

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ELKTROMECHANIKY A VÝKNOVÉ ELEKTRONIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Paroplynová elektrárna

vedoucí práce: ing. Miroslav Šafařík
autor: Jan Maršal

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan MARŠAL**
Osobní číslo: **E09B0062P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Paroplynová elektrárna**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s problematikou paroplynové elektrárny a jejího využití v České republice a ve světě.
2. Popište princip paroplynového cyklu.
3. Uveďte paroplynové elektrárny v ČR + jejich technické parametry.
4. Porovnejte paroplynové elektrárny s klasickými elektrárnami z hlediska technických parametrů, účinnosti a dopadu na životní prostředí.
5. Zhodnoťte využití paroplynových elektráren v ČR, ve světě a možnosti jejich budoucího rozvoje.



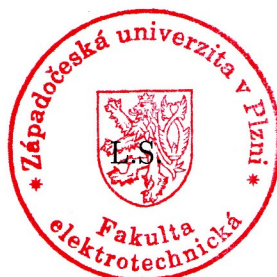
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

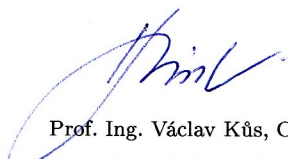
1. Internetové podklady

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Šafařík**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Tato práce je zaměřena na problematiku paroplynových elektráren a je zpracována takovým způsobem, aby i neznalý člověk po jejím přečtení věděl, jak paroplynová elektrárna funguje, jaké je její využití v České republice a jaké má výhody oproti stávajícím uhelným elektrárnám. Abych mohl upozornit na výhody oproti uhelným elektrárnám, je věnováno několik stránek právě jim. Jsou zde uvedeny informace o tom, jak uhelné elektrárny fungují a jaký je jejich dopad na životní prostředí. Závěr práce je věnován celkovému shrnutí problematiky.

Klíčová slova

Zplynování uhlí, paroplynový cyklus, paroplynová elektrárna, spalovací turbína, plynová turbína, zemní plyn, uhelná elektrárna

Abstract

This thesis is concerned with issues of steam-gas power plants. It is compiled in a way, that after reading it even an unknowing person will know how steam-gas power plant works and what is its utilization in the Czech Republic and what are its advantages over coal power plants. Just to highlight these advantages over coal power plants, some pages are dedicated to those power plants. The information contained in this thesis show us, how coal power plants work and what impact they have on the environment. The conclusion is dedicated to the final summarization.

Key words

Coal gasification, combined cycle, combined cycle power stations, combustion turbine, gas turbine, natural gas, coal-fired power

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

Obsah

OBSAH	6
ÚVOD	7
1 PROBLEMATIKA	8
1.1 HISTORIE	8
1.2 ZPLYŇOVÁNÍ UHLÍ	9
1.3 PAROPLYNOVÝ CYKLUS	11
1.4 SPALOVACÍ TURBÍNA	13
1.5 VÝHODY A NEVÝHODY PAROPLYNOVÉ ELEKTRÁRNY	14
1.6 MOŽNÝ VÝVOJ PAROPLYNOVÝCH ELEKTRÁREN	15
2 PAROPLYNOVÉ ELEKTRÁRNY V ČR	16
2.1 ZEMNÍ PLYN A ČESKÁ REPUBLIKA	16
2.2 STÁVAJÍCÍ A PŘIPRAVOVANÉ PROJEKTY PAROPLYNOVÝCH ELEKTRÁREN	17
2.3 ELEKTRÁRNA POČERADY	18
2.4 ELEKTRÁRNA VŘESOVÁ	20
2.4.1 Zplyňování uhlí ve Vřesové	21
2.4.2 Plynová turbína ve Vřesové	21
2.5 ALPIQ KLADNO	23
2.5.1 Palivové hospodářství	23
2.5.2 Základní části elektrárny	23
2.6 POROVNÁNÍ ČESKÉ REPUBLIKY A ZBYTKU SVĚTA	24
3 PRINCIP UHELNÉ ELEKTRÁRNY	26
3.1.1 Schéma uhelné elektrárny	26
3.1.2 Uhelné hospodářství	26
3.1.3 Vodní okruh	28
3.1.4 Odvod spalin	29
3.2 POROVNÁNÍ UHELNÝCH ELEKTRÁREN S ELEKTRÁRNAMI PAROPLYNOVÝMI	29
ZÁVĚR	31
POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE	32

Úvod

Důvod, proč jsem si vybral právě toto zadání bakalářské práce, je v první řadě ten, že už od mala mě zajímala samotná výroba elektrické energie a její následný rozvod až ke spotřebiteli. Dalším pádným argumentem pro zvolení právě této bakalářské práce je to, že můj otec pracuje jako operátor v paroplynové elektrárně ALPIQ Kladno. A právě proto jsem se domníval, že by mi mohl pomoci lépe pochopit celou tuto problematiku z hlediska člověka, který se jí zabývá již několik let.

Dnes je na našem území většina elektráren uhelných a ty ke svému provozu potřebují značné množství uhlí. Jejichž dopad na životní prostředí je značný, ačkoliv se ho snažíme všemožně minimalizovat, ať už modernizací samotného procesu spalování uhlí, lepšího využití vzniklé páry nebo samotným odsiřováním spalin. Uhlí pořád musíme odněkud těžit a samozřejmě ho máme pouze omezené zásoby, které nám dříve či později dojdou. Jelikož se v dnešní době stále více klade tlak na řešení vlivu člověka na životní prostředí, přicházejí na řadu ekologičtější zdroje elektrické energie, ať už to jsou zdroje obnovitelné (Slunce, voda a vzduch) nebo neobnovitelné (atom či právě energie získaná z plynu).

V průběhu práce se zde budu snažit rozebrat a držet několika témat. V první části práce se budu zabývat problematikou paroplynové elektrárny a jejím využitím v České republice. U elektráren postavených v České republice uvedu jejich technické parametry a umístění v republice. Podrobněji se zaměřím na průběh a princip paroplynového cyklu a jeho základní části. Abych mohl poukázat na rozdíly oproti uhelným elektrárnám, uvedu v poslední části práce základní popis uhelných elektráren.

1 PROBLEMATIKA

Elektrická energie je nepostradatelnou součástí našich životů, a proto máme několik způsobů k jejímu získání. Elektrárny, které využívají obnovitelných zdrojů elektrické energie, jsou například elektrárny vodní, spalující biomasu, větrné, geotermální, sluneční a další. Dále máme elektrárny, které využívají neobnovitelných zdrojů paliv. Jsou to elektrárny tepelné, jaderné, uhelné nebo právě paroplynové. Ty pracují na principu ohřívání vody, ze které vyrobí páru a z té následně dostávají energii pomocí turbín. Mezi hlavní výhody tohoto typu elektráren patří zejména vysoká termická účinnost (okolo 50 %), relativně nízké investiční náklady, krátká doba výstavby a to, že paroplynové zařízení vyhovuje ekologickým požadavkům.

1.1 Historie

O první paroplynové zařízení se zasloužil především Holzwart, jenž je považován za jeho původce. Holzwart v letech 1913 - 1917 postavil první paroplynové zařízení se spalováním při stálém objemu. Termická účinnost celého zařízení se pohybovala kolem 14 %.

Prvním průmyslově vyráběným paroplynovým zařízením bylo paroplynové zařízení s přetlakovým kotlem Velox, které bylo vyvinuto firmou Brown – Boveri v letech 1928 – 1932. V tomto uspořádání dodával axiální kompresor stlačený vzduch na hodnotu 0,34 MPa do spalovací komory kotle, jehož teplosměnná plocha byla asi desetkrát menší než u tehdejších kotlů stejného výkonu na plynná nebo kapalná paliva.

V elektrárně Neuschatel ve Švýcarsku byla v roce 1939 poprvé nainstalována spalovací turbína o výkonu 4 MW. Během druhé světové války začal být velký zájem o spalovací turbíny z důvodu jejich následného využití v letectví.

U nás se začala studovat problematika spalovacích turbín ve Škodových závodech v letech 1941 a po válce roku 1955 bylo uvedeno, že jako jedno z prvních zařízení na světě, které uvedlo do pokusného provozu paroplynové zařízení, bylo Kladno. Zařízení obsahovalo dva odstředivé kompresory a plynovou turbínu „letecké“ koncepce s jedním transsonickým stupněm. Hlavní nedostatkem tohoto zařízení však byla vysoká koncentrace prachu ve vysokopecním plynu. Namísto požadované hodnoty 3 mg.Nm^{-3} byla tato hodnota v rozmezí $15 - 20 \text{ mg.Nm}^{-3}$. Dalším nedostatkem byl nedokonalý soulad charakteristik jednotlivých komponentů spalovací turbíny. Další paroplynové zařízení vyrobila společnost Škoda pro teplárnu ve Dvoře Králové v první polovině 60. let. Zařízení obsahovalo horkovzdušnou

turbínu, kterou navrhl M. Šťastný a cyklónový kotel navržený B. Limpouchem. Zařízení spalovalo pouze uhlí, avšak oproti klasickým parním zařízením mělo o 10 % větší termickou účinnost. Dále Škodovka vyvinula prototypy několika turbín o výkonech 2,5 MW a 6 MW.

První brněnská strojírna navrhla za spolupráce s E. Foitem paroplynový oběh s vysokou účinností. Skládal se ze spalovací turbíny o výkonu 1 MW, speciální spalovací komory, v níž se přehřívala pára na teplotu 680 °C, a kondenzační turbíny o výkonu 5 MW. Během roku 1971 PBS instalovala zkušební paroplynové zařízení se spalovací turbínou o výkonu 7 MW do teplárny Púchov. Spalinový kotel byl vybaven přitápěním a parní část tvořila protitlaková turbína o výkonu 5,5 MW. [5]

1.2 Zplyňování uhlí

Paroplynová elektrárna je jedním z mnoha typů elektráren, ve kterých se vyrábí elektrická energie a které pro svůj provoz potřebují buď kapalné, nebo plynné palivo. Právě podle druhu použitého paliva se dělí na elektrárny na topný olej, zemní plyn nebo na zplyněné uhlí. Do budoucna nabízejí největší perspektivu elektrárny s integrovaným zplyňováním uhlí, známé pod zkratkou (IGCC, tj. integrated gasification combustion cycle). Zplyněné uhlí získáme procesem zvaným zplyňování uhlí.

Zplyňování uhlí je přeměna uhlí na plynné palivo, které posléze můžeme použít jako zdroj tepla pro ohřívání vody v kotli. Zplynění uhlí dosáhneme tím způsobem, že rozemleté uhlí umístíme do tlakových nádob, tzv. reaktorů, kde je vystaveno vysokému tlaku, teplotě a zplyňovacímu médiu. Zplyňovat však můžeme i při atmosférickém tlaku, avšak vzniklý plyn nemá takovou výhřevnost jako ten, který jsme zplyňovali pod tlakem. Důvodem je hlavně to, že při zplyňování pod tlakem vzniklý plyn tvoří významné množství methanu. Při tlakovém zplyňování dosáhneme nejenom zvýšení výhřevnosti, ale také nám roste ekonomická efektivnost rozvodu plynu při jeho použití. Jako zplyňovací médium se používá buďto volný kyslík (O_2 , vzduch), nebo vázaný kyslík (H_2O , CO_2) popřípadě se může využít i směs těchto látek. Výsledný plyn je ochlazen a již neobsahuje žádné pevné částice. Obsahuje však síru, a proto musí být ještě odsířen. Takto vzniklý plyn nazýváme energoplyn.

Způsoby zplyňování uhlí:

- Zplyňování v sesuvné lóži

Tento způsob zpracování uhlí patří mezi jeden z nejstarších způsobů zplyňování uhlí. Vyráběl se tak plyn pro průmysl a domácnost. V reakčních zónách reaktoru se uhlí mění na koks a popel, reakci napomáhá okysličovadlo. Takto vzniklý plyn má teplotu v rozmezí 400–500 °C. Nejrozšířenější technologie tohoto zpracování je Lurgi, popřípadě BGC/Lurgi.

- Fluidní zplyňování

Proces probíhá v tzv. fluidních reaktorech v lóži z drceného uhlí za působení páry, vzduchu nebo kyslíku. Jelikož při vyšších teplotách dochází ke spékání popelovin, nesmí teplota dosáhnout 1000 °C. Odsiřování se provádí přidavkem drceného vápence. V dnešní době se většinou používají ohniště s recirkulovanou vrstvou, ve které se popeloviny vrací zpět do spalovacího procesu.

- Hořákové zplyňování

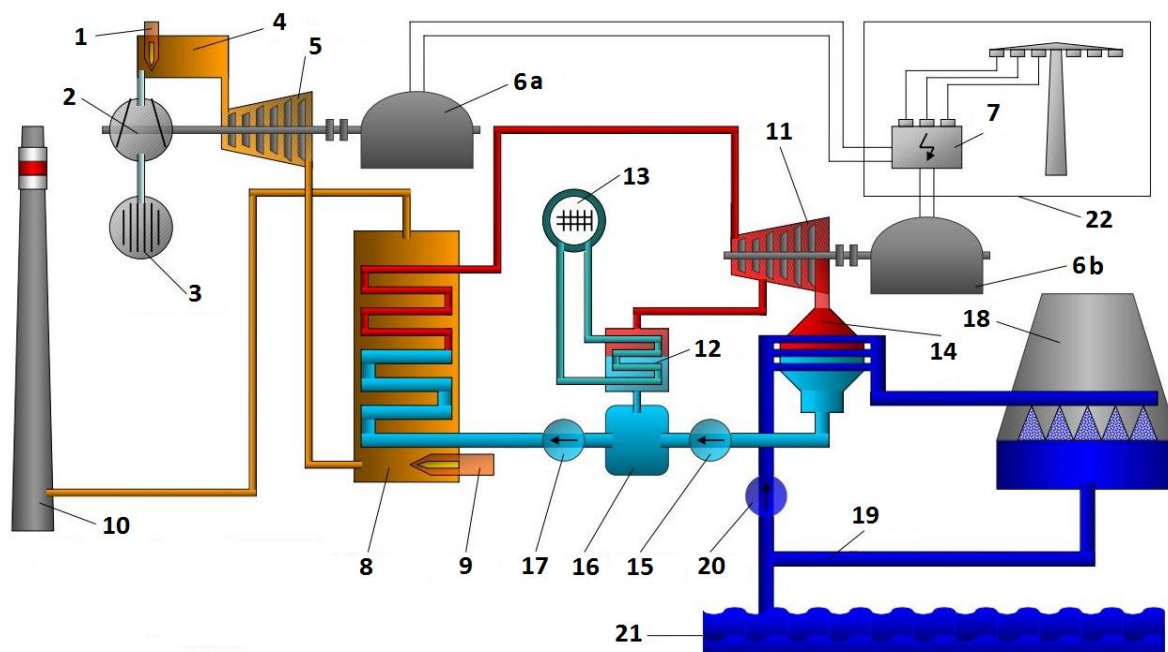
Využívá se Kopperova – Totzekova postupu, kdy se v chemickém průmyslu spaluje práškové uhlí společně s párou nebo s kyslíkem. Takto vzniklý surový plyn má teplotu 1200 °C.

Nespornou výhodou tohoto způsobu zpracování uhlí je, že veškeré pevné částice, které by při běžném způsobu zpracování unikly do vzduchu, jsou zde zachyceny a přeměněny na strusku a popel. Při následném spálení proto vzniká minimum škodlivých látek, a tím se zmírní i dopad na životní prostředí.

První paroplynová elektrárna v České Republice, která využívá právě zplyněné uhlí, byla uvedena do provozu v roce 1996 ve Vřesové. [1]

1.3 Paroplynový cyklus

Jak už jsem zmínil v úvodu, většinu elektrické energie dnes získáváme z tepelných elektráren přeměnou tepelné energie na energii elektrickou. K této přeměně využíváme tzv. termodynamické cykly. Termodynamický cyklus je uzavřený oběh vody, potažmo páry a skládá se z několika termodynamických dějů, které navazují postupně jeden na druhý. Mezi nejpoužívanější způsob dosažení tohoto termodynamického cyklu v elektrárnách, které spalují tuhé nebo kapalné palivo, se používá tzv. Rankine – Clausiův cyklus.



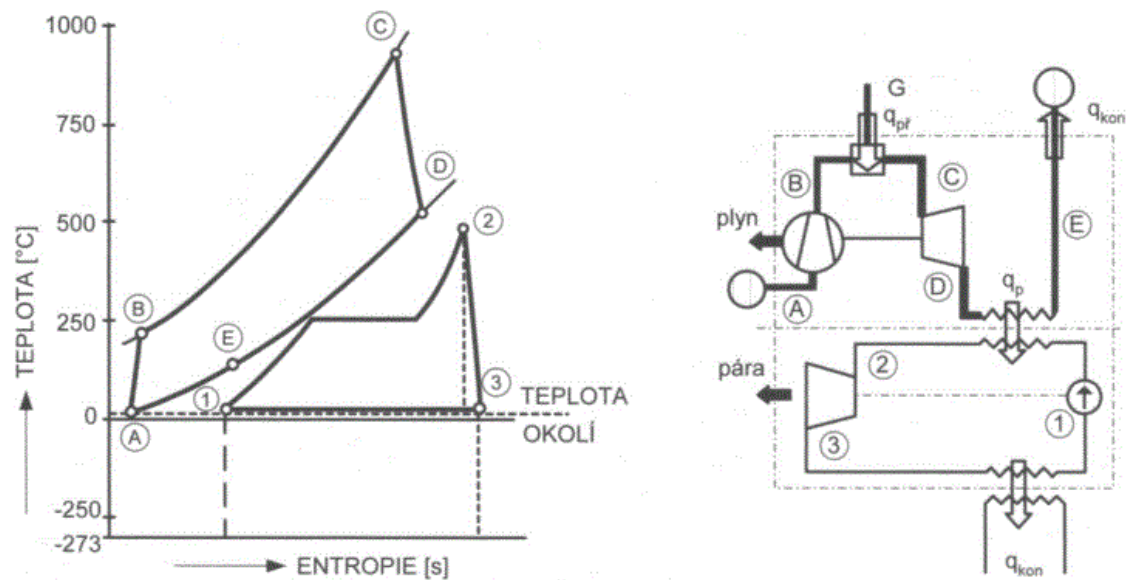
Obr. 1.1 schéma paroplynové elektrárny[8]

1	palivo zemní plyn	12	výměník pára/voda
2	kompresor	13	tepelná energie (vytápění)
3	nasávání vzduchu	14	kondenzátor páry z turbíny
4	spalovací komora	15	kondenzátní čerpadlo
5	plynová turbína	16	napájecí nádrž
6a, 6b	generátor	17	napájecí čerpadlo
7	transformátor	18	chladicí věž
8	parní kotel	19	chladící voda
9	palivo zemní plyn	20	čerpadlo chladící vody
10	komín	21	řeka
11	parní turbína	22	vyvedení elektrického výkonu

Tab 1.1 legenda k obrázku Obr. 1.1

Rankine – Clausův cyklus pracuje na principu přeměňování vody v páru, která má vysokou teplotu a vysoký tlak. Pára odevzdá svoji energii lopatkám turbíny, ta se roztáčí a pomocí hřídele je tento výkon přenášen i na hřídel synchronního generátoru, který vyrábí elektrickou energii a ta je následně odváděna dále k transformaci a přenosu. Podrobněji tento cyklus rozepíše v kapitole 3.1. Princip uhelné elektrárny.

Paroplynový cyklus spojuje dva cykly, jeden z nich je Rankine – Clausův a ten druhý se nazývá Braytonův cyklus. Právě Braytonův cyklus tvoří první část paroplynového cyklu, ten začíná stlačením vzduchu pomocí kompresoru. Stlačený a ohřátý vzduch podporuje intenzivnější spalování plynu ve spalovací komoře, v této komoře pak vznikají spaliny o vysoké teplotě a s dostatečným tlakem, které dále proudí do plynové turbíny. V plynové turbíně následně probíhá přeměna části energie spalin v energii kinetickou, a ta je poté přeměněna v energii elektrickou. Tuto přeměnu nám zaručí generátor, který je na společné hřídeli právě se spalovací turbínou. Stále horké spaliny, které opouští prostor spalovací turbíny, mohou být ještě přehřátý nebo jsou jednoduše vedeny do prostoru kotle, kde je umístěna soustava, ve které je vedena ohřívána voda. A zde na řadu přichází výše zmiňovaný Rankine – Clausův cyklus.



Obr 1.2 Paroplynový cyklus (T - s diagram a schéma zapojení) [4; str. 8]

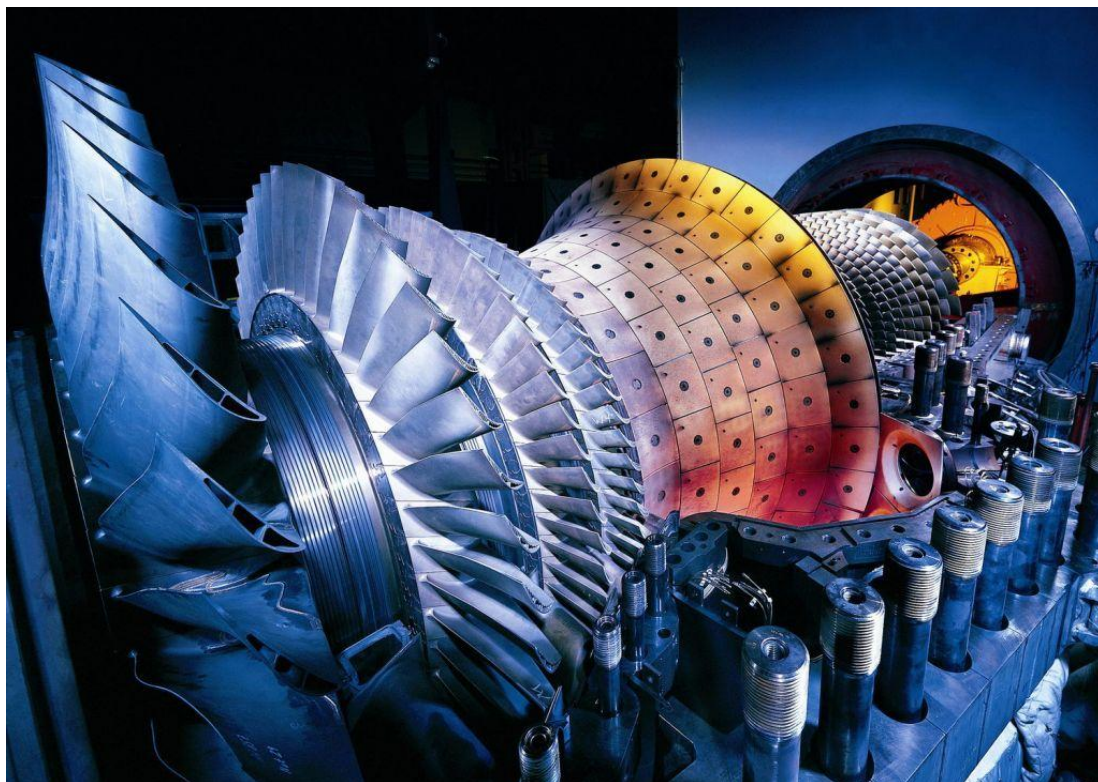
Na obrázku 1.2 je znázorněn $T - S$ diagram paroplynového cyklu spolu se zjednodušeným schématem zapojení, kde je písmeny A, B, C, D, E znázorněn Braytonův cyklus a číslicemi 1, 2, 3 Rankine – Clausův cyklus.

Spojením těchto dvou cyklů eliminujeme jejich nedostatky a posílíme jejich silné stránky a tím dosáhneme účinnosti 0,42 – 0,58. Kdežto kdybychom tyto cykly provozovali jednotlivě, dosáhli bychom u plynového oběhu účinnosti 0,28 – 0,38 a u parního oběhu 0,28 – 0,42.[4]

1.4 Spalovací turbína

Nejnákladnější částí celého paroplynového cyklu je právě spalovací turbína a tento fakt nás vede ke snaze o co největší zvýšení její účinnosti, protože jakmile zvýšíme účinnost samotné spalovací turbíny, zvýšíme účinnost celé elektrárny. Zvýšení účinnosti můžeme dosáhnout zvýšením teploty vstupních spalin. Proto se předpokládá, že v budoucnosti se tato teplota zvýší až na hodnotu 1500 °C.

Spalovací turbína, označovaná také jako turbína plynová, je tepelný stroj, který se skládá z kompresoru, spalovací komory, plynové turbíny, příslušenství a pomocného zařízení. Její základní účel spočívá v přenesení energie spalin na mechanickou energii pomocí plynové turbíny. Na obrázku je zobrazen model rotoru a spalovací komory plynové turbíny od firmy Siemens.



Obr. 1.3. model otevřené spalovací turbíny Siemens [9]

Kompresor ve spalovací turbíně má za úkol stlačit nasávaný vzduch na hodnotu 1,2 – 3 MPa, protože tak se zvyšuje účinnost spalování paliva. Kompresor bývá na společné hřídeli se spalovací turbínou. Takto stlačený a ohřátý vzduch je přiveden do prostoru spalovací turbíny, kde je spalován plyn nebo kapalné palivo. Jako palivo se používá zemní plyn nebo méně častěji kapalné palivo. Do budoucna se počítá zejména se zplyňováním uhlí. Vzniklé spaliny mají teplotu 800 – 1 450 °C a jsou přiváděny na lopatky samotné turbíny, kde jim předávají část své energie, ta je pomocí hřídele přivedena na kompresor a také na generátor. Vystupující spaliny mají teplotu 400 – 700 °C. U jednoduchého plynového oběhu jsou tyto spaliny ochlazeny a vyvedeny do ovzduší, tyto druhy cyklu měly menší účinnost cca 20 %. Pro zvýšení účinnosti se za spalovací turbínu umístil parní Rankine–Clausův cyklus.

1.5 Výhody a nevýhody paroplynové elektrárny

Největší výhodou paroplynových elektráren je právě jejich vysoká flexibilita. Flexibilitou myslím vysokou schopnost pokrytí špiček v odběru elektrické energie, kdy musíme v poměrně krátké době zabezpečit velké množství dodané energie. Tato schopnost pokrytí špiček je realizovatelná díky plynové části cyklu.

Další výhodou tohoto typu elektráren je produkování poměrně nízkého množství emisí na jednotku vyrobené energie, což je způsobeno právě typem spalovaného média. Zemní plyn totiž umožňuje poměrně čisté spalování bez většího množství nežádoucích složek. Taktéž zplyňování uhlí a následné spalování vzniklého energoplynu se jeví jako ekologičtější řešení než surové spalování uhlí v uhelných elektrárnách. Spolu s vyšší účinností používaného kombinovaného cyklu dochází ke zmenšení dopadu paroplynové elektrárny na životní prostředí, a proto začíná být v dnešní době aktuální výstavba paroplynových elektráren. K tomuto faktu přispívá i doba potřebná k její výstavbě (řádově 18 – 24 měsíců), která se nedá srovnávat s výstavbou uhelných, respektive jaderných elektráren.

Avšak paroplynová elektrárna má i své nevýhody, a to svoje palivo. Zemní plyn sice při spalování neuvolňuje tolik nežádoucích látek, jako je uvolňováno při spalování uhlí, ale jelikož naše republika nemá žádné významnější ložisko zemního plynu, jsme závislí na jeho dodávce z jiných států. Další nevýhodou těchto elektráren je jejich zvláštnost, a to sice spalovací turbína. Spalovací turbína je totiž nejnákladnější částí celé elektrárny. Tento fakt je způsoben tím, že od turbíny požadujeme co nejlepší technické parametry (účinnost atd.), a proto věnujeme velké úsilí jejímu vývoji a zdokonalování jednotlivých komponentů, což se promítá na její ceně, která navyšuje celkové náklady na výstavbu celé elektrárny. Zdokonalování turbíny však na druhou stranu přináší úspory paliva v budoucnu.

1.6 Možný vývoj paroplynových elektráren

Je logické, že do budoucna se budou odborníci snažit zvýšit celkovou účinnost elektrárny. Potřebný prostor pro zlepšení účinnosti představuje nejnákladnější část elektrárny - spalovací turbína. Jedním ze způsobů jak navýšit účinnost spalovacích turbín je zvýšení teploty vstupních spalin. V dnešní době se teploty vstupních spalin pohybují okolo 1300°C. Dokážeme-li tuto teplotu navýšit až na hodnotu 1500°C, mohli bychom dosáhnout účinnosti až 60 %. Ruku v ruce s vyšší účinností jde taktéž i celková spotřeba používaného paliva. Menší spotřeba paliva znamená menší provozní náklady a zmenšení produkce emisí.

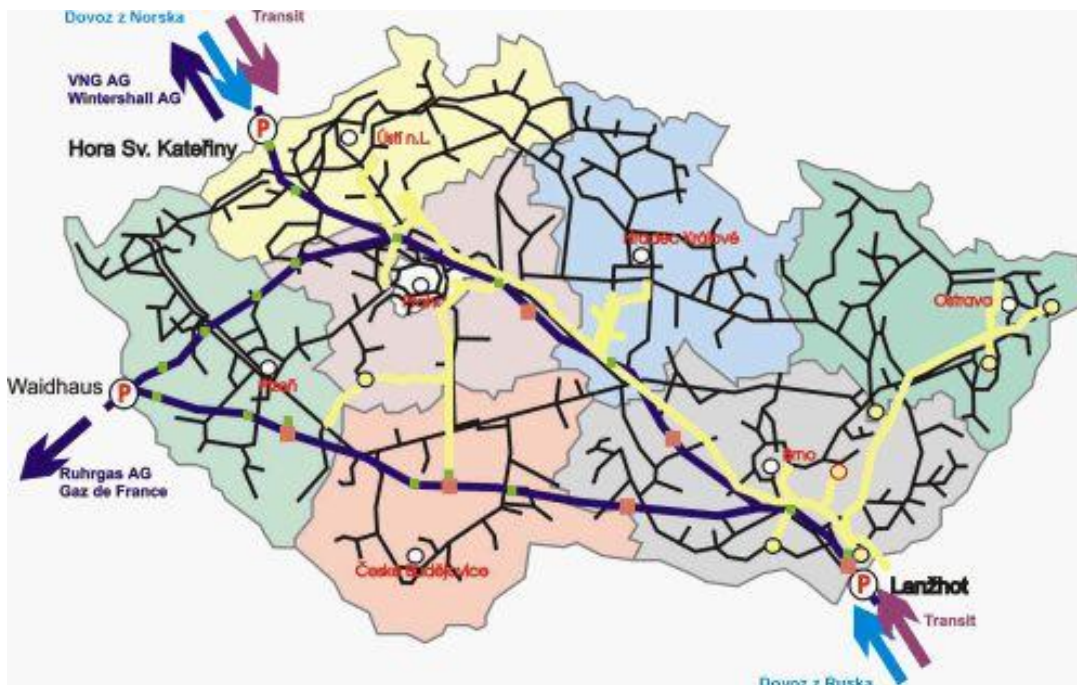
Vezmeme-li v potaz výhody paroplynových elektráren, je zřejmé, že své místo v budoucnu mají. A to zejména díky své vyšší účinnosti, menšímu dopadu na životní prostředí a schopnosti pokrývat výkyvy v odběru elektrické energie. Dle mého názoru je jejich budoucí výstavba mnohem perspektivnějším a logičtějším řešením, než výstavba slunečních či větrných elektráren.

2 Paroplynové elektrárny v ČR

Jak už jsem uvedl v úvodu, v dnešní době je na našem území převážná většina elektrická energie získávána z uhelných a jaderných elektráren. V paroplynových elektrárnách se ročně vyrobí jen asi 1,1 – 1,5 % z celkového množství vyrobené elektřiny na našem území. Vlastní paroplynové elektrárny jsou spolu s vodními používány jako elektrárny špičkové, a to zejména z důvodu možnosti rychlého rozběhu a uvedení do plného provozu.

2.1 Zemní plyn a Česká republika

Jedním z důvodů, proč na našem území není více paroplynových elektráren, je kromě vysoké pořizovací ceny také fakt, že nemáme žádné větší ložisko zemního plynu. Naše jediné významné ložisko se nachází na jižní Moravě a představuje kapacitu okolo 100 miliónů m³ zemního plynu ročně. A vezmeme-li v potaz roční spotřebu České republiky, tak tato kapacita pokryje naši spotřebu asi jen z jednoho procenta. Z této logiky plyne, že je naše republika závislá na dodávce plynu plynovody převážně z Ruska a Norska a zvláště z ruské strany docházelo v nedávné době k výpadkům dodávek zemního plynu. V dohledné době by se tato situace mohla zlepšit díky výstavbě plynovodů Nord stream, South stream a Nabucco.



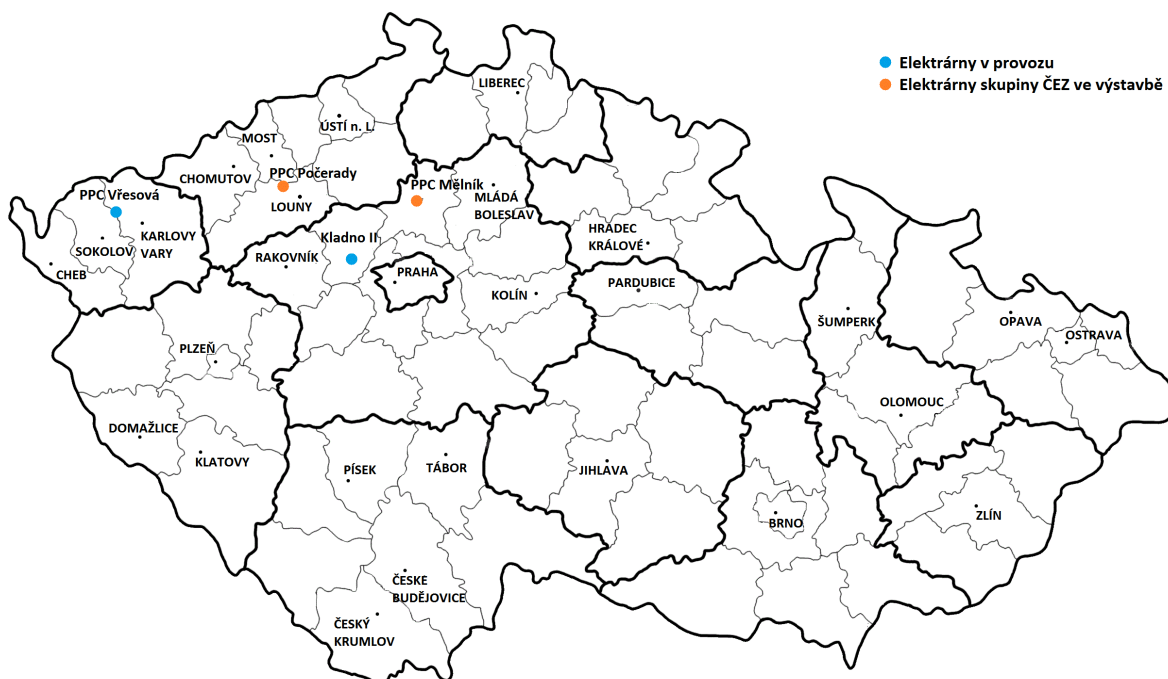
Obr. 2.1 Mapa plynovodů v České republice [10]

2.2 Stávající a připravované projekty paroplynových elektráren

Díky výstavbě plánovaných plynovodů Nord stream, South stream a Nabucco spolu s většími nároky na ekologičnost výroby elektrické energie začala být aktuální výstavba paroplynových elektráren s vyšší výrobní kapacitou.

O výstavbu nových paroplynových elektráren se zajímá náš největší výrobce elektrické energie skupina ČEZ, a. s. a skupina RWE Transgas, a. s., jenž je naším největším dodavatelem zemního plynu. V současné době mají mít připraveno několik projektů, jejichž plánovaná výrobní kapacita by měla být srovnatelná s výrobní kapacitou jaderné elektrárny Temelín.

Skupina ČEZ, a. s. má připraveno několik projektů, jenž některé z nich jsou již ve výstavbě. Tím nejaktuálnějším projektem je výstavba paroplynové elektrárny Počerady. Po dostavbě by měla mít výkon 838 MW a rozšíří již na stejném místě postavenou elektrárnu uhelnou. Mezi další připravované výstavby patří paroplynová elektrárna Mělník a Úžín.



Obr 2.2 Mapa paroplynových elektráren v ČR

Skupina RWE Transgas, a. s. ve spolupráci se společností Alpiq plánovala výstavbu paroplynové elektrárny u Prahy blízko obce Čelákovice. Tato připravovaná elektrárna měla mít výkon 860 MW, avšak plánovaná výstavba se nelíbila občanům obce Čelákovice a nakonec došlo k pozastavení výstavby, jednak z důvodů vysoké ceny zemního plynu a také kvůli nízké tržní ceně elektřiny.

Naše první paroplynová elektrárna Vřesová byla postavena v roce 1996 a využívá technologii zplynování uhlí, o které jsem psal v kapitole 1.2. Zplynování uhlí. Elektrárna je ve vlastnictví firmy Sokolovská uhelná, a. s. a její instalovaný výkon činí 380 MW. Vedle hlavní funkce což je pochopitelně i běžná dodávka elektrické energie, má elektrárna funkci, která je označována jako tzv. pojistka proti blackoutu. To znamená, že je ve velmi krátkém čase schopna snížit svůj výkon z hodnoty 180 MW až na hodnotu 2 MW, která je nutná pro vlastní spotřebu elektrárny a v kritické době tímto dokáže zabránit přetížení sítě.

2.3 Elektrárna Počerady

Hnědouhelná elektrárna Počerady byla postavena v roce 1970 v severozápadní části České republiky, v blízkosti měst Louny, Žatec a Most, která tvoří kolem elektrárny pomyslný trojúhelník. Výstavba elektrárny probíhala ve dvou fázích. První fází byla výstavba elektrárny Počerady I, která obsahovala výstavbu bloku č. 1 a 2, ty byly uvedeny do provozu v roce 1970. Následující rok byly dostavěny bloky č. 3 a 4. Druhá fáze výstavby elektrárny Počerady II zahrnovala výstavbu dvou dalších bloků, a to sice bloku č. 5 a 6. Tyto bloky uvedli do provozu v roce 1977. Mezi roky 1990 a 2000 prošla elektrárna rozsáhlou modernizací za účelem zlepšení technických parametrů a splnění ekologických podmínek. V současné době je v provozu 5 bloků o jednotlivém výkonu 200 MW_e. [6]

Samotná výstavba paroplynové elektrárny začala 1. dubna 2011 a probíhá ve stávajícím areálu uhelné elektrárny. Podle plánu by měla být dostavena a uvedena do provozu v červnu 2013. Elektrárna bude pracovat v pološpičkovém režimu a její hrubá účinnost se bude pohybovat okolo 58,4 %, ostatní garantované parametry jsou napsány v tabulce 2.4.

Paroplynový cyklus Počerady je prvním projektem skupiny ČEZ v České republice. Přepokládaný výkon celku by měl být 840 MW_e. Tento výkon zabezpečí paroplynový cyklus v uspořádání multi-shaft v podobě dvou turbín plynových, dvou spalinových výměníků a jedné turbíny parní. Plynové turbíny dodá společnost Siemens; SES Tlmače dodají parní generátor a jako dodavatel parní turbíny byla vybrána Škoda Power.



Obr 2.3 Vizualizace PPC Počerady [11]

V plynové turbíně se bude spalovat zemní plyn, jehož parametry jsou uvedeny v tabulce 2.1. Základní parametry spalin za výstupem ze spalovací turbíny jsem uvedl v tabulce 2.2. Teplo získané z každé spalovací turbíny je přivedeno do spalinového výměníku – kotle, kde je využito k výrobě páry, jejíž parametry se nacházejí v tabulce 2.3. [7]

Výhřevnost plynu	49,49 MJ/kg
Teplota před spalovací turbínou	130 °C
Množství	2×14,6 kg/s

Tab. 2.1 Parametry zemního plynu

Teplota	576,4 °C
Množství	2×686,5 kg/s

Tab 2.2 Parametry spalin na výstupu z plynové turbíny

Množství VT páry	141,9 kg/s
Teplota VT páry	550 °C
Tlak VT	128,4 bar
Množství ST páry	172,4 kg/s
Teplota ST páry	548 °C
Tlak ST páry	28,1 bar
Množství NT páry	27 kg/s
Teplota NT páry	290 °C
Tlak NT páry	4 bar

Tab 2.3 Parametry páry

Hrubý výkon na svorkách generátorů	838 MW _e
Vlastní spotřeba	13 MW _e
Emise Nox, CO	40 mg/Nm ³

Tab 2.4 Garantované parametry

2.4 Elektrárna Vřesová

Elektrárna Vřesová leží v západní části naší republiky nedaleko města Karlovy Vary a byla postavena v roce 1996. Její instalovaný výkon činí 2 x 200 MW a po většinu času je provozována na hladině 50 - 60% z celkové výrobní kapacity. Elektrárna využívá jako svoje primární palivo energoplyn získávaný zplynováním hnědého uhlí. Kvůli rychlým změnám výkonu je však nutné používat i sekundární palivo. Jako sekundární palivo se zde používá zemní plyn, a to nad hladinou 70 % instalovaného výkonu, kdy kvůli časové prodlevě ve výrobě enregoplynu nedokážeme pokrýt poptávku po plynu. Proto se nad hranicí 70 % výkonu spaluje energoplyn se zemním plynem.

Plyn je spalován ve spalovací turbíně, jejíž výsledné spaliny mají teplotu v rozmezí 400 – 500 °C. Tato spalovací turbína pohání generátor o výkonu 123,4 MW. Spaliny vzniklé při spalování plynu jsou dále odváděny do prostoru kotle, kde předají energii vodě, která se změní v páru o daných parametrech. Vzniklá pára je přivedena na lopatky parní turbíny, která pohání generátor o výkonu 75,3 MW.

Termodynamické účinnosti jsou rovny následujícím hodnotám. Účinnost plynové turbíny je 34,8 %, účinnost bloku při kondenzačním provozu parní turbíny je 50,5 % a jestliže využijeme teplotu spalin pro předehřev vody, zvýší se účinnost bloku na 54,5 %. [3]

Výkon spalovacích turbín	309 MW _e ve špičkách
Výkon parních turbín	124 MW _e ve špičkách
Celkový výkon (dle teploty vzduchu)	398 MW _e při -8°C
Minimální výkon	146 MW _e
Maximální dodávka elektřiny	2750 GWh / rok
Spotřeba zemního plynu	370 mil. m ³ / rok
Spotřeba energoplynu	990 mil. m ³ / rok (až 108 tis. m ³ / hod)

Tab 2.5 technické parametry elektrárny Vřesová [2, str. 22]

2.4.1 Zplyňování uhlí ve Vřesové

Samotnému principu zplyňování uhlí jsem se věnoval v jedné z předchozích kapitol, a proto zde uvedu pouze způsob zplyňování uhlí ve Vřesové.

Ve Vřesové se provádí tlakové zplyňování hnědého uhlí ve 26 plášťových tlakových generátorech, jejichž průměr je roven 2,7 m. V nich je zpracováváno uhlí o velikosti zrn 10 – 30 mm při tlaku 2,5 - 2,8 MPa, jako zplyňovací médium se zde používá kyslíkoparní směs. Samotné zplyňování uhlí probíhá v sesuvném loži pevného paliva a dodávka uhlí do generátoru je realizována vrchem reaktoru. Zplyňované uhlí se v reaktoru nachází na otočném roštu a na tento rošt se přivádí zplyňovadlo.

Výsledný surový plyn je vyčištěn v zařízení Rectizol, což je vlastně selektivní vypírka podchlazeným methanolem. Díky tomuto zařízení se ze surového plynu odstraní veškerý sirovodík, benziny a další organické látky. Tlak plynu za tímto zařízením je v rozmezí 2,1 až 2,4 MPa. Konečným a posledním krokem v čištění plynu je jeho odsíření. [3]

2.4.2 Plynová turbína ve Vřesové

V paroplynové elektrárně Vřesová je instalována turbína známá pod označením FRAME 9E (MS 9171 E). Tento typ turbíny je vhodný pro spalování různých typů paliv. V následující tabulce 2.5 jsou uvedeny parametry použité plynové turbíny.

Typy paliv:

- Zemní plyn
- Plyny vyrobené z uhlí
- Těžké a ropné destiláty
- LPG

Trubína má 17-ti stupňový kompresor, jehož rotor je tvořen diskovou konstrukcí a ke hřídeli je připevněn šrouby. Je složen z několika turbokompresorů a třístupňové turbíny. Vstupní statorové lopatky jsou natáčivé, a to hlavně z důvodu, aby při startu omezovaly hmotnostní tok vzduchu a taktéž zlepšovaly účinnost při nižším zatížení.

Typ turbíny	MS 9001E
Výrobce	General Electric
Výkon [MW]	123,4
Účinnost[%]	33,8
Otáčky[1/min]	30000
Průtok kompresoru [kg/s]	403,6
Stupně kompresoru	12
Spalovací komory	14
Teplota vstupu[°C]	1124
Teplota na výstupu[°C]	538
Rozměry d×š×v [m]	21,4×4,6×4,6
Hmotnost [1000kg]	263

Tab 2.6 Parametry plynové turbíny [3, str. 11]

Jelikož během provozu dochází ke znečištění lopatek kompresoru vlivem olejových výparů a atmosférických nečistot, je nutné provádět pravidelnou údržbu. V dřívějších dobách se údržba prováděla pomocí rozemletých ořechových skořápek, avšak v dnešní době, kdy se lopatky turbín upravují nejrůznějšími ochrannými nástřiky, je tento způsob údržby nedostačující a destruktivní. Proto se u modernějších typů turbín používá metoda promývání lopatek pomocí kapalin, které jsou vstřikovány do sání kompresoru. Spalovací prostor turbíny je tvořen pomocí 14 spalovacích komor, které jsou umístěny po obvodu turbíny. Zapálení plynu je iniciováno pomocí výboje ze dvou 15 kV svíček. [3]

2.5 ALPIQ Kladno

Elektrárna Alpiq Kladno se nachází ve střední části České republiky v Kladně, nedaleko od hlavního města Prahy. Tato paroplynová elektrárna je využívána zejména a jedině jako tzv. špičkový zdroj. Špičkovým zdrojem je myšleno to, že musí najet do plného provozu do 30 minut od požadavku rozvodných závodů ČEPS, aby tak mohla přispět k pokrytí špiček v denním odběru elektrické energie. Tato elektrárna tedy využívá největší výhodu paroplynových elektráren, a to její rychlé najetí do plného provozu. Plný výkon elektrárny činí 60 MW.

2.5.1 Palivové hospodářství

Základním palivem elektrárny je zemní plyn a LTO topný olej. Spalovací turbína je přizpůsobená k tomu, aby se mohlo kdykoliv přepnout ze zemního plynu na topný olej a naopak. Základní výkon elektrárny na zemní plyn nebo na LTO je 40 MW. Pro dosažení výše zmiňovaného výkonu 60 MW se provádí vstřikování páry do prostoru spalovací komory, avšak pouze pokud elektrárna spaluje zemní plyn. Jestliže elektrárna spaluje topný olej, je maximální výkon dosažen pomocí vstřikování demineralizované vody.

2.5.2 Základní části elektrárny

Základní částí elektrárny je spalovací turbína a kotel. Spalovací turbína se skládá z kompresoru, spalovací komory, tělesa turbíny, převodovky a generátoru. Na společné hřídeli se spalovací turbínou je umístěn kompresor a převodovka. Kompresor je používán nejen jako zdroj vzduchu pro spalování plynu ve spalovací komoře, ale také pro chlazení statorových a rotorových částí turbíny. Součástí kompresoru je také chladič, který zaručuje zvláště v teplých měsících ochlazení nasávaného vzduchu, aby nedocházelo k poklesu účinnosti elektrárny. Spalování zemního plynu nebo topného oleje je ve spalovací komoře umožněno prostřednictvím kombinovaných hořáků. Samozřejmě součástí turbíny je i olejové hospodářství, pomocí něhož je zaručeno mazání ložisek a bezproblémový provoz turbíny.

Jelikož tlak zemního plynu od dodavatele není dostatečný, je plynová turbína vybavena plynovým kompresorem, který navýší tlak plynu na požadovaný pro provoz elektrárny. Kompresor je v provedení tříválcovém a je poháněn 6 kW motorem s převodovkou do pomala. Další součásti kompresoru jsou regulační okruhy tlaku plynu, chladičí okruh

s recirkulačním čerpadlem a před kompresorem je umístěn pro účely čištění plynu filtr zemního plynu.

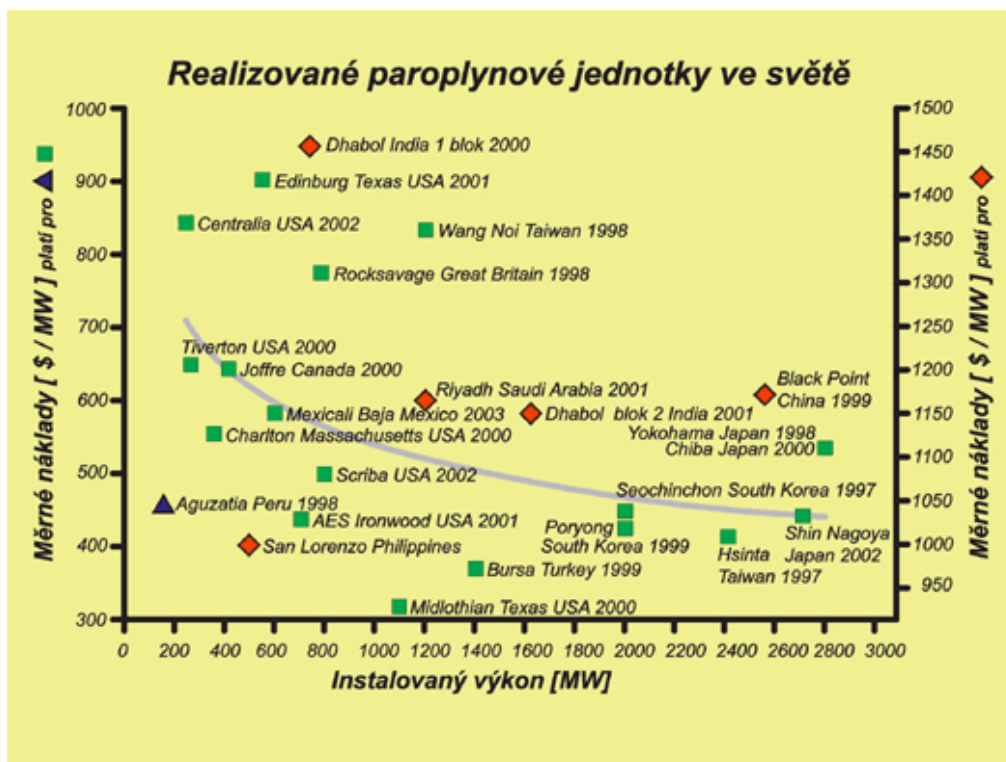
Pára používaná pro zvýšení výkonu elektrárny na 60 MW je vyráběna v kotli, jehož součástí je napájecí nádrž s napájecím čerpadlem a buben kotle s oběhovým čerpadlem. Jelikož pro průtok vody v kotli jsou používána čerpadla, je zřejmé, že se jedná o kotel s nuceným oběhem. V kotli jsou nainstalovány výhřevné plochy, které jsou umístěny ve směru spalin následovně: přehřívák, výparník a ekonomizér. Pro ohřev vody v kotli se využívá tepla spalin vycházejících z plynové turbíny. Aby nedocházelo k poškození trubek kotle, je samozřejmostí použití chemického hospodářství, které upravuje vodu používanou v kotli.

2.6 Porovnání české republiky a zbytku světa

Využití paroplynových elektráren zde v České republice je dáno jednak jejich množstvím a také jejich instalovaným výkonem. Na našem území je jich málo a navíc mají malý instalovaný výkon, ale díky jejich rychlému najezení do plného provozu se používají jako elektrárny špičkové. Fakt, že jsou paroplynové elektrárny používány jako špičkové, má za následek to, že nemají takový vliv na celkové množství vyrobené elektřiny. Avšak připravované projekty výstavby nových paroplynových elektráren by měly tento trend změnit.

Jelikož je v České republice téma paroplynových elektráren poměrně novou záležitostí, je zřejmé, že většina paroplynových elektráren s velkým výkonem je postavena právě ve světě. V posledních pěti letech se navýšilo množství (řádově stovky) postavených paroplynových elektráren. Tento nárůst zapříčinila snaha nalézt efektivnější a zároveň ekologičtější zdroj energie.

Protože jednou z výhod paroplynové elektrárny je její dražší výstavba, je zřejmé, že většina postavených elektráren se nachází na území ekonomicky silných zemí, jako jsou USA, Japonsko a jiné. Právě USA a Japonsko jsou technicky vyspělé a ekonomicky silné státy, a proto tvoří špičku ve výstavbě paroplynových elektráren. V Evropě mají největší zásluhu na budování paroplynových elektráren Velká Británie, Španělsko a Itálie. S náklady na výstavbu elektrárny souvisí i její výsledný výkon. Čím větší požadujeme výkon, tím větší budou i náklady na její výstavbu, ale náklady na vyrobený MW budou menší. Tuto skutečnost je vidět na obrázku 2.4.



Obr. 2.4 Měrné investiční náklady paroplynových elektráren [12]

USA je leadrem co do počtu nově postavených elektráren, ale jelikož staví elektrárny menších výkonů, je Japonsko zemí s větší výrobní kapacitou svých paroplynových elektráren. Japonsko má sice méně postavených elektráren, ale za to s větším instalovaným výkonem. Způsobuje to silná ekonomika a vysoké nároky na elektrickou energii v zemi. Dalším perspektivním trhem pro výstavbu nových paroplynových elektráren je Jižní Korea a Taiwan. [2]

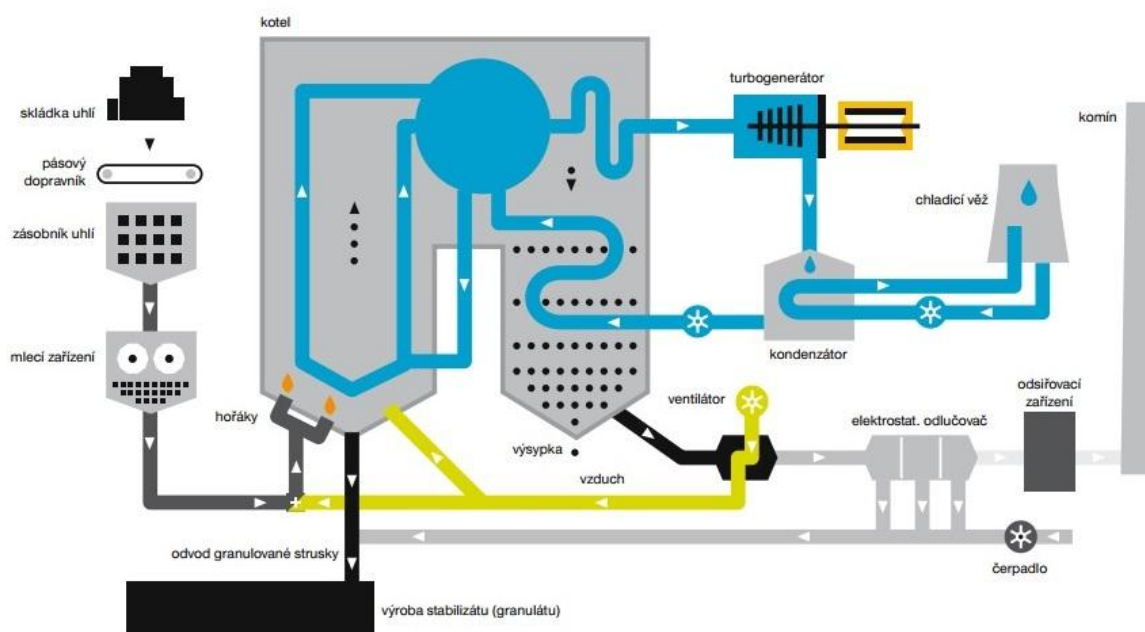
Jednou z největších paroplynových elektráren na světě je elektrárna Black Point s kombinovaným cyklem ve městě Hong Kong. Její instalovaný výkon činí 2500 MW a zaručuje ho osm plynových turbín, z nichž každá má výkon 312,5 MW.

3 Princip uhelné elektrárny

Jelikož většina naší vyrobené energie pochází právě z uhelných elektráren, nabízí se porovnání paroplynových elektráren právě s nimi. Z tohoto důvodu se v této kapitole budeme podrobněji zabývat porovnáním klasických elektráren s elektrárnami paroplynovými. Dále si vysvětlíme základní způsob fungování uhelné elektrárny a poukážeme na rozdíly mezi uhelnou a paroplynovou elektrárnou, a to jak z hlediska účinnosti jejich cyklů, tak i z hlediska jejich dopadu na naše životní prostředí a ekologičnost jejich provozu.

3.1.1 Schéma uhelné elektrárny

Na následujícím obrázku je znázorněno zjednodušené schéma uhelné elektrárny, které postupně rozebereme v několika následujících kapitolách.



Obr. 3.1 schéma uhelné elektrárny [13]

3.1.2 Uhelné hospodářství

Uhelné elektrárny stejně jako elektrárny paroplynové získávají elektrickou energii pomocí přeměny energie tepelné na mechanickou a následně na elektrickou. Jako palivo se v uhelných elektrárnách na našem území používá převážně hnědé uhlí, avšak jsou zde i elektrárny, ve kterých je spalováno černé uhlí. Jelikož má provoz uhelné elektrárny velké nároky na množství uhlí, staví se elektrárny v blízkosti dolů, ze kterých toto uhlí získáváme. V České republice jsou to většinou doly v severní a severozápadní části země.

Uhlí je do elektráren dopravováno zpravidla tou nejefektivnější cestou, a to po železnici. V areálu samotné elektrárny se nachází zásobárna uhlí i s rezervou, a to sice pro případ náhlého výpadku dodávky uhlí. Tato skládka má takovou velikost, aby pokryla spotřebu elektrárny na několik dní a díky ní by elektrárna mohla i nadále vyrábět a dodávat elektřinu do sítě.

Uhlí je dopravováno pomocí pásových dopravníků do tzv. mlýna, kde se uhlí vysuší od nadbytečné vlhkosti a je následně namleto na jemný prášek, aby se zlepšil proces spalování uhlí v kotli. Vzniklý uhelný prach se vzduchem vhání do hořáků kotle. Teplota vzniklá při spalování uhlí v kotli může být až 1400 °C a celková účinnost se pohybuje většinou okolo 90 %. V kotli se také nachází regenerační ohříváky a elektrostatické odlučovače. Kotle se najíždějí se pomocí hořáků, do kterých se pouští zemní plyn a zapálí se elektrickou jiskrou.



Obr 3.2. uhelná skládka v Počeradech [14]

3.1.3 Vodní okruh

V kotli dojde k předání tepla vodě, která se změní v páru o teplotě kolem 540 °C a tlaku 14 MPa. Tato pára je přivedena na lopatky vysokotlaké části turbíny, na níž je využita první část její energie. Pára je přehřáta a dovedena na lopatky nízkotlaké turbíny. Turbína je na společné hřídeli s elektrickým generátorem, který vytváří elektrickou energii. Z generátoru elektřina prochází přes transformátory a následně do elektrické sítě.

Pára odvedená z turbíny vchází do kondenzátoru, kde se ochladí, zkondenzuje zpět do kapalného skupenství a je čerpadlem vedena zpět do kotle. Horká voda je ochlazována v tzv. chladičí věži, kde je rozstříkována a ochlazována protitahem vzduchu, ochlazená voda se shromažďuje v bazénku a odtud je pomocí čerpadel vedena zpět do zásobníku.



Obr.3.2 chladičí věže elektrárny [15]

3.1.4 Odvod spalin

Jelikož při spalování uhlí vzniká veliké množství škodlivin, je nutné tyto škodliviny ze spalin před vypuštěním do atmosféry co nejvíce eliminovat. Děje se takto ve dvou krocích.

V prvním kroku je nutné zbavit spaliny tuhých znečišťujících látek jako je prach, saze a popílek. To se děje v tzv. elektrostatickém odlučovači. Spaliny jsou hnány přes elektrostatický odlučovač, v němž se nachází systém elektrod, které jsou nabity na opačný náboj, než mají saze, prach a popílek. Proto dojde k jejich přitažení na elektrodu a odstranění ze samotných spalin. Z elektrod se tyto nečistoty dostanou pomocí jednoduchého mechanického odklepávání a dále padají do výsypek. Účinnost elektrostatických odlučovačů se pohybuje okolo 99 %.

V druhém kroku, zvaným odsířování, je nutné spaliny již bez tuhých částic zbavit vysokého obsahu oxidu siřičitého, a to se nejčastěji provádí tzv. vápencovou vypírkou. Hlavní částí odsířovacího zařízení je absorbér, v němž spaliny prochází několikanásobnou sprchou. Sprchu tvoří směs přírodního vápence a vody a je nazývána vápencovou suspenzí. Tato směs chemicky reaguje právě s oxidem siřičitým, váže se na něj a shromažďuje se na dně absorbéru jako vrstva vápence. Vápenec se dále zpracovává a vyrábí se z něj například sádrokartonové desky. Odsíření spalin má účinnost kolem 95 %. Takto vyčištěné a odsířené spaliny jsou konečně odvedeny do komína a vypuštěny do ovzduší.

3.2 Porovnání uhelných elektráren s elektrárnami paroplynovými

Jelikož uhelné elektrárny využívají pro výrobu elektrické energie pouze Rankine – Clausiův cyklus, který dosahuje účinnosti okolo 35 %, je zřejmé, že elektrárny paroplynové budou dosahovat větších účinností. Větší účinnosti (v případě PPC Počerady by měla být hrubá účinnost 58,4 %) je dosaženo právě plynovým oběhem.

Za jednoznačnou výhodu uhelných elektráren oproti paroplynovým by se dala považovat dostupnost zdroje paliva na našem území, a to obzvláště v severních Čechách, kde se nachází velké množství hnědouhelných dolů. Problémem uhelných elektráren je však vznik vedlejších produktů při spalování hnědého uhlí, a to oxidu siřičitého a popílku. Jelikož se v naší zemi nachází patnáct uhelných elektráren, plyne z toho, že právě tento typ elektráren tvoří základní pilíř ve výrobě elektrické energie. Díky postupné modernizaci již stávajících elektráren se také podstatně zmenšil i jejich dopad na životní prostředí.

Výhoda paroplynových elektráren oproti uhelným elektrárnám spočívá v rychlosti náběhu elektrárny do plného provozu, protože paroplynové elektrárny lze najet v rozmezí několika minut, kdežto uhelné elektrárny nabíhají několik hodin. Odstavení uhelných elektráren je tedy ekonomického hlediska značně nevýhodné. Další nezanedbatelná výhoda paroplynových elektráren je jejich vliv na životní prostředí. Paroplynová elektrárna totiž neprodukuje žádné emise síry či popílku, což představuje hlavní problémem u uhelných elektráren. Výrazně menší jsou taktéž emise SO_2 , které dosahují až o 70 % menší hodnoty než v případě uhelných elektráren. K menšímu dopadu na životní prostředí taktéž přispívá menší zastavěná plocha, než u jiných typů elektráren. V neposlední řadě je jejich značnou výhodou vyšší účinnost. Nevýhodou paroplynových elektráren je jednak naše závislost na dodávce zemního plynu z jiných zemí, jednak jeho cena.

Závěr

Paroplynové elektrárny jsou v naší zemi poměrně novou záležitostí a není se proto čemu divit, že ty stávající mají jen nepatrný procentuální podíl (okolo 1 %) ve výrobě elektrické energie. Takto malý podíl na výrobě elektrické energie je dán především jejich počtem a také tím, že ty stávající jsou většinou provozovány jako elektrárny špičkové. Tento fakt by se však měl v následujících letech změnit, a to zejména díky výstavbě nových elektráren o větších výkonech.

Paroplynová elektrárna ve Vřesové má instalovaný výkon 2×200 MW, ale po většinu času je provozována na hranici 50 – 60 % své výrobní kapacity. Jejím primárním palivem je energoplyn, který se získává zplynováním uhlí. Právě zplynování uhlí nás přivádí k první výhodě paroplynových elektráren. Jedná se totiž o ekologičtější způsob zpracování uhlí, při němž nevzniká tolik škodlivých látek jako při jeho spalování v kotlích. Tato elektrárna má další zajímavou vlastnost - je považována za pojistku proti blackoutu. To zaručuje bleskové snížení výkonu až na hodnotu vlastní spotřeby, což se vyplatí zejména v případech přebytku elektrické energie, aby nedošlo k rozpadu rozvodné sítě.

Další výhodou paroplynových elektráren reprezentuje elektrárna ALPIQ Kladno. Elektrárna je provozována jako elektrárna špičková, což znamená, že jejím hlavním účelem je pokrývat špičky v denním diagramu zatížení. Musí tedy najet do plného provozního výkonu do několika minut od zadání požadavku od českých rozvodných závodů.

Důkazem, že je paroplynová energetika v dnešní době na vzestupu, je právě množství připravovaných projektů na jejich vybudování. Vezmu-li v potaz jejich výhody, je tento krok více než logický. Zvláště v dnešní době, kdy se snažíme nacházet ekologičtější a efektivnější způsoby výroby elektrické energie, jsou paroplynové elektrárny lepší cestou než například elektrárny větné či sluneční. Účinnost paroplynových elektráren se totiž pohybuje okolo 58% a lze předpokládat, že se bude v následujících letech zvětšovat. Paroplynové elektrárny mají své nesporné výhody, díky kterým nám mají co nabídnout.

Použitá literatura a zdroje

- [1] BURDOVÁ, Jitka. *Možnosti a úloha paroplynového zařízení v elektrizační soustavě ČR*. Plzeň, 2004. Diplomová práce. Západočeská univerzita. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Pavla Hejtmánková.
- [2] GREGOR, Josef. *Měrné investiční náklady integrovaných paroplynových zařízení* [online]. 2008 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: <http://www.solicad.com/CZ/clanek/investicni-naklady-paroplynovych-zarizeni-56>
- [3] POLÁK, Roman. *Zhodnocení provozu paroplynové elektrárny Vřesová*. Plzeň, 2003. Diplomová práce. Západočeská univerzita. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Emil Dvorský.
- [4] SCHEJBAL, Konstantin; NOHAC Karel. *Elektroenergetika 1 – Základy termomechaniky*. [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z: http://www.webs.zcu/fel/kee/+EE1/Cast7-1/Termodynamika_pro_plusEE1.pdf
- [5] ŠŤASTNÝ, Miroslav. *Paroplynová zařízení pro elektrárny a teplárny*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993, 104 s. ISBN 80-010-1017-1.
- [6] ČEZ. *Elektrárna Počerady* [online]. [cit. 2012-06-01]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/cr/pocerady.html>
- [7] ČEZ. *Připravované projekty paroplynových elektráren ČEZ* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/paroplynove-elektrarny/pripravovane-projekty-paroplynovych-elektraren-cez.html>
- [8] http://www.eon.cz/file/cs/info/el_power/E.ON-plynova_elektrarna.pdf
- [9] <http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/obr09-spalturb-gas-turbine-siemens-iii.jpg>
- [10] <http://www.zemniplyn.cz/img/f/131/30.jpg>
- [11] http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/obr03-dosazena_vizu.jpg
- [12] <http://www.solicad.com/images/clanky/solicad/energetika/graf-inv-nakladu-ppz.gif>
- [13] http://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost/content/pdf/cez_group_and_coal_power_plants.pdf
- [14] <http://aktualne.centrum.cz/domaci/fotogalerie/2011/03/30/uhelna-elektrarna-pocerady-chce-prejit-na-paroplyn/foto/363364/>
- [15] http://www.ecmost.cz/img/clanky/chladici_veze.jpg