

## 7.2. PARNÍ TURBÍNY

Parní turbíny jsou rotační lopatkové stroje, v nichž se tepelná energie páry mění v mechanickou energii.

Použití - k pohonu elektrických generátorů, k pohonu čerpadel, turbokompresorů, turbodmýchadel apod.

### 7.2.1. ROZDĚLENÍ A ZÁKLADNÍ DRUHY PARNÍCH TURBÍN

a) Podle tlakové energie v oběžném kole

- rovnotlaké - tlak páry je před oběžným kolem a za ním stejný
- přetlakové - tlak páry je před oběžným kolem větší než za ním
- kombinované - v jednom stroji je rovnotlaké i přetlakové olopatkování

b) Podle tlaku vstupní páry

- Vysokotlakové
- středotlakové
- nízkotlakové

c) Podle počtu pracovních stupňů

- jednostupňové
- vícestupňové

d) Podle směru proudění páry

- radiální
- axiální

#### PODSTATA A PRÁCE PARNÍCH TURBÍN

Z parního kotle se vede pára do rozváděcího ústrojí parní turbíny v něm expanduje a tepelná energie páry se mění v energii pohybovou. Pára nabývá rychlosti, se kterou vstupuje do oběžného lopatkového kola. Pára tlačí na lopatky oběžného kola a ta koná mechanickou práci.

Práce za jednotku času je výkon turbíny.

#### a) ROVNOTLAKÉ PARNÍ TURBÍNY

a) Lavalova turbína s jedním tlakovým stupněm

Expanze páry nastává pouze v rozváděcím zařízení (kole). Rychlost  $c$  prudce stoupne tlak naopak vzhledem k rozšíření dýz klesne .

V oběžném kole zůstává tlak stejný, stejná musí zůstat i relativní rychlost, ale absolutní rychlost prudce klesá.

Původní Lavalova turbína měla průměr 250 mm, rychlost páry  $30 \text{ ms}^{-1}$  30 000 ot/min. Tato turbína se dosud používá pro lodní pohon.

b) Curtisova parní turbína /rovnotlaká/

Jedná se o turbínu s jedním tlakovým stupněm a dvěma rychlostními stupni.

Pára vytéká velkou rychlostí z trysky na lopatky oběžného kola. Ve vratných lopatkách mění svůj směr a její rychlost postupně klesá. Tlak páry se v oběžných kolech nemění.

c) ROVNOTLAKÁ TURBÍNA S NĚKOLIKA TLAKOVÝMI STUPNI

Turbína má rozšířené kanály, pára nevyexpanduje najednou, ale v jednotlivých tlakových stupních.

Mezi stupni jsou tzv. dělicí stěny, ve kterých je uloženo rozváděcí ústrojí. Každý stupeň pracuje jako turbína s jedním tlakovým stupněm.

Nevýhodou je vysoký vstupní tlak páry.

d) PŘETLAKOVÁ PARNÍ TURBÍNA  
PARSONSOVA PARNÍ TURBÍNA

U přetlakové parní turbíny expanduje pára v rozváděcím i oběžném kole. Mezilopátkové kanály oběžného kola zmenšují svůj průřez, takže tlak páry klesá a její relativní rychlost roste. Rozváděcí zařízení je tvořeno věncem s lopatkami, kde mezilopátkové kanály se rovněž zužují, takže tlak opět klesá a roste rychlost páry.

Představitelem přetlakových parních turbín je turbína PARSONSOVA, která se nevyznačuje velkým počtem stupňů (obvykle 30-50 stupni).

e) KOMBINOVANÁ PARNÍ TURBÍNA

Nejčastěji se skládá z rovnotlaké Curtisovy turbíny a přetlakové parní turbíny.

## HLAVNÍ ČÁSTI PARNÍCH TURBÍN

**ROTOR** - vyrábí se jako hřídel s nasazenými oběžnými koly, nebo jako buben. Na obvodu kol nebo bubnu jsou vysoustruženy drážky pro upevnění oběžných lopatek. Celý rotor včetně lopatek musí být přesně staticky a dynamicky vyvážen.

Oběžné lopatky jsou upevněny v drážkách (malé lopatky se frézují, velké se čistě odlévají).

**SKŘÍŇ TURBÍNY** je dělena ve vodorovné rovině a spojena šrouby. Skříň je namáhána vnitřním přetlakem a teplotou páry, která je na vstupní straně podstatně vyšší než na výstupní.

**UCPÁVKY** - u parních turbín se používají ucpávky labyrintové, radiální vůle v ucpávkách bývá 0,4 až 0,8 mm.

**LOŽISKA** - rotor turbíny je uložen ve dvou radiálních a jednom axiálním ložisku. U malých strojů mohou být ložiska valivá, u větších a středních turbín se používají ložiska zásadně kluzná. Mazání ložisek je oběžné, tlakové. Teplota ložisek nesmí překročit teplotu 70°C.

**SPOJKY** - nejčastěji se používá pevné kotoučové spojky, méně často spojky zubové (jen pro vyrovnání axiální dilatace). Vyjmečně se používá *poddajných spojek*.

### 7.2.3. REGULACE PARNÍCH TURBÍN

a) *Regulace škrcením páry* - škrcením páry se snižuje tlak páry vstupující do parní turbíny. Zmenšuje se měrná energie páry, a tím i výkon parní turbíny.

Tento způsob regulace je nevhodný, protože škrcením se pára znehodnocuje, ale pro svou jednoduchost se používá u malých strojů.

b) *Regulace změnou hmotnostního průtoku páry* - je též nazývána jako kvantitativní regulace. Vzhledem ke své hospodárnosti se tato regulace používá u všech větších strojů. Vstup páry je řízen regulačními

ventily, které se při zatěžování parní turbíny postupně otevírají a při jejím odlehčování postupně uzavírají. Ventily jsou většinou ovládány prostřednictvím vačkového hřídele.

## 8. PLYNOVÉ TURBÍNY

### 8.1. PODSTATA, DRUHY A POUŽITÍ PLYNOVÝCH TURBÍN

Plynová turbína je motor s rotačním pohybem, který je poháněn plynem.

Vzduch stlačený turbokompresorem na 0,3 až 0,5 MPa se vede do spalovací komory, do které se palivovým čerpadlem vstříkují palivo např. olej, nafta aj. Jemně rozptýlené palivo hoří a jeho teplem se zvyšuje teplota stlačeného plynu až na 800°C i více. Tím vzroste i jeho tepelná energie, která se mění v plynové turbíně na mechanickou práci a odchází do ovzduší nebo k dalšímu použití.

K pohonu turbíny se používá koksárenský nebo kychtový plyn, popřípadě svítiplyn a stroj se nazývá plynová turbína, nebo se získává plyn spalováním tekutého paliva ve spalovací komoře - spalovací turbína. Nejpoužívanější kapalná paliva jsou mazut, olej, petrolej a benzín.

## DRUHY PLYNOVÝCH TURBÍN A JEJICH POUŽITÍ

Plynové turbíny podobně jako turbíny parní dělíme na:

- stejnotlaké (akční)
- přetlakové (reakční)
- kombinované

Podle proudění plynu na :

- radiální
- axiální

Podle polohy hřídele na:

- vodorovné a svislé

Podle použití:

- turbíny stabilní, lokomotivní, automobilní, lodní, letecké aj.

Plynová, popřípadě spalovací turbíny pracuje s otevřeným oběhem nebo uzavřeným oběhem.

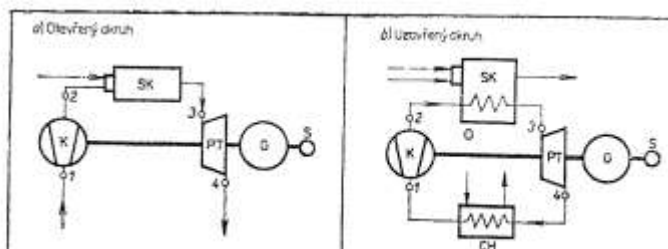
Spalovací turbína s otevřeným oběhem:

Je jednoduchá, avšak pracuje málo hospodárně, protože do ovzduší odchází plyn značně teplý a v něm uniká nevyužitá tepelná energie.

Spalovací turbína s uzavřeným oběhem

Dosahuje větší hospodárnosti než předcházející turbína, neboť kompresorem a turbínou obíhá stále týž čistý vzduch. Provoz i údržba jsou levnější než u otevřeného oběhu.

Porovnání otevřeného a uzavřeného okruhu plynové turbíny bez výměníku  
 PT — plynová turbína; K — turbokompresor; SK — spalovací komora;  
 O — ohřívák; CH — chladič; G — elektrický generátor; S — spouštěč



Dnes se nejčastěji používá plynových turbín pro pohon lodí, kde je malý prostor pro motory a požadují se velké výkony. Protože turbíny mají velký počet otáček, např. 150 až 350 s<sup>-1</sup>, mají malé rozměry.

Plynové se rovněž navrhují pro pohon lokomotiv, automobilů a letadel.

Jejich tepelná účinnost je dobrá, až 35%, problémem je materiál pro oběžné lopatky, který by odolával korozi a vysokým teplotám kolem 1000°C.

## VODNÍ TURBÍNY

ROZDĚLENÍ:

- Podle polohy hřídele - s vodorovným a svislým hřídelem
- Podle směru průtoku vody - axiální, radiální a tangenciální
- Podle tlaku v oběžném kole - stejnotlaké, přetlakové
- Podle spádu - nízkotlaké, středotlaké, vysokotlaké
- Podle rychloběžnosti - pomaloběžné, rychloběžné

### 4.3.1. PŘEHLED VODNÍCH TURBÍN

DRUH	Peltonova	Kaplanova	Francisova	Deriazova
SKUPINA	Rovnotlaká	Přetlaková	Přetlaková	Přetlaková
SPÁD	100-2000 m	1 - 75 m	1 - 500 m	40 - 120 m
OBJEM.				
PRUTOK	malý	velký	střední	střední

ÚČINNOST VODNÍCH TURBÍN		OTÁČKY TURBÍN	
PELTONOVA	- přes 90 %	PELTONOVA	- 4 až 70 l min. <sup>-1</sup>
KAPLANOVA	- přes 90 %	KAPLANOVA	- 300 až 1000 l min. <sup>-1</sup>
FRANCISOVA	- 80 až 90 %	FRANCISOVA	- 200 až 500 l min. <sup>-1</sup>

### 4.3.2. VODNÍ TURBÍNY

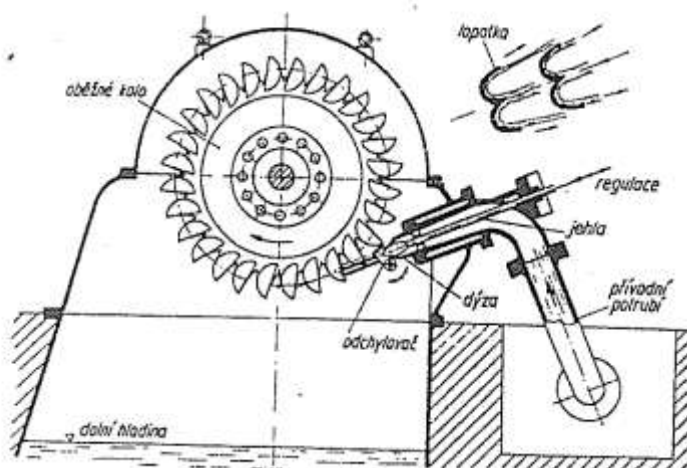
Jsou rotační lopatkové stroje, v nichž se potenciální energie vody mění v energii kinetickou a ta se dále převádí na energii mechanickou.

Podle polohy hřídele se vodní turbíny dělí na vertikální a horizontální. Hlavní částí turbíny je rozváděcí zařízení, které je tvořeno několika tryskami nebo rozváděcími lopatkami, které mohou být pevné nebo natáčecí.

Základní rozdělení vodních turbín je podle tlaku před oběžným kolem a za ním. Turbína rovnotlaká (akční) má tento tlak stejný, turbína přetlaková (reakční) má tlak před oběžným kolem větší než za ním. Dále se vodní turbíny dělí podle spádu, objemového průtoku, měrných otáček apod.

### 4.3.3. ROVNOTLAKÁ TURBÍNA

#### PELTONOVA TURBÍNA



Vznikla v roce 1880. Přívodním potrubím se vede proud vody dýzou na lopatky oběžného kola. Lopatky mají tvar dvojité lžice. Voda, která se rozráží o střední ostří, předává svou energii oběžnému kolu, roztáčí jej a vytéká ven.

Výtokový otvor dýzy můžeme přivírat regulační jehlou, kterou se řídí množství vytékající vody.

Peltonova turbína se staví většinou s vodorovným hřídelem, ale může být i s hřídelem svislým.

Oběžné kolo je buď odlité z jednoho kusu, nebo s příšroubovanými lopatkami.

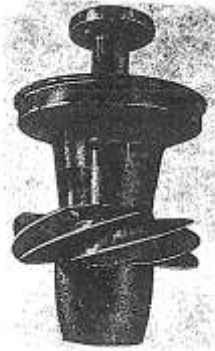
Rozměry Peltonových turbín jsou poměrně malé, maximální průměr oběžného kola bývá 3000 mm a výkon 150 MW (u nás se tyto turbíny nestaví). Tyto turbíny mají velmi dobrou účinnost.

#### 4.3.4. PŘETLAKOVÉ VODNÍ TURBÍNY

##### KAPLANOVA VODNÍ TURBÍNA

Kaplanova turbína je přetlakový vodní motor. Používá se pro malé spády 1 až 75 m. Rozváděcí i oběžné lopatky jsou natáčecí, takže voda vstupuje vždy na lopatku oběžného kola v tečném směru. Proto má Kaplanova turbína dobrou účinnost. Lopatky turbíny, které jsou namáhány odstředivými silami a tlakem proudící vody jsou přesně broušeny, aby tření vody o tyto lopatky bylo co nejmenší.

Regulace Kaplanovy turbíny se provádí změnou průtoku vody rozváděcími lopatkami. Současně se natáčejí i lopatky oběžné. Natáčení lopatek rozváděcích i oběžných je provedeno samostatným servomotorem. Lopatky vrtule se natáčejí regulační tyčí uvnitř



##### FRANCISOVA VODNÍ TURBÍNA

Výkon turbíny se reguluje natáčením rozváděcích lopatek, které řídí objemový průtok vody do oběžného kola. Při natáčení se mění i směr vody na vstupu do oběžného kola. Protože lopatky oběžného kola jsou pevné, není směr vstupující vody vždy tečný, a proto velmi často vznikají rázy. Účinnost Francisových turbín je dobrá jen při normálním průtoku a rychle klesá při jeho změně. Jejich konstrukce je však jednodušší než u Kaplanových turbín, proto jsou levnější.

Pro menší výkony se Francisovy turbíny stavějí s hřídelem horizontálním, pro větší výkony s hřídelem vertikálním.

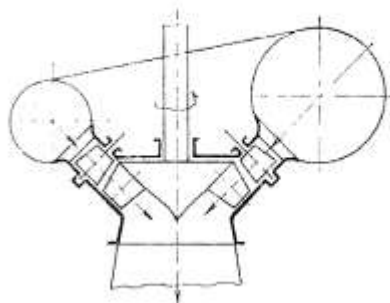
Oběžné kolo je složitý odlitek z oceli s profilovanými lopatkami, které jsou pravidelně rozděleny po obvodu. Materiál oběžného kola musí odolávat korozi, kavitaci i mechanickému poškození.



Oběžné kolo Francisovy turbíny.

U nás byly Francisovy turbíny použity např. na Lipně.

### DÉRIAZOVA TURBÍNA



Je to v podstatě přetlakový vodní motor, konstrukčně podobný Kaplanově turbíně, ale s diagonálním průtokem vody. Používá se pro střední spády. Výhodou je náboj velkého průměru na němž může být umístěno více lopatek, než má turbína Kaplanova,

### PROVOZ VODNÍCH TURBÍN

Rotory vodních turbín mají velkou hmotnost, což značně ovlivňuje jejich uvedení do činnosti.

Při rozběhu turbíny se nejdříve uvede v činnost mazání. Turbína se roztočí asi na 1/3 provozních otáček a měří se teplota ložisek. Posléze se zvýší otáčky až na provozní. Regulátor proti přetočení se seřídí tak, aby reagoval na zvýšení otáček o 6 až 10 % nad stanovenou hodnotu.

### MAZÁNÍ VODNÍCH TURBÍN

U vodních motorů se používá oběhové tlakové mazání. Ložiska turbíny musí být mazána i při dobíhání nebo při poruše čerpadla.