. Zavzdušnění oběžného kola - za oběžným kolem se při menších průtocích tvoří nestabilní dutiny. Ty se projevují jako rázy v sací troubě. Odstraňují se tím, že se prostor kolem hrotu oběžného kola při takových průtocích zavzdušňuje. Těleso ventilu je přišroubováno k turbínové hřídeli.
 - i. Hřídel turbíny - je upravena pro přímé spojení s hřídelem generátoru. Ve spojení s generátorem jsou provedeny držáky, kterými se reguluje přívod vzduchu pro zavzdušnění oběžného kola. Hřídel turbíny je vratná, stejně jako hřídel generátoru. Dutou hřídelí se přivádí vzduch k oběžnému kolu a dále se využívá vrtání hřídele k provlečení lan při montáži oběžného kola spodem.
 - j. Mazání vodícího ložiska - olej pro mazání se vyčerpává z olejové nádrže dvěma čerpadly s elektromotory a tlačí se společným výtlačným potrubím přes proudoznak do vodícího ložiska. Výtlačné potrubí je uzavíráno ventilem a je opatřeno optickým proudoznakem. Olej, který projde ložiskem se odvádí zpět do olejové nádrže.
 - k. Mazání uhlíkové ucpávky - se provádí ruční tlakovou maznicí. Mazací tuk se tlačí otáčením kolečka maznice potrubím do spodní části tělesa uhlíkové ucpávky. Zde je strháván vodou, maže uhlíkové ucpávky a tím snižuje jejich opotřebení.
 - l. Potrubí prosáklé vody - voda, která prosákne uhlíkovou ucpávkou se shromažďuje v prostoru horního lopatkového okruhu. Odtud odtéka otvory lopatkového okruhu do potrubí, které je zašroubováno do lopatkového kruhu spirály.
 - m. Chlazení ucpávky a labyrintů - při provozu, kdy kolo není zahlceno vodou, je nutno přivádět vodu do spodního a horního labyrintu do uhlíkové ucpávky. Odběr chladicí vody pro ucpávku a horní labyrint se provádí z hlavního potrubí chladicí vody přes kontaktní proudoznak a z potrubí za proudoznakem se odebírání voda pro spodní labyrint.
 - n. Vyčerpání prosáklého oleje - prosáklý olej se odvádí do nádrže prosáklého oleje. Tam je přiváděn ze servomotorů, kulového šoupátka a brzd. Odtud se čerpadlem vyčerpává do nádrže čerpacího agregátu regulátoru. Hladinu oleje v nádrži sleduje plovák, který funguje jako přepínač a tím spouští nebo zastavuje elektromotor čerpadla.

8.2.2. Závěsné ložisko

Závěsné ložisko je provedeno jako radiální se samočerpacím olejovým mazacím systémem. Axiální část závěsného ložiska slouží k zachycení hydraulického tahu a váhy všech rotujících částí stroje. Skládá se z rotující a stojící části. Do rotační patří unášecí hlava s ocelovým běhounem, která je nasunuta a naklínována pery generátorovému hřídeli. Axiální síly z hřídele na unášecí hlavu přenáší dvoudílný nosný kruh umístěný v zápichu hřídele. Stojící část axiálního ložiska se skládá z dvanácti segmentů, které jsou podepřeny na mezikruhovém pružném plechu. Odpružení plechu a podložky umožňují rovnoměrné rozložení axiálního zatížení na všechny segmenty. Radiální část ložiska tvoří šest segmentů, které mají rovněž kluznou plochu vylitou komposicí. Rotující část vodícího ložiska tvoří povrch unášecí hlavy. Obě ložiska jsou ponořena v olejové lázni, jejíž nádrž tvoří skříň závěsné konstrukce.

8.2.3. Kulové šoupátko

Kulové šoupátko je uzávěr umístěný před spirálou v přívodním potrubí, který uzavírá přívod vody k turbíně při každém odstavení soustrojí. Kulové šoupátko je tvořeno tělesem kulového tvaru a víkem. Uzávěr je řešen uzavírací deskou, která je tlakem vody přitlačována na těsnící kruh ve víku kulového šoupátka. Uzavírací deska je uložena ve vnitřním otočném tělese s přišroubovanými čepy. Natáčení otočného tělesa se provádí hydraulickým rotačním servomotorem. V otevřené poloze je závěsná deska nahoře a otočné těleso tvoří pokračování potrubí, čímž nenastává žádné narušení průtočného průřezu.

8.2.4. Rozvod kulového šoupátka

Rozvod je vytvořen systémem šoupatěk, které vzájemným blokováním zaručují žádanou akci pochodů. Otvírání a uzavírání se uskutečňuje pomocí sepnutí tlakového spínače, rotačního servomotoru, rozvodného a membránového šoupatka. Pomocí těchto komponentů se kulové šoupátko otevírá a uzavírá po dobu asi padesáti sekund.

8.2.5. Vyčerpání prosáklé vody

Jímka prosáklé vody je umístěna v nejnižším místě suterénu vodní elektrárny. Prosáklá voda z této jímky se vyčerpává samočinně dvěma elektrickými čerpadly. Hladinu prosáklé vody v jímce sleduje plovákové spínací zařízení, které zapíná a vypíná čerpadla. Jímka prosáklé vody je přístupna průlezem, který je zakryt krytem.

8.2.6. Chladicí souprava

Tlaková chladicí voda je odebírána z příváděcího turbínového potrubí před kulovým šoupatkem. Je uzavíráno jednak ručním šoupatkem a jednak hydraulickým ventilem. Dále pak jde přes filtry a rozvádí se pro chlazení ložiska závěsu, horního a dolního ložiska generátoru, do chladiče v nádrži čerpacího agregátu a pro chlazení turbíny při kompenzačním provozu. Potřebné množství vody se dá nastavit ručním šoupatkem před každým spotřebičem podle potřeby provozu.

8.2.7. Vyčerpání vody ze sacích trub

Voda ze sací trouby se vypustí vypouštěcím potrubím přes šoupatko do jímky, v níž se nachází čerpadlo, které vodu vyčerpá. Šoupatko a čerpadlo jsou přístupné průlezem, který je opatřen krytem.

8.2.8. Brzda s příslušenstvím

K zabrzdění slouží čtyři brzdy, které tlakem pístu, který je opatřen třecí deskou, brzdí na rotor generátoru. Píst brzdy se pohybuje v tělese brzdy. Pod něj je přiváděn tlakový olej. Odbrzdění se děje po klesnutí tlaku pod pístem, tahem pružiny. Prosáklý olej přes manžety se odvádí do nádrže prosáklého oleje. Na tělese brzdy je umístěn koncový spínač, který signalizuje zabrzděnou a odbrzděnou polohu.

8.2.9. Automatická hydraulická regulace otáček

Automatická hydraulická regulace otáček se sestává z těchto komponent:

- a. Hydraulický roztěžník - měří otáčky regulovaného stroje.
- b. Pultový regulátor s rozvodem rozváděcího kola
- c. Čerpací agregát regulátoru - slouží k akumulaci takového množství tlakového oleje, aby regulátor mohl vykonávat bezpečně svoji funkci.
- d. Servomotory rozváděcího kola - pomocí servomotoru natáčíme regulačním kruhem a přes soustavu pák otevíráme rozváděcí lopatky turbíny.
- e. Vratné vedení rozváděcího kola - přivádí vodorovný pohyb pístu přes soustavu pák a táhel na páku vratného vedení v regulátoru. Při pohybu servomotoru vrací vratné šoupátko rozváděcího kola do střední polohy.
- f. Trubkování regulace - jde o regulační obvod potrubí, světlosti potrubí, rozmístění šoupátek a ventilů.

9. Přepočet stávající MVE

Hodnoty stávajících zařízení: - maximální výkon turbíny $N = 4380 \text{ kW}$

- maximální výkon generátoru $N_{\text{max.gen.}} = 4200 \text{ kW}$

9.1. Maximální teoretický výkon elektrárny

$$P_{\text{max}} = Q_{\text{max}} \cdot H_{\text{max}} \cdot \rho_{H_2O} \cdot g \quad [kW]$$

$$P_{\text{max}} = 7 \cdot 71 \cdot 998 \cdot 9,81 = 4865818,86 \text{ W} = 4866 \text{ kW}$$

P_{max} ...maximální teoretický výkon elektrárny $[kW]$

Q_{max} ...maximální průtok vody $[m^3 \cdot s^{-1}]$

H_{max} ...maximální spád $[m]$

ρ_{H_2O} ...hustota vody $[kg \cdot m^{-3}]$

g ...gravitační zrychlení $[m \cdot s^{-2}]$

9.2. Výpočet maximální účinnosti turbíny

$$\eta_{\text{tur.max.}} = \frac{N}{P_{\text{max}}} = \frac{4380}{4866} = 0,900123 = 0,90 = 90,0\%$$

$\eta_{tur.max.}$... maximální účinnost turbíny [%]

N ... maximální výkon turbíny [kW]

P_{max} ... maximální teoretický výkon elektrárny [kW]

9.3. Výpočet účinnosti generátoru

$$\eta_{gen} = \frac{N_{max.gen.}}{N} = \frac{4200}{4380} = 0,958904 = 0,96 = 96,0\%$$

η_{gen} ... účinnost generátoru [%]

$N_{max.gen.}$... maximální výkon generátoru [kW]

N ... maximální výkon turbíny [kW]

9.4. Výpočet výkonů turbíny a výkonů generátoru při garantovaných průtocích a účinnostech turbíny

Výpočet pro 100% průtoku $Q = 7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$:

$$P_{tur} = Q_{100\%} \cdot H \cdot \rho_{H_2O} \cdot g \cdot \eta_{tur} \quad [kW]$$

$$P_{max} = 7 \cdot 71 \cdot 998 \cdot 9,81 \cdot 0,90 = 4379236,9 \text{ W} = 4380 \text{ kW}$$

$$P_{el} = P_{el} \cdot \eta_{gen} = 4380 \cdot 0,96 = 4200 \text{ kW}$$

P_{tur} ... výkon turbíny [kW]

$Q_{100\%}$... průtok vody [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

H ... spád [m]

ρ_{H_2O} ... hustota vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

g ... gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

η_{tur} ... účinnost turbíny [%]

P_{el} ... elektrický výkon [kW]

η_{gen} ... účinnost generátoru [%]

Tabulka výkonu turbíny a elektrického výkonu při 100% Q a spádech 71 m, 62 m a 53 m.

Spád	Účinnost turbíny	Výkon turbíny	Elektrický výkon
H [m]	η_{tur} [%]	P_{tur} [kW]	P_{el} [kW]
71	90,0	4379,2	4200,0
62	90,0	3824,1	3671,1
53	88,5	3214,5	3085,9

Tabulka výkonu turbíny a elektrického výkonu při 75% Q a spádech 71 m, 62 m a 53 m.

Spád	Účinnost turbíny	Výkon turbíny	Elektrický výkon
H [m]	η_{tur} [%]	P_{tur} [kW]	P_{el} [kW]
71	86,0	3138,4	3012,9
62	87,0	2772,5	2661,6
53	87,5	2383,6	2288,3

Tabulka výkonu turbíny a elektrického výkonu při 50% Q a spádech 71 m, 62 m a 53 m.

Spád	Účinnost turbíny	Výkon turbíny	Elektrický výkon
H [m]	η_{tur} [%]	P_{tur} [kW]	P_{el} [kW]
71	75,0	1824,7	1751,7
62	77,0	1635,9	1570,4
53	78,5	1425,6	1368,6

10. Spotřeba vody a vyrobená elektrická energie

Spotřeba vody, vyrobená energie a provozní hodiny v průběhu roku stanovené podle měsíců v roce. Byl vybrán rok 2001, kdy bylo vyrobeno nejvíce elektrické energie a rok 2007, jakožto poslední zaznamenaný celoročně.

Tabulka provozních hodin, spotřeby vody a vyrobené elektrické energie za rok 2001.

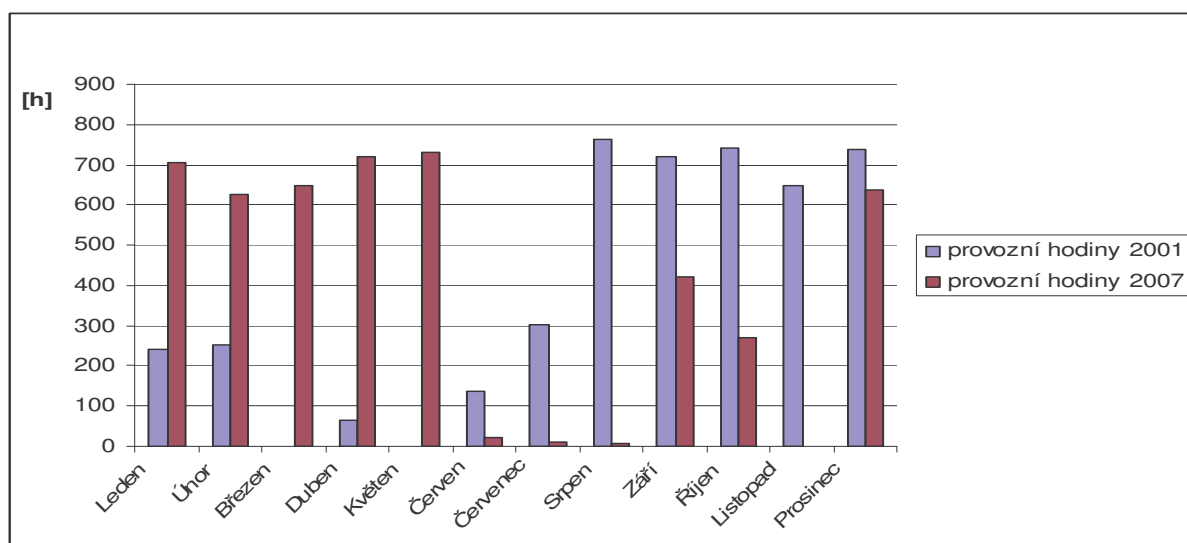
Měsíce v roce	Provozní hodiny	Vyrobena energie	Spotřeba vody
-	[h]	[kWh]	[m ³]
Leden	240	476 400	3 610 000
Únor	252	381 000	2 856 000
Březen	0	0	0
Duben	64	76 800	578 000
Květen	0	0	0
Červen	138	249 600	1 878 000
Červenec	302	2 047 800	7 053 000
Srpen	762	3 712 200	12 226 000

Září	720	2 100 000	15 924 000
Říjen	743	1 915 200	14 535 000
Listopad	647	1 266 000	9 610 000
Prosinec	739	1 007 400	7 647 000

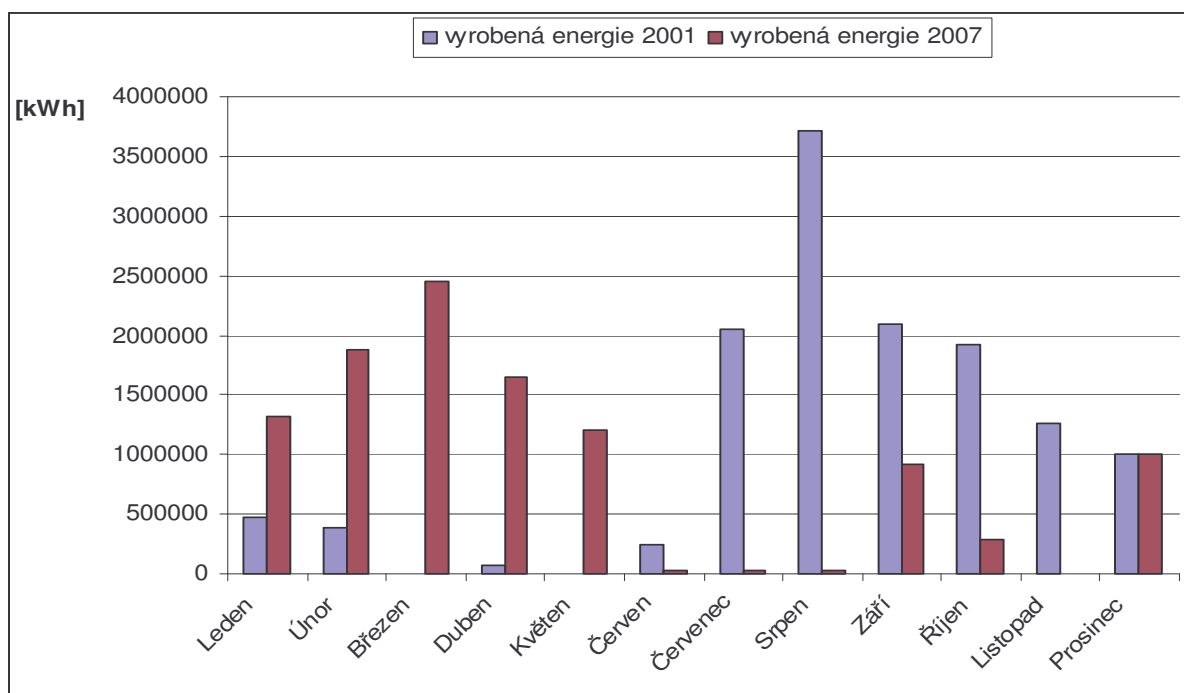
Tabulka provozních hodin, spotřeby vody a vyrobené elektrické energie za rok 2007.

Měsíce v roce	Provozní hodiny	Vyrobená energie	Spotřeba vody
-	[h]	[kWh]	[m ³]
Leden	706	1 310 934	8 282 000
Únor	626	1 872 200	14 268 000
Březen	648	2 458 439	18 803 000
Duben	720	1 654 642	12 700 000
Květen	731	1 205 606	9 290 000
Červen	22	25 353	192 000
Červenec	12	33 206	253 000
Srpen	6	33 011	225 000
Září	422	920 611	6 967 000
Říjen	269	285 412	2 150 000
Listopad	0	0	0
Prosinec	638	1 006 750	7 649 000

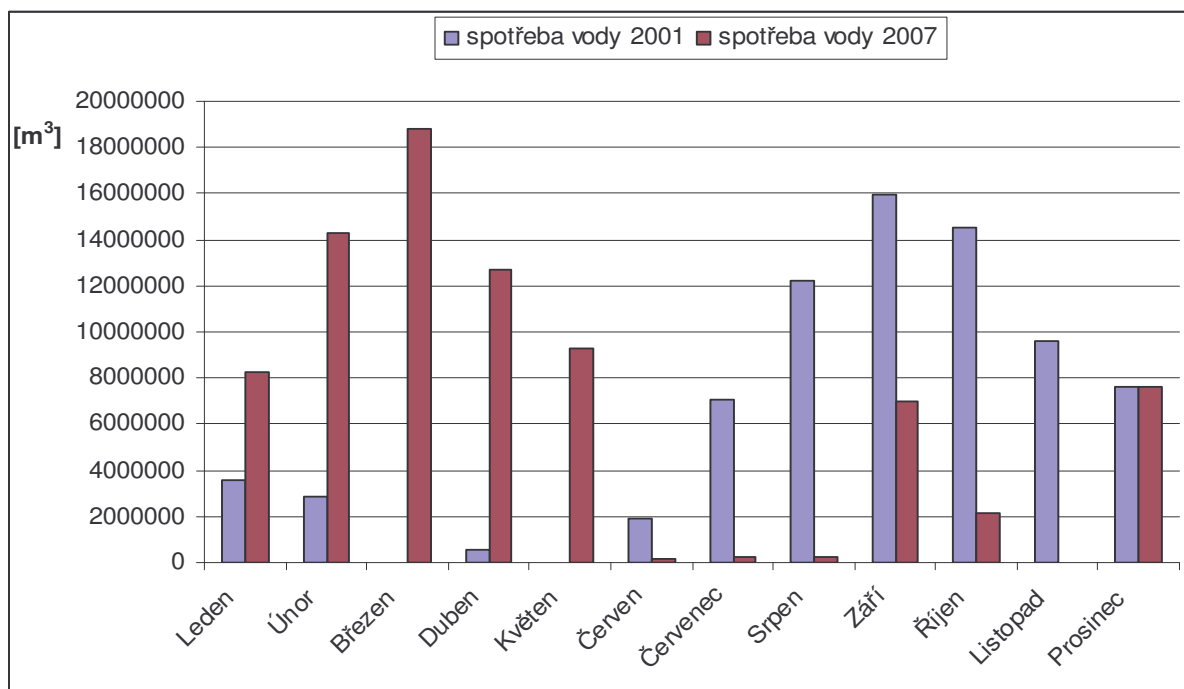
Graf provozních hodin za rok 2001 a 2007.



Graf vyrobené elektrické energie za rok 2001 a 2007.



Graf spotřeby vody za rok 2001 a 2007.



Z výše uvedených hodnot je patrné, že nejdůležitějším faktorem je průtok vody a od něj se pak odvíjí provozní hodiny a tím i vyrobené energie. Samotný průtok vody se reguluje podle hladiny v přehradě VD Kružberk. V letních měsících roku 2007 je průtok ovlivněn provozem rekreačního zařízení v blízkosti objektu elektrárny. Zbývající větší odchylky ve výrobě byly způsobeny odstávkou zařízení z důvodů revizí, kontrol a drobných oprav zařízení.

11. Výpočet zisku z vyrobené energie za rok 2007

K výpočtu ročního zisku je třeba znát výkupní ceny elektrické energie, která se vztahuje pro vodní díla. Tuto cenu určuje Energetický regulační úřad pro elektrickou energii dodanou do sítě pro malé vodní elektrárny.

Cenového rozhodnutí ERÚ 7/2007 pro výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů je stanovena:

a. jednotnou tarifní sazbou 1730 Kč/ MWh.

b. dvoutarifním pásmem s těmito podmínkami:

- pásmo vysokého tarifu (dále jen "VT") - pásmo stanovené provozovatelem distribuční soustavy v délce 8 hodin denně za cenu 2 700 Kč/ MWh.

- pásmo nízkého tarifu (dále je "NT") - platí v době mimo pásmo platnosti VT. V době nízkého tarifu je energie účtována za cenu 1 250 Kč/ MWh.

11.1. Výpočet zisku v roce 2007 za měsíc leden

a. jednotná tarifní sazba

Je zde počítáno s jednotným tarifní sazbou a cena podle ERÚ stanovena na 1730 Kč/ MWh. Za měsíc leden je 706 provozních hodin. Za měsíc leden bylo vyrobeno 1 310 934 kWh.

$$ZC = P_m \cdot v_{C_{JT}} = 1310,9 \cdot 1730 = \underline{2\,267\,857\,Kč}$$

P_m ...vyrobená energie za měsíc leden [MWh]

$v_{C_{JT}}$...výkupní cena pro jednotnou tarifní sazbu [Kč/MWh]

ZC_{JT} ...celkový zisk za měsíc leden pro jednotnou tarifní sazbu [Kč]

b. dvoutarifní pásmo

Je zde počítáno s dvoutarifním pásmem VT a NT. Za měsíc leden je 706 provozních hodin, což je 23 hodin provozu za den. Z 23 hodin je využito 8 hodin pro VT a 15 hodin pro NT. Za měsíc leden bylo vyrobeno 1 310 934 kWh, z toho vychází 1,85 MWh aktuálního výkonu.

Zisk v VT:

$$VT = P_{ak} \cdot n_{VTh} \cdot n_d \cdot v_{C_{VT}} = 1,85 \cdot 8 \cdot 31 \cdot 2700 = 1\,243\,312,5\,Kč$$

Zisk v NT:

$$NT = P_{ak} \cdot n_{NTh} \cdot n_d \cdot v_{C_{NT}} = 1,85 \cdot 15 \cdot 31 \cdot 1250 = 1\,075\,312,5\,Kč$$

Zisk celkem:

$$ZC_{DP} = VT + NT = 1\,243\,312,5 + 1\,075\,312,5 = \underline{2\,318\,625\,Kč}$$

P_{ak} ...aktuální výkon [MWh]

n_{VTh} ...počet hodin v VT [h]

n_{NT} ...počet hodin v NT [h]

n_d ...počet dnů v měsíci [den]

VC_{VT} ...výkupní cena v VT [Kč/MWh]

VC_{NT} ...výkupní cena v NT [Kč/MWh]

ZC_{DP} ...celkový zisk za měsíc leden pro dvoutarifní pásmo[Kč]

Z výpočtu vyplývá, že se provozovateli vyplatí dvoutarifní pásmo. V ostatních měsících je postup výpočtu shodný jako za měsíc leden.

Tabulka zisků v jednotlivých měsících za rok 2007.

Měsíce v roce	Zisk v VT	Zisk v NT	Celkový zisk v daném měsíci
-	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Leden	1 243 312,5	1 075 312,5	2 318 625
Únor	1 808 352	1 465 100	3 273 452
Březen	2 544 480	1 914 250	4 458 730
Duben	1 490 400	1 380 000	2 870 400
Květen	1 104 840	991 031,25	2 095 871,25
Červen	68 310	0	68 310
Červenec	89 424	0	89 424
Srpen	89 100	0	89 100
Září	1 412 640	490 500	1 903 140
Říjen	709 776	20 537,5	703 313,5
Listopad	0	0	0
Prosinec	1 057 968	765 312,5	1 823 280,5
Celkem za rok 2007	11 618 602,5	8 102 043,75	19 720 646,25

Z výpočtu je patrné, že stávající zařízení pracuje velice dobře a pokud je zajištěn dostatečný průtok vody tak i zisky z jeho provozování pokryjí jak provoz, tak i revize, kontroly a případně i opravu. Zařízení může pracovat za stávajících podmínek ještě několik desítek let s velkou účinností. Investice do nového zařízení se nevyplatí, jelikož instalovaná turbína má velmi dobrou účinnost a zisk z jejího provozování je dostatečný.

12. Závěr

Potenciál vodní energie je využíván po celém světě, jelikož se dá velmi dobře a účinně přeměnit na žádanou elektřinu. To probíhá za využití široké škály velikostí a typu vodních děl. Mezi takoveto typy vodní děl patří i malé vodní elektrárny. Návrh zařízení MVE je specifický úkol a zahrnuje mnoho kritérií pro vlastní realizaci. Kritéria jsou různá, od výběru dané lokality, jejímu hydroenergetickému potenciálu, či množství na typu nečistot ve vodním toku. Nebo samotným objektem elektrárny a typům jednotlivých použitých zařízení. Důležité jsou také ekologická rizika, která mohou nastat výstavbou nebo samotným provozem zařízení a tím i nežádoucím zásahu do okolní krajiny. V další části práce byl vysvětlen pojem MVE, jejich rozdělení a to z hlediska velikosti výkonu, konstrukcí, uspořádání, zařízení na MVE, součásti soustrojí a objekty interní a externí pro samotný provoz i zařazení do elektrického systému. Byl obecně vysvětlen pojem turbína. Základní rešerše, směr průtoku, používané pracovní látky, energetický spád a jeho využití. Zvlášť kapitola zahrnuje vodní turbíny, které nejčastěji nacházejí uplatnění na vodních elektrárnách. Byl popsán průtok vody a hlavní rozdíly mezi jednotlivými typy turbín, jejich výkonové využití, spád, regulace a něco k historii vynalezení a vývoje.

Hlavní část práce se zabývá objektem HC1 v Podhradí. MVE je vybudována na pravém břehu řeky Moravice, která spadá pod povodí řeky Odry. Voda je do objektu přiváděna z vodního díla Kružberk pomocí tlakové štolky a posléze spádovým potrubím přiváděna na turbínu. V MVE je instalována Francisova turbína typ F 25. Parametry turbíny i jejich částí jsou podrobně popsány. Dále jsou popsány i ostatní členy strojního zařízení. V nadcházející části je výpočet MVE zahrnující maximální teoretický výkon elektrárny, účinnost turbíny a generátoru a následně výkon turbíny a generátoru při různých průtocích vody a garantovaných účinnostech turbíny a zvolených spádech. Spotřeba vody, vyrobená energie a provozní hodiny v průběhu let 2001 a 2007 byly pro přehlednost seřazeny podle měsíců v roce zapsány do tabulek a zpracovány do grafů. V poslední části se spočítal zisk za jednotlivé měsíce a celý rok 2007 z vyrobené energie. Bylo použito cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu 7/2007 pro vodní elektrárny a počítáno podle provozních hodin do pásma vysokého tarifu a pásma nízkého tarifu. Z výpočtu je patrné, že stávající zařízení pracuje optimálně a jeho využití závisí na množství průtoku vody během roku. Zařízení, pokud budou dodrženy veškeré kontroly a revize může pracovat za stávajících podmínek ještě několik desítek let s velkou účinností. Z toho vyplývá, že investice do nového zařízení se nevyplatí, jelikož instalovaná turbína má velmi dobrou účinnost a zisk z jejího provozování je dostatečný. Z těchto uvedených premis mohou konstatovat, že úkoly dané v zadání pro MVE v dané lokalitě byly splněny.

Literatura:

- [1] Co chcete vědět o malých vodních elektrárnách. České energetické závody. Ing. Matouš Ferdinand, vedoucí redakční rady
- [2] Malé vodní elektrárny. J, Melichar
- [3] Vodní elektrárna - Technická zpráva. R, Janíček
- [4] Strojně hydraulické části - Vlastní spotřeba. R, Janíček
- [5] Ekologický audit – Severomoravské energetické závody, s.p. RNDr. R, Pipek a RNDr. J, Pytlíček
- [6] Manipulační řád vodohospodářské soustavy povodí Odry. Hc. Kružberk 1.
- [7] Povodí Odry - Manipulační řád. Hc. Kružberk 1.
- [8] Strojní zařízení - Technická dokumentace. Hc. Kružberk 1.
- [9] Vodní turbíny. V, Kudělka

Užité internetové odkazy:

- [10] <http://cs.wikipedia.org>
- [11] <http://www.alternativni-zdroje.cz>
- [12] <http://www.energetik.cz>
- [13] <http://www.simopt.cz/energyweb/>
- [14] <http://www.energetika.cz>
- [15] http://www.ekowatt.cz/obnovitelne_zdroje_energie
- [16] <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/vodni-energie>
- [17] <http://www.elektrarny.xf.cz>
- [18] <http://mve.energetika.cz/>
- [19] <http://members.tripod.com>
- [20] <http://www.eere.energy.gov>
- [21] <http://www.capture3d.com>
- [22] <http://www.uni-stuttgart.de>
- [23] <http://graphics.ethz.ch>
- [24] <http://powerelectrical.blogspot.com>

Přílohy:

- [výkres] Podélný řez strojovnou
- [výkres] Sestavení turbína