

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Tepelné elektrárny

Thermal power stations

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Galuszka**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Tepelné elektrárny**
Thermal Power Stations

Zásady pro vypracování:

V bakalářské práci zpracujte následující problematiku:

- o Rozdělení konvenčních tepelných elektráren.
- o Stávající využití v České republice a ve světě.
- o Současná legislativa.
- o Možnosti, trendy a předpoklady pro rozšíření tepelných elektráren.
- o Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


- o Kolcun, M. a kol.: Elektrárny, TU Košice, 2006
- o Brauner J., Šindler Z.: Elektrická část elektráren, VŠB Ostrava 1987
- o Dočekal A., Bouček S.: Elektrárny II, ČVUT Praha 1995
- o <http://www.era.cz/>
- o Další podle pokynů vedoucího práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Karviné dne 4. 5. 2012

A handwritten signature in cursive script, reading "Jan Jiráček", written over a horizontal dotted line.

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D. za vedení práce, poskytování konzultací a odborných textů a podkladů pro tuto bakalářskou práci.

Abstrakt

Tepelné elektrárny představují soubor zařízení, zasahující do všech technických oblastí. Lze na ně nahlížet z pohledu strojního, po stránce elektrické, ale také jako na zařízení přetvářející různé formy energie. Konvenční tepelné elektrárny mají největší podíl na výrobě elektrické energie jak u nás tak ve světě.

Tato bakalářská práce se zabývá principem funkce konvenčních tepelných elektráren a popisem funkce jednotlivých částí bloků, dělením na obvyklé typy, principy zvyšování účinnosti, moderními trendy a podmínkami pro rozšíření tepelných elektráren. Dále tato práce obsahuje rozdělení využití tepelných elektráren v české republice a ve světě a současnou legislativu upravující podmínky pro provoz a připojování elektráren a přenosových sítí.

Součástí práce jsou přílohy doplňující odborný text.

Klíčová slova

tepelné elektrárny, paroplynové elektrárny, dieselové elektrárny, Rankine-Clausiusův oběh, rozdělení elektráren, legislativa, elektrárenské trendy, spalovací technologie, rozložení výroby, moderní technologie, AFBC, PFBC, IGCC, účinnost

Abstract

Thermal power stations represent a set of devices, ranging in all technicals areas. Can be seen from the perspective of engineering, in terms of power, but also a device for converting various forms of energy. Conventional thermal power stations have the largest share of electricity production both at home and in the world.

This thesis contains the principle of function of conventional power stations, description of the function of individual parts of blocks, dividing the usual types, principles of increasing efficiency, modern trends and conditions for the expansion of thermal power stations. Furthermore, this work includes the use of the distribution in Czech Republic and in the world and current legislation governing the conditions for operation and connection of power plants and transmission networks.

The work also contains additional technical annex text.

Keywords

thermal power plants, combined cycle power plants, diesel power plants, Rankine-Clausius circulation, types of power plants, legislation, trends, electricity, combustion technology, distribution of production, modern technology, AFBC, PFBC, IGCC, efficiency

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Tepelná elektrárna.....	2
2.1	Princip funkce tepelných elektráren.....	2
2.1.1	Rankine-Clausiusův oběh.....	3
2.2	Rozdělení konvenčních tepelných elektráren.....	5
2.2.1	Uhelné tepelné elektrárny.....	6
2.2.2	Plynové a paroplynové elektrárny.....	18
2.2.3	Diesellové elektrárny.....	20
3	Využití tepelných elektráren	21
3.1	Využití tepelných elektráren v ČR pro rok 2010.....	21
3.2	Využití tepelných elektráren ve světě.....	23
4	Současná legislativa.....	25
4.1	Podmínky připojení, tvorba cen.....	25
4.2	Ekologie elektráren.....	29
5	Možnosti, trendy a předpoklady pro rozšíření tepelných elektráren.....	30
5.1	Moderní spalovací technologie, moderní typ elektráren, vodíková energetika.....	30
5.1.1	Kritické a nadkritické elektrárenské bloky.....	30
5.1.2	Atmosférické fluidní spalování.....	30
5.1.3	Tlakové fluidní spalování PFBC.....	31
5.1.4	Tlakové fluidní zplyňování IGCC.....	32
5.1.5	Paroplynové elektrárny.....	33
5.1.6	Vodíková energetika.....	34
5.2	Trendy v elektrické části elektráren.....	35
5.2.1	Vysokonapěťový generátor.....	35
5.2.2	Snižování elektrických ztrát.....	35
6	Závěr.....	36
	Seznam použité literatury.....	38
	Internetové zdroje.....	39
	Přílohy	

1 Úvod

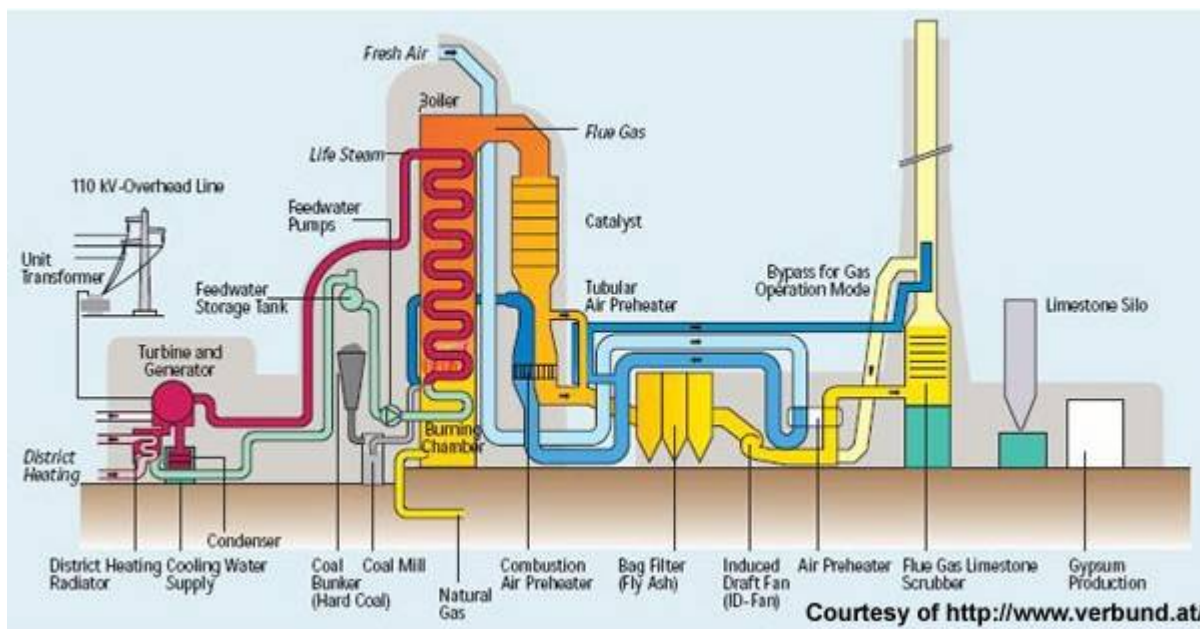
Tepelné elektrárny představují rozsáhlý komplex rozličných zařízení. Úkolem tepelných elektráren je přeměna chemické energie vázané v palivu na elektrickou energii rozváděnou ke spotřebitelům. Tato přeměna není přímá, neboť se uskutečňuje prostřednictvím dalších forem energie. U tepelných elektráren dochází k uvolňování chemické energie paliva ve formě tepla, k akumulaci tepelné energie a přenosu tepelné energie určitým médiem, jímž je obvykle pára daných parametrů, k přeměně tepelné energie nosného média na mechanickou energii a konečně k přeměně mechanické energie na elektrickou. Všechny tyto přeměny energií jsou provázeny ztrátami jež ovlivňují celkovou účinnost tepelných elektráren.

Je nezbytné, aby vyrobená elektrická energie splňovala jisté kvalitativní požadavky. Mezi tyto požadavky patří kmitočet, dodržení napěťových hladin, dodání potřebného množství energie. Aby bylo možné tyto požadavky splnit, je nutné parametry vyrobené elektrické energie upravit (transformovat). Děje se tak také proto, že parametry vyrobené elektrické energie nejsou vhodné pro přenos a nesplňují dané napěťové hladiny. (Příklad některých tepelných elektráren je v příloze – str.2)

2 Tepelná elektrárna

2.1 Princip funkce tepelných elektráren

Pro současné tepelné elektrárny je typické blokové uspořádání.



Obr. 1 – příklad blokového uspořádání

Jeden blok vždy obsahuje kotel, turbínu, alternátor, blokový transformátor a odbočkový transformátor. Tato zařízení charakterizují blok elektrárny. Počet bloků je dán výkonem bloků a instalovaným výkonem, na jaký je elektrárna navržena. Každý blok pak dále obsahuje pomocná a obslužná zařízení zajišťující provoz a ochranu bloku a jeho částí.

Základní princip funkce všech tepelných elektráren je shodný. Do kotle každého bloku je přiváděno palivo, které se zde spaluje. Hořením paliva dochází k uvolňování tepla, jež se akumuluje ve vodě protékající kotlem. Z vody se stává pára o potřebné teplotě a tlaku a ta se vede na turbínu. Expandující pára roztáčí turbínu a ta turboalternátor, který přeměňuje mechanickou energii na elektrickou. Za turboalternátorem následuje blokový transformátor. Ten je vždy zvyšovací, neboť je nutné zvýšit napětí z vysokého napětí na velmi vysoké napětí – obvykle 400 kV nebo 110 kV – a snížit proudy z desítek kiloampér na stovky ampér. Takovéto napětí a proudy jsou vhodné k přenosu.

Některé tepelné elektrárny mají rovněž funkci tepláren, protože kromě elektrické energie dodávají tepelnou energii, resp. teplo. To je možné díky odběrovým turbínám. Část páry se z těchto turbín odvádí do kondenzátoru a část páry se z turbíny odebírá a využívá se jako topná pára. Popsaný princip funkce je typický pro elektrárny využívající takzvaný Rankine – Clausiusův oběh (2.1.1.).

2.1.1 Rankine-Clausiusův oběh

Popisuje cirkulaci a skupenské stavy napájecí vody v tepelném okruhu elektrárny. Je to nejrozšířenější způsob oběhu napájecí vody viz. Obr 2.,3.

1) V prvním kroku dochází k čerpání upravené demineralizované napájecí vody oběhovým čerpadlem a ohřevu vody z teploty T_1 na teplotu T_2 . Teplota T_1 se pohybuje v okolí 20°C a normálního atmosférického tlaku, pokud zanedbáme zvýšení tlaku způsobené čerpáním vody napájecím čerpadlem, Teplota T_2 se pohybuje přibližně v okolí 200°C a tlaku kolem $1,5\text{MPa}$. Voda je v kapalném skupenství. Toto přehřátí se provádí z důvodu zvyšování účinnosti elektrárny. Teploty a tlaky napájecí vody se u jednotlivých elektráren liší.

2) Přehřátá napájecí voda vstupuje do kotle, případně jiného generátoru páry. Zde je voda o vysokém tlaku ohřívána až na mez sytosti kdy začne vřít. V další části kotle dochází ke vzniku syté páry a k přehřívání páry na pracovní teplotu. Pára je v kotli pod vysokým tlakem a teplotou. Tlaky ostré páry se pohybují v rozmezí $20 - 30\text{MPa}$, teplota mezi $550 - 700^\circ\text{C}$. Je nutné aby vyrobená pára neobsahovala kapičky vody, tzn. Pára musí být suchá.

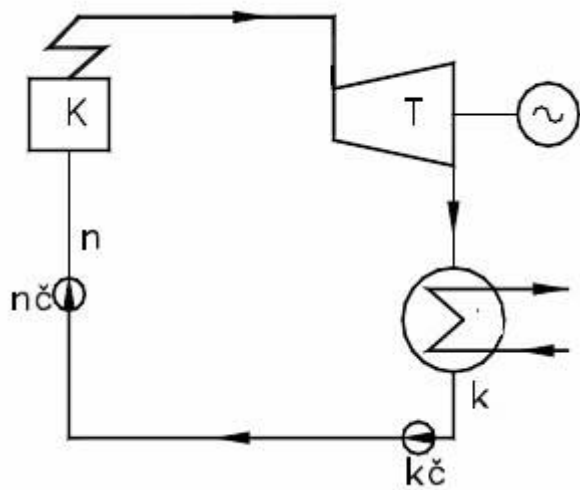
3) Pára z kotle se vede na turbínu kde expanduje a předává svou tepelnou a kinetickou energii. Turbíny velkých výkonů mohou být složeny z několika částí, pak se jedná o vícetělesové turbíny viz. Obr. 4, nebo turbínu tvoří jen jeden kus, ale turbína je rozdělena podle pracovního tlaku na vysokotlakou část, středotlakou část a nízkotlakou část. Často se v rámci zvyšování účinnosti využívá přehřívání páry, kdy za vysokotlakou částí turbíny je odběr a pára se vede zpátky do kotle, kde se přehřeje, tím se zvýší její teplota a vede se opět do turbíny na středotlakou část a následně na nízkotlakou.

4) Po průchodu turbínou se část páry může využívat jako topné v případě, že se jedná o teplárnu s odběrovou turbínou, je však nutné upravit teplotu a tlak páry. Pára, která se nevyužívá jako topná, nebo pára z bezodběrové turbíny se přivádí do kondenzátoru. Zde pára mění své skupenství z plynného na kapalně a stává se z ní zase napájecí voda, jež se přivádí do kotle společně s demineralizovanou vodou z vodního zdroje kryjící ztráty páry v oběhu. Tímto je uzavřen celý Rankine – Clausiusův oběh.

Na účinnost Rankine – Clausiusova oběhu působí mnoho vlivů. Je snaha o dosažení co nejvyšší účinnosti a proto se využívá:

- zvyšování teploty páry
- opakované přehřívání páry
- regenerační ohřev napájecí vody
- zvyšování účinnosti jednotlivých komponentů tepelného oběhu
- snižování protitlaku

Maximální reálně dosažitelná účinnost Rankine – Clausiova oběhu je omezena hlavně teplotou a tlakem páry. Parametry páry lze zvyšovat jen tak, jak dovolí materiály použité pro konstrukci částí tepelného oběhu. Hlavně kotle, potrubí a turbíny. Tyto materiály musí odolávat velmi vysokým tlakům a teplotám. Pro současné používané materiály platí maximální tlaky do 30MPa a teploty do 650°C. (3. D.)



Obr.2. - blokové schéma Rankine – Clausiova oběhu: kč – kondenzátorové čerpadlo

nč - napájecí čerpadlo

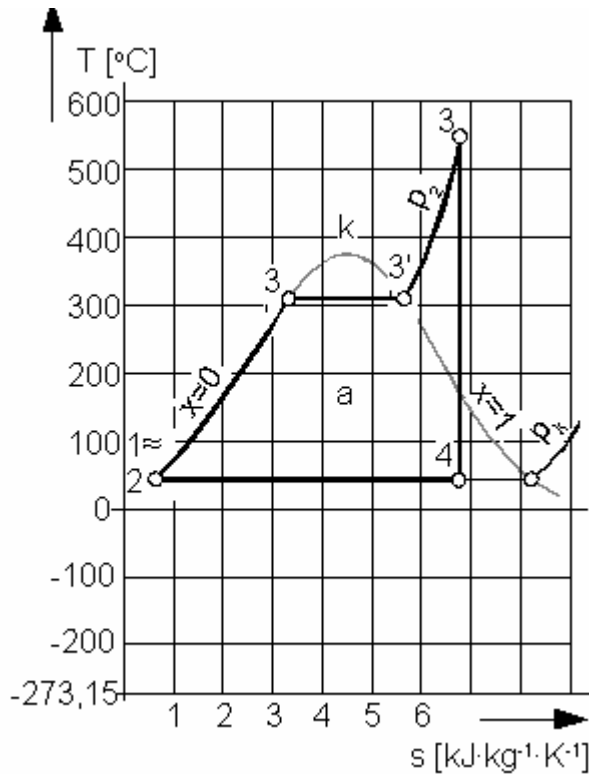
n - napájecí potrubí

K - kotel

T - turbína

~ - turboalternátor

k - kondenzátor



Obr.3. – T - s diagram Rankine – Clausiova oběhu (3).

2.2 Rozdělení konvenčních tepelných elektráren

Tepelné elektrárny a teplárny pracují vždy na stejném principu, liší se však spalovaným palivem a způsobem vzniku páry.

Podle užívaného paliva je možné elektrárny rozdělit na uhelné, využívající hlavně hnědé a černé uhlí, na paroplynové, spalující zemní plyn či energoplyn a dieselové spalující naftu. Dieselové elektrárny nejsou elektrárny v pravém smyslu, nýbrž se jedná se o velké dieselagregáty sloužící obvykle jako záložní zdroje. Málo obvyklé jsou pak sluneční tepelné elektrárny.

Uhelné elektrárny mohou být čistě kondenzační, nebo se může jednat o teplárnu, což je obvyklejší případ, protože teplárny mají vyšší účinnost. Elektrárny spalující zemní plyn jsou obvykle paroplynové. Všechny jmenované elektrárny pracují s párou kromě dieselových elektráren. Zde ke vzniku páry nedochází.

2.2.1 Uhelné tepelné elektrárny

Uhelné tepelné elektrárny jsou nejrozšířenějším typem tepelných elektráren. Primárním spalovaným palivem je černé nebo hnědé uhlí. Některé jsou schopny spalovat také biomasu, koksárenský plyn a topné oleje. Kromě elektřiny také často dodávají teplo. Vzhledem k dlouhé době potřebné k najetí uhelných elektráren tyto pracují ve všech režimech zatížení sítě.

Instalovaný výkon tepelných elektráren v ČR k roku 2010 je přibližně 11,8GW. Tyto elektrárny vyrobily k roku 2010 53580 GWh a zahrnují 80% instalovaného výkonu ČR(6).

Části uhelných elektráren – palivo

Černé uhlí se od hnědého liší stářím a výhřevností. Černé uhlí je geologicky starší a má vyšší výhřevnost. Výhřevnost černého uhlí je přibližně 25GJ/t. Tato hodnota může být nižší nebo vyšší v závislosti na kvalitě uhlí. Černé uhlí obsahuje více uhlíku a méně popelovin a síry. Nejvyšší kvality černé uhlí se nazývá antracit, je to geologicky nejstarší uhlí s nejvyšší výhřevností.

Černé uhlí se těží v hlubinných dolech např. na Karvinsku a Ostravsku.

Hnědé uhlí je geologicky mladší než černé uhlí a má nižší výhřevnost. Výhřevnost hnědého uhlí je 18GJ/t, hodnota výhřevnosti opět závisí na kvalitě a druhu hnědého uhlí. Nejmladší hnědé uhlí se nazývá lignit, je nejméně kvalitní. Hnědé uhlí obsahuje méně uhlíku a více popelovin, síry a těkavých látek. Hnědé uhlí je těženo většinou v povrchových lomech v Čechách.

Každá elektrárna má svou zásobu uhlí s níž by vystačila přibližně na měsíc provozu při výpadku dodávek. Jedná se od desítek po stovky tisíc tun uhlí, v závislosti na výkonu elektrárny.

Toto uhlí je skladováno ve stejné formě v jaké bylo vytěženo na skládce uhlí (fotografie uhelné skládky je v příloze – viz. Obr.4 / str.4). Dodávky uhlí jsou realizovány železniční dopravou.

Surové uhlí je skladováno v zásobnících, které se nazývají bunkry. Bunkrů může být v jedné elektrárně několik. Z bunkrů se surové uhlí dopravuje na váhy a pak do uhelných mlýnů. Uhelny mlýny jsou konstrukčně upraveny podle druhu drceného uhlí, mohou být např. kulové nebo tlukadlové. V mlýnech je uhlí drceno na prášek, případně na hrubší frakci, podle typu hořáků a konstrukce ohniště kotle. Prášek se fouká do zásobníku uhelného prášku tlakovým vzduchem. Skladování drceného uhlí se nazývá mezibunkrování. Mezibunkrování je výhodné z hlediska stálé jakosti paliva promíseného vzduchem. Mezibunkrování hnědouhelného prášku může být rizikové z důvodu vyššího obsahu těkavých látek. Z mezibunkru se pak uhlí dostává do uhelných hořáků, případně vytváří v ohništi kotle fluidní lože. Palivo ve formě uhelného prášku je k hořákům dopravováno tlakovým předehřátým vzduchem, pokud je uhlí ve formě hrubší frakce a vytváří fluidní lože, pak je vzduchem v ohništi kotle jen nadlehčováno. Produktem spalování uhlí jsou struska, popílek a spalné zplodiny obsahující oxidy uhlíku, síry a NO_x.

Kromě hnědého a černého uhlí jsou jako palivo užívány zemní plyn, energoplyn, topné oleje, biomasa a netoxické odpady. Netoxické odpady, biomasa a jiné méně kvalitní paliva se obvykle spalují metodou atmosférického nebo tlakového fluidního spalování umožňující dokonalejší spálení paliva. Obvyklejší je však použití těchto metod pro kombinace paliv uhlí – biomasa, uhlí – odpady. Všechna pevná paliva vždy prochází mlýnským okruhem, kde jsou drceny na požadovanou frakci. Plynu se v uhelných elektrárnách užívá hlavně pro najíždění kotlů a zapalování uhelných hořáků, případně pro stabilizaci výkonu kotle.

Tabulka 2: Výhřevnost náhradních paliv:

<i>Palivo</i>	<i>Výhřevnost</i>
topné oleje (mazut)	40 MJ/kg
zemní plyn	16 - 34 MJ/m ³
biomasa	14 - 18 MJ/kg
energoplyn	6 MJ/m ³

Části uhelných elektráren – tepelný okruh

Složky tepelného okruhu jsou přívod a úprava napájecí vody, regenerační ohřevy, kotel a vznik páry, turbína, kondenzátor.

Napájecí voda – Tato voda je základní pro výrobu páry v elektrárně. Je to voda jež vstupuje do kotle a kryje ztráty páry a kondenzátu v tepelném oběhu. Ztráty vznikají netěsnostmi potrubí, využíváním páry pro vytápění a odluhováním kotlů. Ztráty by neměly přesáhnout 5% celkové spotřeby páry. Ztráty je nutné doplňovat napájecí vodou ze zdroje napájecí vody.

Jako zdroj napájecí vody je většinou využit vodní tok či uměle vytvořená nádrž. Voda v nádrži je přírodní – obsahuje tedy různé rozpuštěné soli, minerály a různé další látky ve vodě rozptýlené. Takovou vodu je nepřipustné vpustit do kotle. Napájecí voda musí být prostá veškerých příměsí a minerálů. Látky obsažené ve vodě jsou příčinou vzniku kotelního kamene, ten se může usazovat např. v trubkách průtočných kotlů, kde snižuje tepelnou vodivost trubek a může dojít k přehřátí a potrhání potrubí kotle. Surovou napájecí vodu je tedy nutné upravit.

Voda je zbavena hrubých nečistot, filtrováním se odstraňují jemné nečistoty např. písek, koagulaci (čířením) je zbavena rozptýlených organických látek a jako poslední se odstraňují rozpuštěné soli a minerály způsobující tvrdost vody. Tvrdost vody se udává ve stupních tvrdosti, nebo v miligramekvivalentech/litr. Platí, že 1° tvrdosti = 2,8 mgekv/l. Odstranění tvrdosti se provádí v měničích iontů. Je to zařízení kde působením přírodních nebo umělých plastických hmot dochází k výměně iontů. Tomuto se říká změkčování vody. Mění se např. kationy vápníku a hořčíku za kationy sodíku. Takto upravená voda stačí pro napájení středotlakých kotlů avšak pro kotle vysokých parametrů (teplota a tlak) a pro kotle průtočné je nutné užít úpravu vody metodou chemické demineralizace(D).

Tabulka 3: Požadované jakosti napájecí vody(D):

<i>Druh kotle</i>	<i>Tvrdost (mgekv/l)</i>	<i>Obsah kyslíku(mg/l)</i>	<i>Výparek (mg/l)</i>
vysokotlaké s cirkulací	0,01	0,3	0,3
průtočné	0,005	0,3	0,2

Ideální by bylo, kdyby do kotle proudila jen čistá H₂O bez jakýchkoli příměsí, avšak ve vodě vždy nějaké soli zůstanou, ty se po odpaření vody koncentrují v kotli. Soly strhávané párou k turbíně způsobují její zasolení. Aby se tomuto zabránilo dochází k nepřetržitému odpouštění solemi zahuštěné kotelní vody (odluhování). Přípustný výparek v kotelní vodě určuje hmotnostní obsah soli na litr vody (mg/l) a je dán pro každý kotel provozními předpisy. Je obvykle nižší pro kotle vyšších parametrů. S dluhem je třeba odpouštět takové množství solí, jaké je přiváděno do kotle, tak aby výparek v kotelní vodě nepřekročil povolenou hranici.

Množství odluhu je možné určit z rovnice bilance solí_[2]:

$$(M + M_{odl}) \cdot a_{nv} = M \cdot a_p + M_{odl} \cdot A_{vkot} \quad [1]$$

M – množství vyrobené páry (kg/s)

M_{odl} – množství odluhu (kg/s)

a_{nv} - výparek v napájecí vodě (mg/kg) 1kg = 1 l vody

a_p - výparek v páře (mg/kg)

A_{vkot} – přípustný výparek v kotelní vodě (mg/kg)

Z rovnice [1] je možné určit množství odluhu v kg/s:

$$M_{odl} = \frac{a_{nv} - a_p}{A_{vkot} - a_{nv}} \cdot M \quad [2]$$

Množství odluhu může dosáhnout až 10% objemu napájecí vody. S odluhem se odvádí značné množství tepla, jež se získává zpět v expandérech. V nich se z odluhu stává pára a ta se odvádí zpět do tepelného oběhu, Neexpandovaný odluh o teplotách 30-50°C se odvádí jako odpad.

Napájecí voda a kondenzát se čerpá oběhovými čerpadly. Tato čerpadla jsou jedny z nejdůležitějších zařízení, jejich bezporuchovým provozem je podmíněna výroba elektřiny v elektrárně. Napájecí čerpadla jsou obzvláště významná pro kotle s malým vodním obsahem a proto ke každému kotli náleží minimálně 2 napájecí čerpadla. Čerpání napájecí vody provádí jedno z čerpadel, druhé představuje zálohu pro případ poruchy prvního čerpadla. Každé z čerpadel musí mít takový výkon aby bylo schopné přečerpat potřebné množství napájecí vody při maximálním výkonu kotle. Ke kotli může náležet i více než dvě čerpadla. Pokud se jedná o čerpadla poháněná elektromotorem, pak výkony těchto pohonů jsou v řádu jednotek až desítek MW v závislosti na množství vody, které je nutné přečerpat. Elektropohon a čerpadlo tvoří tzv. elektronapáječku. Používají se také turbonapáječky, kdy je pohon čerpadla realizován pomocí parní turbíny. Čerpadlo má buď svou vlastní turbínu, nebo je spojeno s hřídelí hlavní blokové turbíny. Velké elektrárny, například elektrárna Dětmarovice, obsahují jak elektronapáječky tak turbonapáječky. Na elektronapáječky připadá přibližně 4-6% vlastní spotřeby elektrárny. Užívají se odstředivá čerpadla. Výkon napájecího čerpadla lze stanovit z rovnice [3].

$$P_c = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta_c} \quad [3]$$

Q - množství vody (m³ / s)

H – výtláčná výška v metrech

η_c - účinnost čerpadla

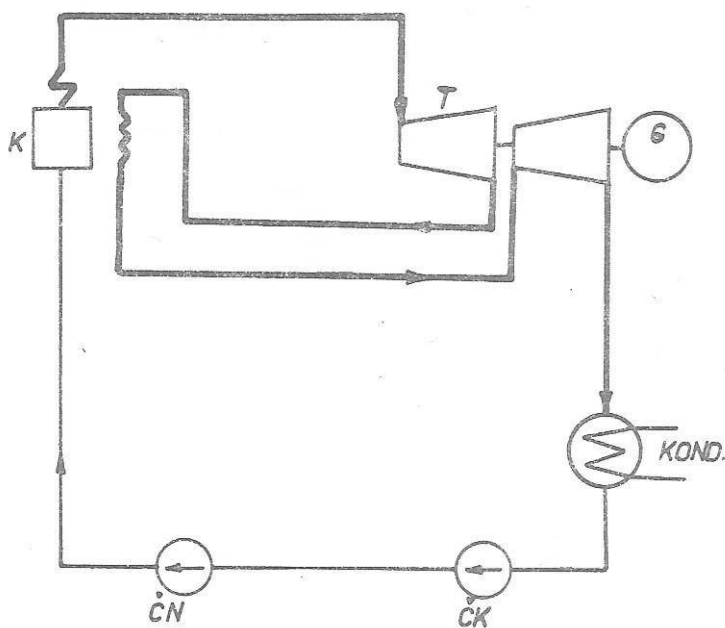
Regenerační ohřev – Jedná se o přehřívání napájecí vody vstupující do kotle. Využití regeneračního ohřevu zvyšuje celkovou účinnost elektrárny, protože se část tepla expandované páry vrací s ohřátou vodou zpět do kotle. Voda se přehřívá v ohřívacích parou odebíranou z turbíny na teploty kolem 250°C. Voda po ohřevu je stále v kapalném skupenství v důsledku vysokého tlaku. Regenerační ohřev má také vliv na množství spotřebovaného paliva, které praktikováním tohoto ohřevu klesá. Význam ohřevu roste se zvyšující se teplotou páry v kotli, kdy užitím ohřevu klesá množství tepla nutné k ohřátí vody na bod varu. V praxi se používá následující uspořádání regeneračních oběhů:

- *s povrchovými ohříváky* – zde pára odebíraná z turbíny proudí mezi trubkami ohříváku, ve kterých proudí kondenzát, tlak kondenzátu musí být vyšší, než tlak ohřívací páry

- *se směšovacími ohříváky* – odebíraná pára se mísí s napájecí vodou a tím jí odevzdává své teplo, mají také funkci odplynováků, zbavují napájecí vodu plynů způsobujících korozi kotle tj. kyslík, oxid uhličitý
- *kombinovaný* – užívá se kombinace povrchových a směšovacích ohříváků

Při volbě počtu ohřívacích stupňů se vychází z potřebného množství napájecí vody a požadované teploty. Ohřátí napájecí vody na potřebnou teplotu se neprovádí v jednom ohříváku, ale je vhodné využít více stupňů, čímž dojde ke zvýšení tepelných spádů. Počet stupňů je prakticky omezen hospodárností jednotlivých ohřevů.

Regeneračním ohřevem prochází také pára proudící turbínou. Přihřívání páry probíhá v kotli a má a následek snížení vlhkosti páry a zvýšení účinnosti. Vlhkost páry v poslední nízkotlaké části turbíny působí erozivně na lopatky turbíny, proto dochází k odběru páry z vysokotlaké části turbíny, přihřátí páry až na hodnoty vstupní páry a vedení páry na středotlakou a nízkotlakou část turbíny. Vlhkost páry by neměla překročit 15%.



Obr.5. – schéma regeneračního ohřevu páry (D) K – kotel
 T - turbína
 P- přihřívák páry
 G – generátor
 KOND - kondenzátor
 ČK – kondenzátní čerpadlo
 ČN - napájecí čerpadlo

Kotel – V kotli dochází ke spalování paliva, k přeměně napájecí vody na páru ždaných parametrů pro turbínu a k regeneračnímu přehřívání páry. Výkon kotle se udává v tunách páry za hodinu. Obvykle se jedná o stovky tun páry za hodinu. Kotle je možné rozdělit podle druhu spalovaného paliva, podle způsobu průtoku napájecí vody a podle parametrů ostré páry.

Dělení kotlů podle paliva - tuhá paliva (hnědé a černé uhlí, biomasa)

- kapalná paliva (mazut, topné oleje)

- plynná paliva (zemní plyn, energoplyn)

Většina kotlů spalujících tuhá paliva je schopna spalovat také kapalná i plynná paliva. Hořáky kotlů musí však být k tomuto uzpůsobeny.

Dělení kotlů podle průtoku napájecí vody - s přirozenou cirkulací

- s nucenou cirkulací

- průtočné

Tabulka 4: Dělení kotlů podle parametrů páry(C):

<i>Druh kotle</i>	<i>Tlak páry(MPa)</i>	<i>Teplota páry (°C)</i>
podkritický	12-20	510-560
kritické	20-25	510-560
superkritické	25-30	580-600
Ultra-superkritické	30-36	600-700

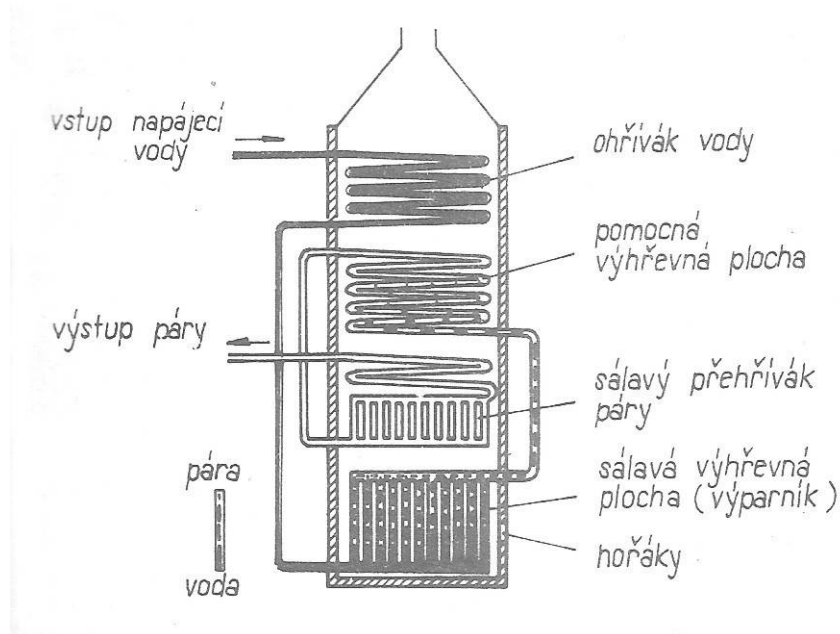
U kotlů s přirozenou cirkulací proudí napájecí voda vlivem proudění. Ohřátá voda a pára se liší hustotou od relativně studené napájecí vody, proto ohřátá voda a pára stoupají vzhůru, kdežto kondenzát s napájecí vodou se vrací zavodňovacími trubkami. Intenzita cirkulace závisí na poměru světlostí stoupacích trubek k světlosti trubek zavodňovacích, na výškovém rozdílu mezi horním válcem a sběrnými komorami a na provozním tlaku v kotli. Horní válec obvykle obsahuje odlučovací zařízení zabraňující zasolení turbíny. Kotle s přirozenou cirkulací se používají do tlaku 16 MPa. Při vyšších tlacích může dojít vlivem náhlého zvýšení výkonu ke vzniku páry v zavodňovacím potrubí a tím k zastavení proudění.

Pro kotle s nucenou cirkulací je typické cirkulační čerpadlo. Tyto kotle opět obsahují válec, jež tvoří zásobník napájecí vody a páry. Z válce je voda čerpána do výparného systému kotle a vzniklá pára se přivádí zpět do válce nebo do sběrné komory. Zde se odlučuje pára a pokračuje do přehříváku. Obvyklé tlaky pro tento typ kotlů jsou 13 – 18 MPa. Mezi výhody těchto kotlů patří krátké najížděcí doby a prostorové přizpůsobení konstrukce kotle. Nevýhodou je zvýšení vlastní spotřeby o napájení cirkulačního čerpadla.

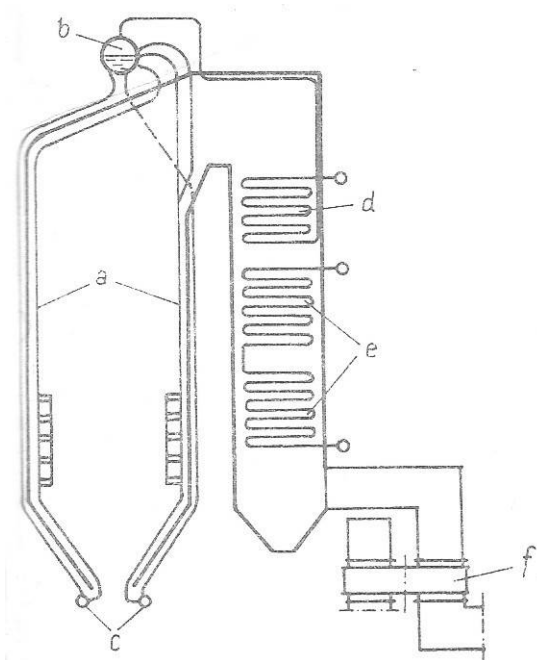
Použití průtočných kotlů je typické při snaze o co nejvyšší tlak ostré páry. Výparný pochod průtočného kotle probíhá postupně buď v jedné trubce, nebo v systému paralelně řazených trubek. Tyto kotle jsou obzvláště citlivé na kvalitu napájecí vody, protože neobsahují horní válec, v němž by docházelo k odlučování solí. Pracovní tlaky těchto kotlů jsou od 20 MPa výše.

Na celkovou konstrukci kotle mají vliv především druh spalovaného paliva a požadované parametry páry. Kotle pracují při vysokých tlacích, moderní kritické kotle nad 23 MPa, a při teplotách páry nad 550 °C, teplota v ohništi kotle bývá kolem 1500°C. Tento fakt si žádá použití vhodných žáruvzdorných ocelí. Právě materiály vhodné pro konstrukce jednotlivých částí kotle jsou největším problémem bránícím v dosahování co nejvyšších parametrů páry a tím co nejvyšší účinnosti.

S palivem se do kotle vhání také předehřátý vzduch. Pro průběh spalování je důležitý především kyslík. Pomocí regulace množství vzduchu je možné ovlivnit složení kotelních spalin, zejména je možné ovlivnit množství NO_x .



Obr. 6. – schéma průtočného kotle (D)



Obr. 7. – schéma kotle s přirozenou cirkulací (D) a – spalovací komora s varnými trubkami
 b - horní válec
 c - sběrné komory
 d - přehřívák páry
 e - ohřívák napájecí vody (ekonomizér)
 f - ohřívák vzduchu

Turbína – Parní turbína je zařízení ve kterém se energie akumulovaná v páře mění na energii mechanickou. Pára zde expanduje a otáčí turbínou. Množství mechanické práce vytvořené turbínou odpovídá rozdílu entalpií páry vstupující do turbíny a páry z turbíny vystupující. Entalpie stejně jako teplota páry při průchodu turbínou klesají. Turbína je dále spojena spojku s turboalternátorem a tvoří jeho pohon. Na hřídeli turbíny může být připojena také turbonapáječka. Mechanická účinnost turbín je okolo 95%.

Každá parní turbína obsahuje základní části, kterými jsou hřídel turbíny, oběžná kola, lopatky a dýzy. V dýze turbíny získává pára výtokovou rychlost a kinetickou energii. Dochází zde k expanzi. Pára prochází mezi lopatkami a předává jim svou kinetickou energii, přičemž se stále snižuje teplota páry a hodnota entalpie společně s tlakem. Lopatky jsou ukotveny v oběžných kolech a přeměňují kinetickou energii páry na mechanickou energii. Ta se předává pomocí hřídele turboalternátoru. Průměr oběžných kol a velikost lopatek se liší podle hodnoty tlaku. Je obvyklé, že se turbíny dělí na vysokotlakou, středotlakou a nízkotlakou část. Čím nižší je tlak páry tím větší musí být lopatky a průměr oběžného kola. Pro účinnost a životnost turbíny je významná suchost páry. Přítomnost vlhkosti v páře snižuje účinnost a způsobuje erozi lopatek.

Vlhkost se odstraňuje přihříváním páry, to způsobuje i jisté zvýšení účinnosti. Rovněž je nežádoucí přítomnost solí v páře aby nedošlo k zasolení turbíny. Soli se odstraňují odpuštěním odluhu.

Současnou snahu o co nejvyšší parametry páry brzdí materiály použitelné pro konstrukci turbín a kotlů. Turbíny stejně jako kotle pracují s vysokými teplotami a tlaky, dále na ně působí vibrace a rotor turbíny musí odolávat velkým odstředivým silám. Podle konstrukce rozlišujeme parní turbíny na rovnotlaké, přetlakové a protitlaké.

V rovnotlakých turbínách probíhá přeměna energie páry na energii kinetickou jen v dýze a pára prochází lopatkami za stálého tlaku.

V přetlakových turbínách pára expanduje jak v dýze tak mezi lopatkami a tlak páry při prostupu turbínou není konstantní, ale klesá. Tlak, teplota a entalpie páry na vstupu do turbíny jsou tedy větší než na výstupu. Celkový tepelný spád turbíny se skládá ze spádu v dýze a v lopatkách. Přetlakovost turbíny je poměr tepelného spádu na lopatkách k celkovému spádu. Tepelné spády se pohybují okolo 1200 - 1500 kJ/kg.

Celkový tepelný spád se rozděluje mezi stupně turbíny. Tepelný spád jednoho stupně je dán teplotou páry, např: pro teploty kolem 500°C je užíván spád 42 – 50 kJ/kg pro rovnotlaké turbíny a pro přetlakové 17 – 25 kJ/kg. V částech turbín s nižším tlakem mohou být hodnoty spádu 88 – 105 kJ/kg pro přetlakové.

Konstrukcí turbíny s větším počtem tlakových nebo rychlostních stupňů dojde ke snížení otáček turbíny a tím ke snížení sil namáhajících částí turbíny. Při použití tlakových stupňů se celá turbína skládá z jednotlivých turbín zapojených za sebou na společném hřídeli. Na tomto hřídeli jsou oběžná kola s oběžnými lopatkami. Pára je vedena přes ventil do dýzových komor. Tlakové stupně se užívají pro rovnotlaké i pro přetlakové turbíny.

Při použití rychlostních stupňů turbína obsahuje kromě dýz navíc rozváděcí kanál jenž mění směr proudící páry a rychlost páry na výstupech jednotlivých stupňů je značně nižší. Rychlostní stupně jsou typické pro rovnotlaké turbíny.

Turbíny je nutné regulovat tak aby nedocházelo ke změnám otáček vlivem změny zatížení. Závislost otáček turbíny na zatížení $n = f(P)$ se nazývá charakteristická regulace turbíny. Tvar charakteristiky (křivky regulací turbíny jsou v příloze – Obr.8 / str.5) této závislosti záleží na druhu regulace turbíny. Regulace může být statická či astatická. Dojde – li při statické regulaci ke zvýšení zatížení, otáčky lehce poklesnou. Tato regulace je používána u většiny turbín. V případě astatické regulace zůstávají otáčky při změnách zatížení zachovány. Otáčky turbíny určují otáčky turboalternátoru a ten udává síťový kmitočet 50 Hz. Ten je nutné dodržet.

Kondenzátor – Kondenzátor tepelné elektrárny slouží ke skupenské přeměně páry vycházející z turbíny zpět na vodu čerpanou zpátky do kotle. V kondenzátoru se uzavírá Rankine – Clausiův oběh, zároveň zde dochází k největším ztrátám energie, protože zbytková tepelná energie páry je bez užitku předávána chladicí vodě a odváděna do chladících věží. Kondenzátory jsou typické pro kondenzační elektrárny. Kondenzátor výrazně ovlivňuje množství páry potřebné pro turbínu.

Kondenzátory lze rozdělit na 2 základní typy – směšovací a povrchové. Směšovací kondenzátory obsahují směs vody a páry. Obě skupenství jsou zde pohromadě. V povrchových kondenzátorech nedochází ke kontaktu vody a páry. Pára z turbíny zde proudí v trubkách a mezi těmito trubkami proudí chladicí voda. V kondenzátorech se udržuje vysoké vakuum. Tlak obvykle nepřesahuje 6 kPa, tzn. 94% vakuum, většinou je však vakuum ještě vyšší. V praxi se užívá tlaku 3 – 5 kPa. Hodnota vakua má značný vliv na snížení měrné spotřeby páry, kdy zvýšení vakua o 1% může znamenat snížení spotřeby páry 2%. Hodnoty vakua závisí na chladícím povrchu kondenzátoru, na množství chladicí vody vztažené pro 1 kg páry a na vstupní teplotě chladicí vody. Zvýšením těchto parametrů dojde ke zvýšení vakua. Vstupní teplotu vody většinou nelze ovlivnit, bývá přibližně rovna okolní venkovní teplotě, avšak je možné zvýšit chladicí plochu kondenzátoru, nebo zvýšit průtok chladicí vody.

Zvětšení chladicí plochy je spojenou s většími rozměry kondenzátoru, tím se kondenzátor prodražuje. Zvýšení průtoku chladicí vody vyžaduje vyšší výkon čerpadel a tím zvýšení vlastní spotřeby elektrárny. V důsledku poklesu konečného tlaku (růstu hodnoty vakua) dochází k růstu měrného objemu páry a tím je potřeba zvětšit rozměry koncového dílu turbíny.

Zkondenzovaná pára se čerpá kondenzátním čerpadlem společně s napájecí vodou zpět do kotle. Teplota kondenzátu se pohybuje okolo 30°C. Chladicí voda prochází kondenzátorem a pokračuje do chladících věží. Zde se rozprašuje, ochlazuje a čerpá zpět do chladícího okruhu. Část chladicí vody unikne ve formě páry z věží přirozeným odpařováním, proto se chladicí voda neustále doplňuje. I z této vody musí být odstraněny soli a příměsi aby nedocházelo k zanášení potrubí. Chladicí voda je v chladícím okruhu přítomna jen v kapalném skupenství, protože rozdíl teplot vstupní a výstupní chladicí vody bývá jen 10°C. Množství chladicí vody potřebné k ochlazení příslušného množství páry se nazývá chladicí poměr.

Množství chladicí vody bývá 50 – 60 násobek množství páry vstupující do kondenzátoru voda je čerpána obvykle z vodního zdroje, do nějž se opět vrací, v případě nedostatečné kapacity vodního zdroje se praktikuje cirkulační chlazení, kdy se voda z bazénů chladících věží čerpá zpět do chladícího systému a ze zdroje jsou pouze ztráty chladicí vody. Chladicí věže mohou mít přirozený tah, nebo umělý. Umělý tah se umožňují ventilátory.

Produktem spalování uhlí jsou jak pevné tak plynné exhalace. Pevné exhalace jako struska a popílek jsou užívány pro výrobu stavebních materiálů, stejně tak při odsiřování vzniká jako vedlejší produkt energosádrovec rovněž užívaný ve stavebnictví. Mezi plynné exhalace patří emise SO_x a NO_x tedy oxidy síry a dusíku, které je povinností ze spalin odstraňovat. Spalováním kapalných paliv se výrazně redukuje množství pevných spalných produktů, stále však zůstávají emise SO_x a NO_x . Zemní plyn představuje nejčistší palivo pro konvenční tepelné elektrárny.

Struska představuje nejhrubší frakci pevných spalin. Odstraňování strusky probíhá přímo v kotli a to buď usazováním strusky na dně kotle a následným splavováním vodou, vzniká tak granulovaná struska, nebo periodickou výtavbou strusky a opět splavením vodou. Vytavení strusky se provádí obvykle jednou za den ve výtavných kotlích. Vytavená struska je splavována vodou skrz splachovací potrubí do drtiče strusky. Zde se ztuhlá struska rozdrťí a vodou je dopravena do usazovací jímky. Voda je z jímky čerpána zpět a usazená struska se distribuuje pro stavební účely.

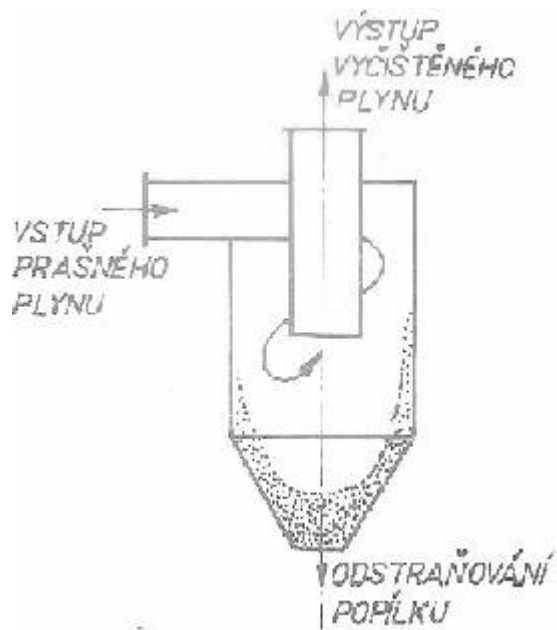
Popílek je drobná pevná frakce. Popílek se neusazuje, naopak je unášen plynnými exhalacemi a musí se proto filtrovat z kouřových plynů. Pro odstranění popílku se užívají primárně cyklonové odlučovače a elektrofiltry.

Cyklonové odlučovače (Obr.9.) slouží k mechanickému odstranění nejhrubšího popílku. Do vstupu cyklonu je vháněn prašný spalný plyn a popílek odstředivou silou naráží na stěny odlučovače, po kterých se šroubovitě pohybuje, ztrácí rychlost a usazuje se ve sběrači. Účinnost cyklonu je závislá na objemu spalného plynu, jenž cyklonem prochází a může kolísat v závislosti na změně výkonu kotle a tím na změně objemu kotelních zplodin. Aby se takovému kolísání předešlo, užívají se multicyklony. Multicyklon (Obr.10.) je baterie cyklonových odlučovačů s nižší „hltností“ spalných plynů než by měl jediný cyklonový odlučovač. Účinnost cyklonových odlučovačů je 60 – 80%.

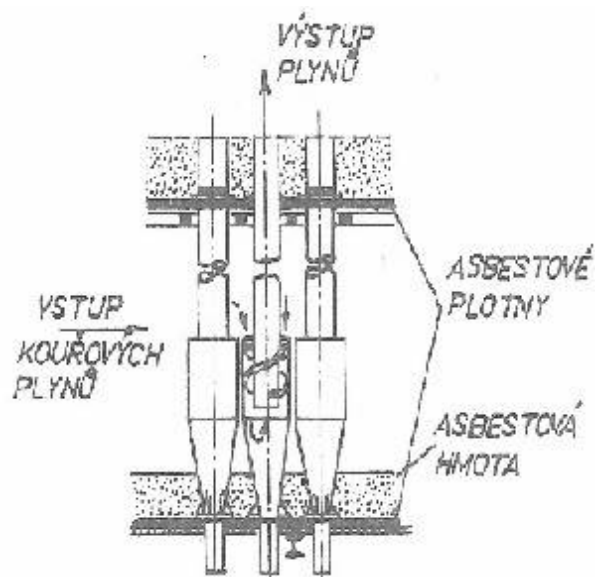
Elektrofiltr (Obr.11.) pracuje na principu vytvoření elektrostatického pole okolo usazovací elektrody. Elektrofiltry (elektrostatické odlučovače) následují po cyklonech a dochází zde k odstranění jemného popílku, který prošel cyklony. Základní části elektrofiltrů jsou výbojová elektroda, usazovací elektroda a zásobník popílku. Usazovací elektrody jsou ve formě sít z drátu, stejně tak výbojové elektrody tvoří drát aby byl umožněn průchod spalin skrz elektrody. Obě elektrody jsou připojeny na zdroj vysokého napětí 50 – 70 kV. Na výbojové elektrodě vzniká výboj korónou a na usazovací elektrodě se usazuje popílek vlivem elektrostatického pole vzniklého mezi elektrodami. Usazený popílek se pravidelně oklepává z elektrod do zásobníku. Účinnost elektrofiltrů je až 98%.

Emise NO_x je možně regulovat množstvím spalovacího vzduchu a regulací teploty ohniště. Dnes se pro redukci emisí NO_x užívá systému DENO_x , kdy se do ohniště kotle vstříkují čpavek.

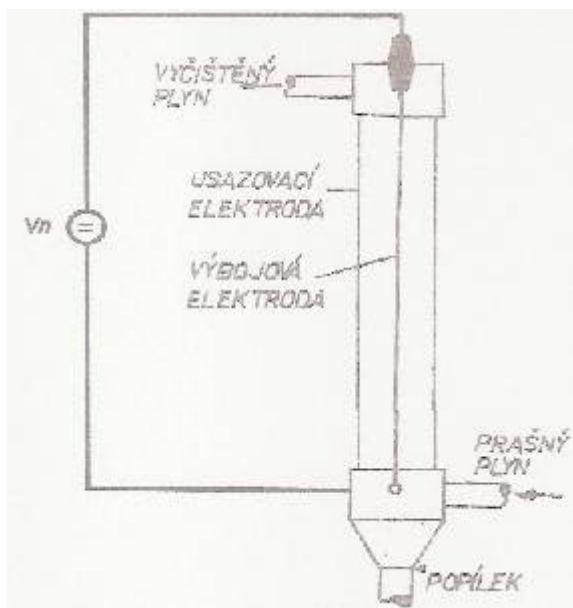
Emise SO_x se eliminují systémem DESO_x . Jedná se o reakci oxidů síry obsažených ve spalinách s vápennou vodou. Výsledným produktem reakce je energosádrovec (D, A, C).



Obr. 9. – cyklonový odlučovač (D)



Obr. 10. – schéma multicyklonu (D)



Obr. 11. – schéma elektrostatického odlučovače (D)

2.2.2 Plynové a paroplynové elektrárny

Paroplynové elektrárny patří k novějším typům tepelných elektráren. Budují se obvykle v paroplynové koncepci, kdy se v plynové spalovací turbíně spaluje směs plynu a vzduchu a vzniklé žhavé spaliny se použijí k výrobě páry pro parní turbínu. Pokud v elektrárně není instalovaná parní turbína, je spalné teplo používáno pro teplotní účely. Palivem plynových elektráren je zemní plyn. Elektrárny používající spalovací turbíny mohou užívat také kapalná paliva.

Pohon generátorů v plynových elektrárnách zajišťují primárně spalovací plynové turbíny. Jako generátory se užívají turboalternátory, stejně jako u parních elektráren. V plynových spalovacích turbínách vzniká obrovské množství tepla. Toto teplo se následně využívá pro výrobu páry pro parní turbíny, nebo slouží pro teplotní účely. Využití tepla spalovací turbíny zvyšuje účinnost elektrárny. Tepelná a elektrická účinnost paroplynových cyklů bývá nad 50%.

V ČR se připravují 3 projekty paroplynových elektráren. Jsou to PPC (ppc = paroplynový cyklus) Počerady s výkonem 830 MW, PPC Mělník s výkonem 800 MW a PPC Úžin s výkonem 220 MW. (Parametry PPC Počerady jsou uvedeny v příloze - str.6.).

Mezi hlavní výhody paroplynových elektráren patří velice krátká najížděcí doba, mohou být spuštěny prakticky okamžitě, protože není potřeba generovat teplotně nosné médium (páru). Výstavba plynových elektráren je méně nákladná a provoz je nesrovnatelně čistší než u elektráren na tuhá a kapalná paliva. Velmi nízká je vlastní spotřeba, většinou do 2%, neboť není nutné napájet velké pohony jako například uhelné mlýny a čerpadla. Paroplynové elektrárny je možné snadněji a přesněji regulovat a také více automatizovat. Riziko může představovat výbušnost zemního plynu ve směsi se vzduchem.

Části paroplynových elektráren

Komplex paroplynové elektrárny se skládá z přívodu paliva (obvykle zemního plynu), ze soustrojí tvořeného najížděcím motorem, kompresorem, spalovací komorou, spalovací turbínou a generátorem. Po tomto soustrojí následuje spalinový kotelný kotel, a soustrojí parní turbína, generátor. (Schéma soustrojí spalovací turbíny je uvedeno v příloze – obr.12 / str.7)

Zemní plyn – zemní plyn je obvykle přiváděn dálkovými plynovody. V místě spotřeby jsou stanice upravující tlak a čistotu plynu na provozní parametry. Dále je plyn přiváděn do spalovací komory. Zde se mísí s tlakovým vzduchem dodávaným kompresorem.

Kompresor - kompresor je uložen na společné hřídeli s turbínou, najížděcím motorem a generátorem. Na vstupu kompresoru je nasáván atmosférický vzduch a z výstupu, jenž vede do spalovací komory proudí zahřátý tlakový vzduch. Kompresor představuje největší mechanickou zátěž pro plynovou turbínu, může spotřebovat až 70% výkonu plynové turbíny. Důležitým parametrem kompresoru je kompresní poměr. Ten je dán konstrukcí kompresoru. Dále je důležitý poměr teplot vzduchu před vstupem do turbíny k teplotě před vstupem do kompresoru. Poměr teplot určuje termodynamické vlastnosti oběhu. Tyto poměry se vzájemně ovlivňují, rovněž výrazně ovlivňují celkovou účinnost soustrojí.

Spalovací komora – spalovací komora je statické zařízení a dochází zde k přeměně chemické energie paliva na tepelnou. Směs plynu a vzduchu se zde spaluje za stálého tlaku, čímž je dán stálý tlak a objem spalin. Teplota ve spalovací komoře dosahuje 1500 °C, proto palivová směs obsahuje značný přebytek vzduchu, způsobující ochlazení spalin přibližně na 600 - 800 °C. Konstrukce spalovací komory vyžaduje odolné žáruvzdorné oceli. Ve spalovací komoře mohou být spalována také kapalná paliva, spaliny se však musí před vstupem do turbíny vyčistit.

Spalovací turbína – pracovním médiem spalovací turbíny je směs spalin a vzduchu, vstupující ze spalovací komory do turbíny, kde dochází k expanzi a snižování tlaku a teploty směsi. Spalovací turbína může pracovat buď v otevřeném cyklu, kdy se spaliny po expanzi v turbíně odvádějí rovnou do komína, nebo se mohou využít pro parní cyklus. Tohoto se užívá v paroplynových elektrárnách. Žhavá směs spalin a vzduchu prochází spalinovým kotlem a až následně vstupuje do komína. Využití spalin a parního cyklu zvyšuje účinnost elektrárny i její instalovaný výkon, protože elektřinu vyrábí jak generátor na hřídeli spalovací turbíny, tak generátor poháněný parní turbínou.

Spalinový kotel - spalinový kotel má prakticky shodnou konstrukci, po stránce cirkulace vody, jako kotle v uhelných elektrárnách. Neobsahují však žádné hořáky a nedochází zde k hoření paliva. Fungují jako výměníky, ve kterých spaliny předávají svou tepelnou energii napájecí vodě, z níž vzniká pára. Spalinové kotle pracují s tlaky a teplotami na úrovni podkritických kotlů uhelných elektráren. Tepelný cyklus páry je shodný s parním cyklem v uhelných elektrárnách.

Při najíždění paroplynové elektrárny se uplatní najížděcí motor. Ten přebírá úlohu turbíny a roztáčí celé soustrojí, hlavně pak kompresor, který my jinak nemohl generovat tlakový vzduch. Najížděcí doby paroplynových elektráren jsou do 20 minut, v případě turbín s otevřeným cyklem v řádech minut. Celkovou účinnost soustrojí spalovací turbíny ovlivňuje poměr teplot vzduchu, kompresní poměr a účinnost kompresoru a turbíny. Účinnost parního cyklu je možné ovlivnit stejnými prostředky jako v případě uhelných elektráren (2.A.).

2.2.3 Dieselové elektrárny

Dieselové elektrárny, zvané také dieselagregáty mají primární funkci jako záložní zdroje elektrické energie. Výkony dieselagregátů jsou od jednotek kilowatt po jednotky megawatt. Použití dieselagregátů jako zdrojů silové elektrické energie, jako tomu je v případě uhelných a paroplynových elektráren, by bylo velmi neekonomické. Jsou však často používány v těchto elektrárnách jako záložní zdroje, pokrývající vlastní spotřebu elektrárny a umožňující najetí elektrárny bez cizí výkonové pomoci. Jako záložní zdroje elektřiny se užívají také v průmyslu a zdravotnictví. Výhodou dieselagregátů je jejich jednoduchá konstrukce – jedná se jen o dieselový motor spojený s generátorem. Najetí dieselagregátu je prakticky okamžité, najížděcí doba tedy nemá smysl. V případě dlouhodobého provozu vyžaduje údržbu jen motor. (Příklad dieselagregátu je v příloze - obr.13 / str.8)

Funkce dieselových elektráren

Jako ve všech tepelných elektrárnách i zde dochází ke spalování paliva. Jako palivo slouží nafta. Výhřevnost nafty je přibližně 42MJ / kg. Nafta je spalována v dieselovém motoru, s motorem je na společné hřídeli rotor generátoru.

Generátor dieselagregátu bývá vícepólový, což snižuje otáčky motoru potřebné pro zachování síťového kmitočtu 50Hz. Obvykle se používají 4 pólové generátory. Otáčky motoru pak lze stanovit z rovnice [6] $n_s = 60 \cdot \frac{f}{p}$, kde f je kmitočet a p je počet pólových dvojic. Pro 4 pólový generátor a žádaný kmitočet 50Hz musí mít motor 1500 ot. / min. Výstupem generátoru je trojfázová soustava 3 x 230 / 400V. Jako buzení rotoru se obvykle uplatňují permanentní magnety.

Dieselové motory bývají 4 a více válcové. Motory velkých dieselagregátů jsou až 16 válcové. Funkce vznětového motoru spočívá ve vstřikování nafty do válce, v němž došlo ke kompresi vzduchu pístem na 3– 4MPa. Pístem stlačený vzduch se zahřeje na 600 – 800°C. Následně je do prostoru mezi pístem a horní úvratí tlakem jemně rozprášena nafta. Ta se vlivem horkého vzduchu vznítí a rychle shoří. Dochází k prudkému zvýšení tlaku ve válci, působením žhavých spalin. Dochází k expanzi spalin a pohybu pístu směrem k dolní úvratí. To je moment kdy dojde k přeměně chemické energie paliva na mechanickou. Dále následuje výfuk spalin, pak opětovná komprese vzduchu a cyklus se opakuje. Písty motoru jsou uloženy na klikovém hřídeli, který přenáší mechanickou energii na rotor generátoru. Součástí motoru je startér napájený z akumulátoru. Parametry těchto akumulátorů jsou 24V / 1500 ampérhodin.

Kapacita akumulátorů může být i vyšší. Součástí motoru je také palivová nádrž s objemem ve stovkách litrů nafty. Spotřeba nafty u největších dieselagregátů může přesáhnout 500 litrů za hodinu.

3 Využití tepelných elektráren

3.1 Využití tepelných elektráren v ČR pro rok 2010

Celková vyrobená energie ve všech typech elektráren byla - 85 910 GWh

Celková vyrobená energie v tepelných elektrárnách byla - 81 579 GWh z toho:

- v parních elektrárnách – 49 979 GWh
- v paroplynových elektrárnách - 3 600 GWh
- v jaderných elektrárnách - 28 000 GWh

Z uvedených hodnot získaných ze stránek energetického regulačního úřadu je patrné, že tepelné elektrárny se podíleli na celkové výrobě elektrické energie z 95%. Z celkové energie vyrobené v tepelných elektrárnách bylo vyrobeno 61% v parních elektrárnách, 4,4% v paroplynových elektrárnách, tato hodnota se však v příštích letech zvýší, po dokončení PPC Počerady, PPC Mělník a PPC Úžin, a 34% v jaderných elektrárnách.

Následující tabulka ukazuje rozdělení výroby elektřiny v parních a paroplynových elektrárnách.

	Výroba elektřiny brutto [GWh]	Instalovaný výkon*) [MW _e]
PE		
<i>spalováním černého uhlí</i>	6 043,6	
<i>spalováním hnědého uhlí</i>	40 907,4	
<i>spalováním biomasy</i>	1 499,4	
<i>spalováním olejů</i>	128,7	
<i>spalováním zemního plynu</i>	433,5	
<i>spalováním skládkového plynu</i>	1,1	
<i>spalováním ostatních plynů</i>	862,0	
<i>ostatní</i>	104,0	
Celkem PE	49 979,7	10 769,0
PPE + PSE		
<i>spalováním biomasy</i>	12,5	
<i>spalováním olejů</i>	1,8	
<i>spalováním zemního plynu</i>	617,1	
<i>spalováním bioplynu</i>	508,9	
<i>spalováním skládkového plynu</i>	88,2	
<i>spalováním ostatních plynů</i>	2 318,6	
<i>ostatní</i>	53,2	
Celkem PPE + PSE	3 600,4	1 024,4

PE – parní elektrárny PPE – paroplynové elektrárny PSE – plynové spalovací elektrárny

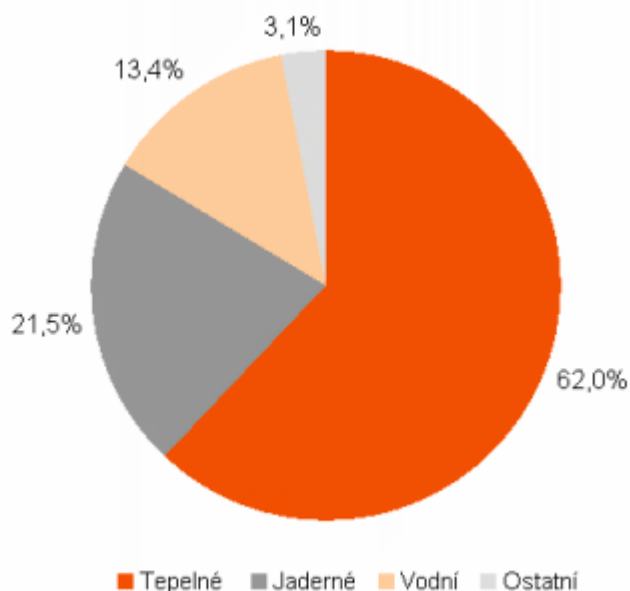
Z celkové energie vyrobené v tepelných elektrárnách byl vyroben největší díl elektrické energie v parních uhelných elektrárnách a to 46 951 GWh, což je 58%.

Vlastní spotřeba základních typů konvenčních tepelných elektráren byla:

- u parních elektráren – 4 754,5 GWh
- u paroplynových a spalovacích elektráren – 113,7 GWh
- u jaderných elektráren (Temelín a Dukovany) byla – 1 557,3 GWh

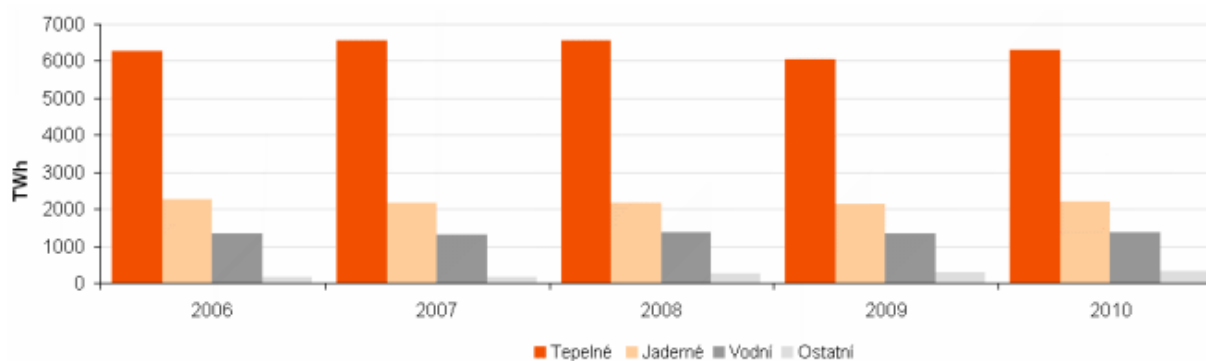
3.2 Využití tepelných elektráren ve světě

Následující graf ukazuje podíl tepelných elektráren na výrobě elektrické energie pro rok 2010 v zemích OECD (organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj) v porovnání s ostatními typy elektráren.



Z grafu je patrné, že tepelné elektrárny vyrobily 83,5% z celkového množství vyrobené energie. Jaderné elektrárny patří mezi tepelné elektrárny, avšak v konvenčních tepelných elektrárnách bylo vyrobeno 62% celkové vyrobené energie. Z grafu je dále možné vyčíst, že konvenční tepelné elektrárny se na celkové výrobě v zemích OECD podílely přibližně ze 2/3. Necelou 1/3 pak tvořili jaderné elektrárny.

Následující graf zobrazuje vývoj výroby elektřiny v zemích OECD v letech 2006 – 2010 podle typu zdroje.



Celková vyrobená energie pro rok 2010 ze všech zdrojů byla přibližně 10 200 TWh. Vztáhneme – li tuto hodnotu k předchozímu grafu procentního zastoupení výroby elektrické energie v jednotlivých typech elektráren, pak lze určit, že konvenční tepelné elektrárny vyrobily přibližně 6 300 TWh a jaderné elektrárny 2 200 TWh. Celkem bylo v tepelných elektrárnách vyrobeno přibližně 8 500 TWh elektrické energie(6).

4 Současná legislativa

4.1 Podmínky připojení, tvorba cen

Vyhláška 51/2006 Sb. ze dne 17. února 2006: (6).

Pro připojení zařízení k distribuční či přenosové soustavě, je určující vyhláška 51/2006 Sb. Vyhláška konkrétně stanoví podmínky připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst zákazníků k elektrizační soustavě a způsob stanovení podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu.

Obsah vyhlášky 51/2006: - Podmínky připojení zařízení žadatele k přenosové soustavě nebo distribuční soustavě
- Žádost o připojení zařízení k přenosové soustavě nebo distribuční soustavě
- Studie připojitelnosti
- Krátkodobé připojení k distribuční soustavě
- Připojení zařízení žadatele k přenosové soustavě nebo distribuční soustavě
- Podíl žadatele o připojení zařízení k přenosové soustavě nebo distribuční soustavě na oprávněných nákladech
- Zvláštní požadavky žadatele o připojení zařízení k přenosové soustavě nebo distribuční soustavě
- Elektrická přípojka pro dodávku elektřiny
- Podmínky dodávky elektřiny v případě poruchy na odběrném a měřicím zařízení a v případě odmítnutí přístupu k měřicímu zařízení
- Přílohy vyhlášky 51/2006 Sb.

Vyhláška 371/ 2011 Sb. ze dne 21.února 2005: (6).

Tato vyhláška upravuje pravidla trhu s elektřinou, zásady tvorby cen za činnosti operátora trhu a provádění dalších ustanovení energetického zákona.

Obsah vyhlášky 541/ 2007: - Vymezení pojmů

- Trh s elektřinou
- Registrace účastníků trhu s elektřinou a přiřazování odpovědnosti za odchylku
- Zajišťování regulovaného přístupu k přenosové soustavě a distribučním soustavám
- Zkušební provoz
- Podmínky přístupu k sítím pro zahraniční obchod s elektřinou
- Smlouvy na trhu s elektřinou
- Odpovědnost za odchylku
- Organizovaný krátkodobý trh s elektřinou
- Blokovaný trh
- Denní trh
- Podpůrné služby zajišťované provozovatelem přenosové soustavy
- Předávání skutečných hodnot pro finanční vypořádání odchylek
- Vyhodnocování odchylek v lokálních distribučních soustavách
- Vyhodnocování odchylek s využitím typových diagramů v regionech typových diagramů
- Výpočet odchylek
- Zaokrouhlování skutečných hodnot při výpočtu odchylky
- Zúčtování a finanční vypořádání odchylek
- Předávání údajů pro vyúčtování plateb a úhrada plateb za poskytování systémových služeb
- Přílohy vyhlášky 541/ 2007 Sb.

Vyhláška 41/ 2010 Sb. ze dne 15.prosince 2005: (6).

Vyhláška určuje požadovanou kvalitu dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice, včetně výše náhrad za její nedodržení, postupy a lhůty pro uplatnění nároku na náhrady, a postupy pro vykazování dodržování kvality dodávek a služeb.

Obsah vyhlášky 540/ 2006: - Základní pojmy

- Uplatnění náhrad
- Standard ukončení přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny
- Standard dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny
- Standard výměny poškozené pojistky
- Standard kvality napětí
- Standard lhůty pro vyřízení reklamace kvality napětí
- Standard lhůty pro odstranění příčin snížené kvality napětí
- Standard zaslání stanoviska k žádosti o připojení zařízení žadatele k přenosové nebo distribuční soustavě
- Standard umožnění přenosu nebo distribuce elektřiny
- Standard výměny měřicího zařízení a vyrovnání plateb
- Standard předávání údajů o měření
- Standard lhůty pro vyřízení reklamace vyúčtování distribuce elektřiny
- Ukazatele nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny
- Vykazování dosahované úrovně kvality přenosu nebo distribuce elektřiny a dodávek elektřiny a souvisejících služeb
- Přílohy vyhlášky 540/ 2006 Sb.

Vyhláška 392/ 2011 Sb. ze dne 11.října 2005: (6).

Tato vyhláška určuje podrobnosti, pro udělování licencí, pro podnikání v energetických odvětvích. Konkrétně se jedná o vzory žádostí k udělení, změně a zrušení licence a vzory žádostí o uznání oprávnění k podnikání uděleného v jiném členském státě Evropské unie, náležitosti prohlášení odpovědného zástupce, způsoby určení vymezeného území a provozovny, prokázání vlastnického nebo užívacího práva k užívání energetického zařízení, způsoby prokazování finančních a technických předpokladů a odborné způsobilosti pro jednotlivé druhy licencí.

Obsah vyhlášky 426/ 2005: - Žádost o udělení, změnu a zrušení licence

- Náležitosti prohlášení odpovědného zástupce
- Určení provozoven
- Určení vymezeného území
- Vlastnické nebo užívací právo k energetickému zařízení a jeho prokazování
- Finanční předpoklady a způsoby jejich prokazování
- Technické předpoklady
- Prokazování odborné způsobilosti
- Přílohy vyhlášky 426/ 2005 Sb.

Vyhláška 393/ 2011 Sb. ze dne 11.května 2009: (6).

Vyhláška udává postupy při tvorbě a způsoby regulace cen v energetických odvětvích. Konkrétně se tato vyhláška týká elektroenergetiky a plynárenství.

obsah vyhlášky 426/ 2005: - Způsob regulace a postup tvorby cen v elektroenergetice

- Způsob regulace a postup tvorby cen v plynárenství
- Způsob regulace a postup tvorby cen za vyhodnocování, zúčtování a vypořádání odchylek operátorem trhu v elektroenergetice a v plynárenství
- Postup stanovení cen při vzniku držitele licence a přeměny stávajících držitelů licence v elektroenergetice a plynárenství
- Způsob regulace cen v teplárenství
- Dělení nákladů při kombinované výrobě elektřiny a tepla
- Přílohy vyhlášky 140/ 2009 Sb.

4.2 Ekologie elektráren

Zákon 372/2007 Sb. ze dne 19. Prosince 2007:(10).

Jedná se o zákon o národním programu snižování emisí ze stávajících zvláště velkých spalovacích zdrojů. Zákon ukládá povinnost nepřekračovat emisní limity. Emisní limity se týkají množství pevných znečišťujících částic, oxidů síry a dusíku. Zákon rovněž stanoví, v jakých lhůtách musí být tyto limity dodrženy. Zákon vychází z příslušného předpisu evropských společenství, typy spalovacích zdrojů a lhůty plnění limitů jsou uvedeny v přílohách tohoto zákona.

Zákon 85/2012 Sb. ze dne 9. Prosince 2004:(9).

Zákon o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů. Zákon se řídí předpisem evropských společenství, stanovuje typy skleníkových plynů, podmínky a postup pro vydání emisních povolenek, podmínky pro provoz zařízení produkující skleníkové plyny a sankce za porušení stanovených povinností.

5 Možnosti, trendy a předpoklady pro rozšíření tepelných elektráren

Na rozšíření tepelných elektráren jak v ČR tak ve světě bude mít hlavní vliv vzrůstající velikost spotřeby elektrické energie. Tepelné elektrárny představují nejmohutnější a nejspolehlivější výrobní zdroj. Pokud bude světová spotřeba elektřiny nadále narůstat, bude možné tento trend kompenzovat jedině výstavbou tepelných elektráren, ať již konvenčních či jaderných, protože je možné postavit je teoreticky kdekoliv, na rozdíl od vodních elektráren, které se stavějí jen na vhodných vodních tocích a také proto, že výkon tepelných elektráren není závislý na počasí, případně na ročním období, jak je tomu u větrných a slunečních elektráren. Největším současným trendem je ekologizace a zvyšování účinnosti elektráren. Pro nově stavěné tepelné elektrárny, je typické použití kritických a nadkritických bloků, kogenerace a užívání čistých uhelných technologií jako jsou atmosférické fluidní spalování, tlakové fluidní spalování, a tlakové fluidní zplyňování. V případě starších elektráren je prováděna modernizace, takzvaný retrofit, všech sekcí výroby elektřiny. Pro splnění emisních limitů je výhodná výstavba elektráren s paroplynovým cyklem, kdy palivem nemusí být jen zemní plyn, tedy fosilní palivo, ale také energoplyn vzniklý zplyňováním uhlí, biomasy a jiných paliv. Dochází také k rozvoji vodíkové energetiky.

5.1 Moderní spalovací technologie, moderní typ elektráren, vodíková energetika

5.1.1 Kritické a nadkritické elektrárenské bloky

Kritické a nadkritické elektrárenské bloky dosahují vyšších účinností než bloky s podkritickými parametry páry. Parametry páry jednotlivých druhů bloků jsou rozděleny v tabulce dělení kotlů podle parametrů páry. Vysoké parametry páry kritických a nadkritických bloků si žádají použití moderních materiálů při konstrukci kotlů, potrubí a parních turbín. Ty musí odolávat až dvojnásobným tlakům, a vyšším teplotám než v případě podkritických bloků. Vhodnými konstrukčními materiály se jeví oceli legované wolframem a slitiny na bázi niklu.

Použití moderních typů elektrárenských bloků zvyšuje účinnost výroby elektrické energie. (C. A)

5.1.2 Atmosferické fluidní spalování AFBC

Atmosferické fluidní spalování AFBC (atmospheric fluid bed combustion) je výhodné z důvodu účinnějšího předávání tepla napájecí vodě, produkuje méně plynných exhalací a umožňuje spalování méně kvalitních paliv s nižší výhřevností.

Toto spalování probíhá v kotli za atmosférického tlaku. Vznik fluidní vrstvy je umožněn speciálním roštem umístěným v ohništi kotle. Na tento rošt se přivádí palivo ve formě zrn do 6mm a skrz rošt je vháněn primární vzduch způsobující vznos paliva.

Principem fluidního spalování je dosažení stavu, kdy je palivo, vlivem vhnání primárního vzduchu pod rošt, vynášeno do určité výšky nad tento rošt a zde vytváří tzv. fluidní vrstvu, kde dochází ke spalování paliva, aniž by klesalo zpět na rošt. Paliva pro fluidní spalování mohou být kapalná nebo tuhá. Z tuhých paliv to mohou být černé a hnědé uhlí, rašelina, biomasa a netoxické odpady.

Fluidní vrstva sestává z inertu a sorbentu. Inert, tedy inertní složka, je označení pro látky upravující vlastnosti fluidní vrstvy. Těmito vlastnostmi jsou měrná hmotnost a hustota. Jako inerty se užívají písek, šterk a keramika. Sorbent představuje látku zajišťující odsíření již ve fluidní vrstvě v kotli. Používaným sorbentem je obvykle vápenec. Inert, sorbent i palivo jsou do kotle dodávány nepřetržitě. Všechny složky jsou mleté, jedná se však o mnohem hrubší frakci než v případě ohnišť s práškovými hořáky.

Na výstupu spalin z kotle je umístěn cyklónový odlučovač vracející větší nedokonale spálené části paliva zpět do spalovacího prostoru. Odlučovač tak zvyšuje účinnost spalování a umožňuje použití méně kvalitních paliv. Toto opatření se užívá i u tlakového fluidního spalování.

Vznik oxidů dusíků z primárního vzduchu je omezen spalovacími teplotami v rozmezí 800 - 950°C.

5.1.3 Tlakové fluidní spalování PFBC

Tlakové fluidní spalování PFBC (pressurized fluid bed combustion) se liší od atmosférického zvýšeným tlakem na hodnotu do 1,6 MPa. Účinnost výroby elektrické energie je o 6-8% vyšší než u atmosférického fluidního spalování. Celková účinnost dosahuje 44%. Princip tlakového fluidního spalování a vhodná použitelná paliva jsou stejná jako u fluidního spalování atmosférického. Shodný je rovněž princip odsíření spalin. Kotel pro PFBC je však velikostně výrazně menší, při stejném výkonu, než kotel pro AFBC, jelikož spalování při PFBC probíhá v mnohem menším prostoru. Celý kotel je navíc umístěn v tlakové nádobě. Množství plynných emisí je přibližně srovnatelné s atmosférickým fluidním spalováním. Množství NO_x a dalších oxidů dusíku závisí na provozní teplotě a tlaku. Kotel PFBC kombinuje parogenerátor a zplyňovač. Je tedy vhodný pro použití v paroplynovém cyklu. Tlakové fluidní spalování je náročné na řízení a regulaci. Jistou nevýhodou obou druhů spalování představují chemicky nestabilní pevné produkty spalování nevhodné pro zpracování ve stavebnictví. Tyto produkty je nutné zkládkovat.

Výhody obou typů spalování jsou

- možnost spalovat nekvalitní paliva
- vysoká účinnost spalování spojená s recirkulací popela
- lepší přenos tepla s fluidní vrstvy k teplotněmu mediu
- nízká koncentrace SO_x a NO_x ve spalných plynech
- vhodnost k provozu v paroplynovém cyklu

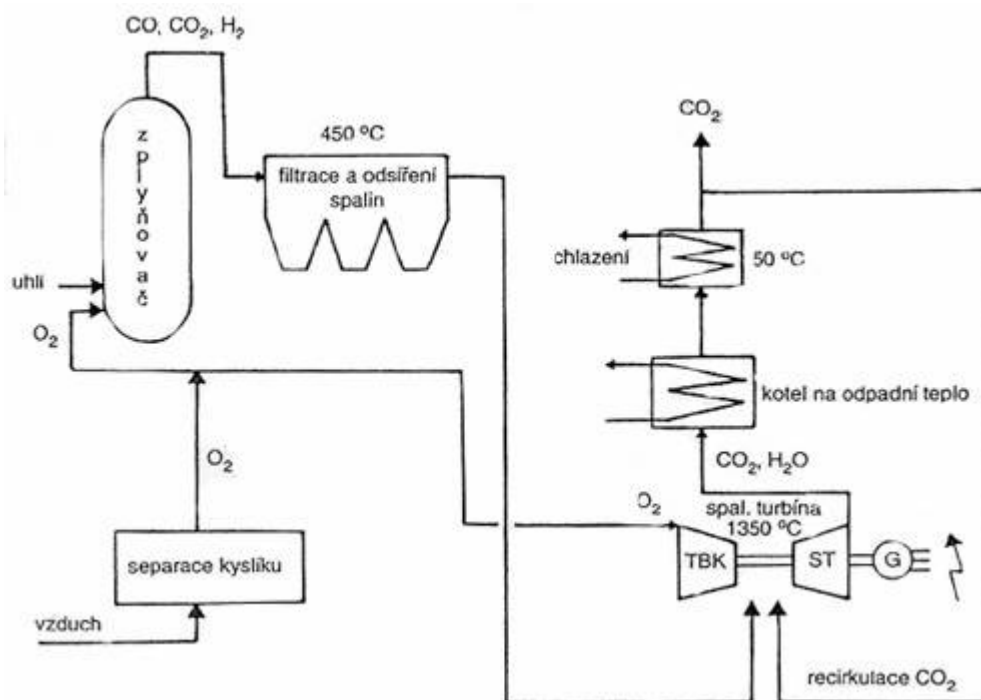
Nevýhody obou typů spalování jsou

- vysoké nároky na řízení spalovacího procesu
- složitá doprava paliva a odsun popela ze spalovacího prostoru.

5.1.4 Tlakové fluidní zplyňování IGCC

Tlakové fluidní zplyňování IGCC a zplyňování obecně představuje procesy, při kterých je z prvotní suroviny získáván plyn sloužící jako palivo. Výhřevnost plynu je přibližně 5MJ/m^3 . Zplyňují se obvykle pevná méně kvalitní paliva jako hnědé uhlí, lignit a biomasa. Je však možné zplyňovat také kapalná paliva. Proces zplyňování probíhá buď při atmosférickém tlaku, či jako tlakové zplyňování při tlaku do $2,5\text{MPa}$ ve zplyňovacích generátorech. Zde zplyňovaná surovina tvoří pevné lože nebo fluidní vrstvu. Do generátoru se přivádí směs zplyňované drcené suroviny, páry, vodíku a omezené množství kyslíku. V generátorech následně dochází k částečné oxidaci prvotní suroviny a ke vzniku směšného plynu obsahujícího převážně oxid uhelnatý a vodík. Oxidační reakce probíhají za teplot od $500 - 1500^\circ\text{C}$ podle způsobu zplyňování. Vzniklý plyn se zbaví SO_x , množství NO_x se koriguje obsahem páry a kyslíku ve směsi.

Vyčištěný plyn je obvykle používán jako palivo pro kombinované paroplynové cykly, je tedy výhodné aby zplyňovací generátory byli součástí paroplynových elektráren.



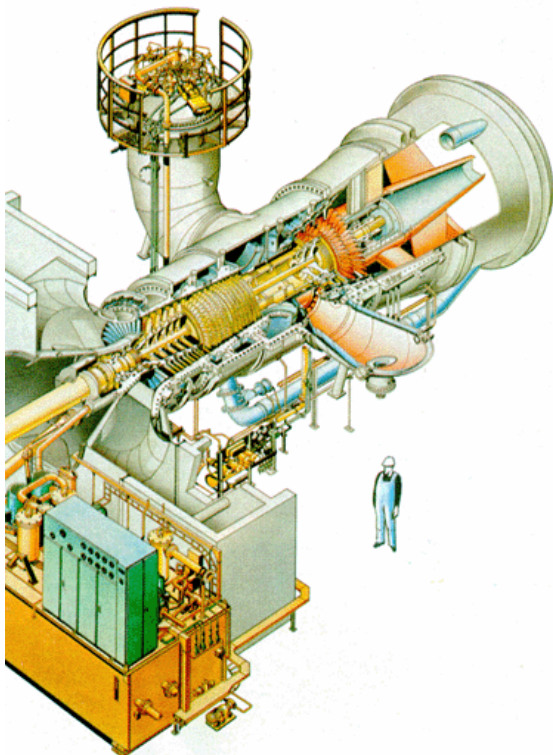
Obr.14 – schéma procesu IGCC s kombinovanou s výrobou elektrické energie a možností separace CO_2

5.1.5 Paroplynové elektrárny

Paroplynové elektrárny se v současnosti dostávají do popředí zájmu pro svou vyšší účinnost výroby elektřiny, dosahující nad 50% , nízkou vlastní spotřebu a pro menší ekologické zatížení prostředí. Je v nich také možno provozovat kombinovanou výrobu tepla a elektřiny. Další možností zvýšení účinnosti paroplynových elektráren je použití katalytického parního reformování na parní turbíně, kdy dochází k zušlechťování palivového plynu. Toto opatření má za následek navýšení účinnosti až na 56%. Dále dochází k vyvíjení materiálů spalovacích komor, jež by snášely co nejvyšší teploty, čímž narůstá termická účinnost zařízení. S tímto je však spojen zvýšený vznik NO_x a CO. Emise NO_x a CO jsou omezovány řízením spalovacího procesu a přebytkem vzduchu ve spalovací komoře.

Současná koncepce plynových spalovacích turbín vede ke strojům s výkony v řádech stovek MW. Mezi požadavky patří také spolehlivost a jednoduchost. Uznávaným moderním provedením je turbína se spalovací komorou nevystupující z obrysu stroje. Takzvaná spalovací komora leteckého typu.

Na rozšíření paroplynových elektráren budou mít vliv také limity těžby uhlí. Tyto limity stanoví množství uhlí, jež je možno vytěžit a jsou stanoveny z důvodu zabránění větších škod na životním prostředí, než je nezbytně nutné. Paroplynové elektrárny k funkci uhlí nepotřebují, na rozdíl od klasických uhelných elektráren. Nebudou – li limity těžby uvolněny, dojde k útlumu uhelných elektráren a k jejich nahrazení paroplynovými.



Obr. 15 – spalovací turbína leteckého typu

5.1.6 Vodíková energetika

Vodíková energetika je nově vznikající odvětví energetického průmyslu, zabývající se využitím vodíku coby media, prostřednictvím kterého by mohla být energie uskladněna či transportována.

Velkou předností využití vodíku jako zdroje energie je, že jeho získávání a transport jsou šetrné k životnímu prostředí, stejně jako spalování vodíku, při kterém vzniká jen vodní pára. Mezi další výhody patří vysoká výhřevnost vodíku, nízká viskozita umožňující vysoké průtoky při přepravě a prakticky neomezené zásoby surovin, z nichž lze vodík vyrobit. Vodíkové hospodářství však nese i jistá rizika. Hlavním je zajištění bezpečnosti při transportu a skladování vodíku. Molekuly vodíku mají malé rozměry v porovnání s ostatními plyny, je proto obtížné zajistit těsnost transportních systémů a skladovacích nádob.

Vodík je schopen difundovat vadami v materiálu a ve svárech, stejně tak snadno prochází řídkými materiály. S tímto problémem přímo souvisí riziko výbušnosti vodíku. Ten tvoří se vzduchem vysoce výbušnou směs v široké škále koncentrací. Únik vodíku navíc nelze smysly odhalit. Jiný problém představuje vodíkové křehnutí. Tyto jevy se dají částečně omezit použitím vhodných polymerových vrstev jako vystélky tlakových nádob a potrubí.

Doprava vodíku je realizovatelná pomocí stávajících plynovodů, ty by však museli projít technickými úpravami, tankery a železniční dopravou pro vzdálenosti nad 1000km i silniční dopravou. Bylo zjištěno, že potrubím o světlosti 900mm lze přepravit až desetinásobek energie ve srovnání s jednoduchým nadzemním vedením na hladině 500kV. Vodíku se v energetice dá využít pro cyklus využívající levnou mimošpičkovou elektřinu, popřípadě přebytečnou energii dodávanou z větrných a slunečních elektráren, pro výrobu vodíku a následnou konverzi na levnější špičkovou elektřinu. Dále pak k akumulaci přebytečné elektrické energie navázáním vodíku na jiné medium schopné vodík pohltit a v případě potřeby jej uvolnit. Nevýhodou vodíkové energetiky představuje nákladná výroba vodíku. Ten se vyrábí převážně elektrolýzou vody, nebo se získává z energoplynu při procesu zplyňování.

Kromě moderních spalovacích technologií, které mají vliv hlavně na ekologičnost elektráren, a používání moderních bloků, je snaha modernizovat také elektrickou část elektráren a snižovat ztráty elektrické energie.

5.2 Trendy v elektrické části elektráren

5.2.1 Vysokonapět'ový generátor

Významná je konstrukce vysokonapět'ového generátoru. Elektrárenský blok s vysokonapět'ovým generátorem nepotřebuje zvyšovací blokový transformátor, neboť hladina výstupního napětí generátoru může být stejná jako napět'ová hladina sítě do níž generátor pracuje. Může být tedy připojen přímo na síť.

Absence blokového transformátoru zvyšuje účinnost výroby. Využití vysokonapět'ového generátoru s sebou přináší výhody jako zmenšení elektrické části bloku, nižší provozní a údržbové náklady, nižší ztráty ve vinutí, menší riziko dvoj a třífázových zkratů a podstatné snížení jmenovitých proudů.

5.2.2 Snižování elektrických ztrát

Jiným trendem z oblasti elektrické části elektráren je přechod na vyšší napět'ové hladiny. Napět'ové hladiny v ČR jsou 400kV, 220kV a 110kV. Od hladiny 110kV se postupně ustupuje ve prospěch 220kV a 400kV z důvodu nižších ztrát. Stejně tak je ve světě využíván přenos na hladinách zvláště vysokého napětí a tam, kde jsou vhodné vzdálenosti také DC přenos ultra vysokým napětím.

6 Závěr

Tepelné elektrárny tedy patří k primárnímu výrobnímu zdroji elektrické energie. Toto platí jak pro ČR, na celkové výrobě se u nás podílejí z 95%, tak pro světovou výrobu elektřiny, na které se podílí přibližně z 60%. Aby bylo možno vyhovět rostoucí spotřebě elektřiny, je nezbytně nutné provádět modernizace dříve vybudovaných elektráren a užívat všech principů vedoucích ke zvyšování účinnosti elektráren. Nové tepelné elektrárny je nutné stavět s využitím moderních technologií.

Pro starší elektrárny, které byly uvedeny do provozu v letech 1970 – 1980, spočívá modernizace hlavně v regeneračních ohřevcích napájecí vody, opakovaném přehřívání páry, dále pak ve zvyšování teploty a tlaku páry a snižování protitlaku. Rovněž kombinovaná výroba tepla a elektřiny zvyšuje výslednou účinnost. Účinnost dříve postavených elektráren se pohybuje okolo 30% a většinou se jedná o kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Bloky těchto elektráren jsou podkritické s tlaky do 20MPa a teplotami páry do 560°C. Spalují obvykle pevná paliva jako hnědé uhlí, lignit. Černé uhlí používá jediná elektrárna v ČR a tou je elektrárna Dětmarovice.

Kotle těchto elektráren bývají průtočné nebo s nucenou cirkulací a s granulačním typem ohniště. Používají se také ohniště výtavná.

V rámci dodržení emisních limitů dochází ve všech elektrárnách k procesu čištění spalin. Toto zahrnuje odsiřování a odstraňování pevných částic ze spalin. Odsiřovací metody jsou mokrá vápencová vypírka, polosuchá vápencová metoda a suchá metoda. V procesu mokré a polosuché vypírky procházejí spaliny zbavené tuhých částic vápencovou suspenzí, případně je suspenze do spalin vsřikovávána. Produktem těchto metod je energosádrovec. V případě suché metody dochází k přidávání drceného vápence k palivu a odsiření probíhá již při spalování v kotli.

Odstraňování popílku zajišťují filtry a elektrostatické a cyklónové odlučovače.

Starší typy uhelných elektráren, stejně jako zmodernizované uhelné elektrárny budou postupně nahrazovány moderními paroplynovými elektrárnami. Na útlumu uhelných elektráren budou mít hlavní podíl limity těžby, pokud nedojde k jejich uvolnění, a nízká účinnost v porovnání s moderními typy elektráren. Útlum z důvodu dovršení limitů těžby by se dal omezit přechodem uhelných elektráren ke spalování biomasy a netoxických odpadů, případně omezením spotřeby uhlí, kombinovaným spalováním biomasy a odpadů s uhlím. Aby se zabránilo snížení účinnosti uhelných elektráren přechodem na méně kvalitní paliva, bylo by nutné vyžít atmosférického a tlakového fluidního spalování. Tento krok by však vyžadoval technické úpravy kotlů a palivových okruhů uhelných elektráren.

Kombinované paroplynové cykly mají oproti uhelným elektrárnám řadu podstatných výhod, pro které stojí v popředí zájmu současného energetického průmyslu. Mezi tyto výhody patří nezávislost na limitech těžby uhlí, účinnost dosahující 60%, snadné dodržování emisních limitů, nízká vlastní spotřeba, většinou do 2 %, možnost konstrukce paroplynových elektráren o výkonech stovek MW a možnost kogenerace.

Palivem PPC může být zemní plyn či energoplyn. U zemního plynu je nutný transport plynovody, PPC však mohou být stavěny také s generátorem energoplynu, jenž je produktem zplyňování uhlí, případně biomasy či jiných paliv, včetně paliv kapalných.

Paroplynové elektrárny tedy nemusí být závislé na nepřetržitých dodávkách zemního plynu, ale v případě výpadku mohou jako zdroj paliva využít technologii IGCC.

V ČR je plánována výstavba tří paroplynových elektráren. Jsou jimi PPC Počeradý, PPC Úžín a PPC Mělník o celkovém instalovaném výkonu 1,85GW.

Pro všechny tepelné elektrárny je významný vývoj nových konstrukčních materiálů. Mezi tyto materiály patří ocele legované wolframem a slitiny na bázi niklu a chromu, jež by nahradily materiály z nichž jsou vyrobeny kotle, potrubí a turbíny současných elektráren. Rovněž dochází k vývoji vhodných materiálů pro spalovací komory plynových turbín a turbín samotných. Výsledkem vývoje mají být materiály snášející co nejvyšší teploty a tlaky pracovních médií. Všechno v rámci zvyšování účinností.

Vývojem prochází také elektrická část elektráren. V tomto směru je úsilí o maximální snížení ztrát elektrické energie při výrobě a přenosu a co nejvyšší elektrickou účinnost výroby a transformace.

Významný je vývoj vysokonapěťového generátoru, který nepotřebuje zvyšovací blokový transformátor, neboť jmenovité napětí generátoru může být stejné jako napěťová hladina sítě, do níž generátor pracuje. Tímto opatřením by došlo ke snížení ztrát energie při výrobě vlivem účinnosti blokového transformátoru. Jinou výhodou představuje pokles jmenovitých proudů generátoru z desítek kiloampér na stovky ampér. V tomto důsledku by se například výrazně snížily zkratové poměry, stejně jako požadavky na zkratové ochrany generátoru.

V rámci snižování ztrát se také používá vyšších napěťových hladin velmi vysokého napětí. V ČR jsou to hladiny 220kV a 400kV. V zemích kde jsou vhodné vzdálenosti se užívá přenosu na hladinách zvláště vysokého napětí do 800kV. Vývoj je zaměřen také na DC přenos pomocí ultra vysokého napětí.

Nedojde – li k poklesu spotřeby elektrické energie, pak budou tepelné elektrárny představovat jediný spolehlivý zdroj, jenž bude schopen rostoucí trend spotřeby uhradit, protože elektrárny využívající obnovitelné zdroje energie jako slunce a vítr nepředstavují stabilní zdroj energie. Nebudou to však jen konvenční tepelné elektrárny, ale také elektrárny jaderné. Postupem času pravděpodobně dojde k vyrovnání množství elektrické energie vyrobené v konvenčních a jaderných elektrárnách. Pokud by se podařilo převést projekty jako například ITER nebo GIF do praxe, pak by byla většina energie vyráběna právě tímto způsobem a trend zvyšující se spotřeby energie vyřešen.

Seznam použité literatury

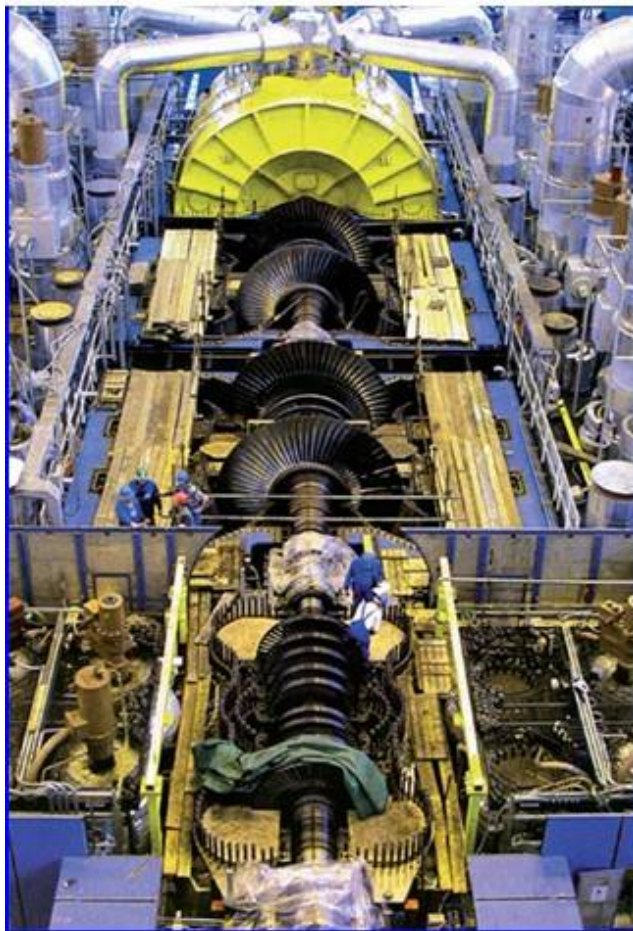
- A. KOLCUN, Michal, Vladimír CHLADNÝ, Marián MEŠTER, Roman CIMBALA, Ján TKÁČ, Marek HVIZDOŠ a Josef RUSNÁK. *Elektrárne*. Vydání 1. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2006. ISBN 80-8073-704-5.
- B. DOLEŽAL, Jaroslav, Jiří ŠŤASTNÝ, Jan ŠPETLÍK, Stanislav BOUČEK, Zbyněk BRETTSCHEIDER. *Jaderné a klasické elektrárny*. Vydání I. Praha: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04936-5.
- C. KOLAT, Pavel, Václav ROUBÍČEK, Jaroslav KOZACZKA a Zbyněk BRETTSCHEIDER. *Pokročilé energetické technologie - účinnost oběhu, emise a ekonomická analýza. Srovnávací studie*. Vydání I. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1658-6.
- D. BRAUNER, Jiří a Zdeněk ŠINDLER. *Elektrická část elektráren*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1987.

Internetové zdroje

1. http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_tepeln%C3%BDch_elektr%C3%A1ren_v_%C4%8Cesk%C3%9_republice
2. <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/paroplynove-elektrarny/pripravovane-projekty-paroplynovych-elektraren-cez.html>
3. <http://www.transformacni-technologie.cz/tepelne-obehy-a-jejich-realizace.html>
4. <http://www.transformacni-technologie.cz/lopatkovy-stroj.html#z1133>
5. http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_12_788-793.pdf
6. http://eru.cz/dias-browse_articles.php?parentId=91&deep=off&type=
7. <http://www.zdroje-energie.cz/index.php?Title=Dieselagreg%C3%A1ty%20Broadcrown%20s%20motory%20Perkins&>
8. http://technet.idnes.cz/prozkoumali-jsme-jedinou-cernouhelnou-elektrarnu-v-cesku-pnw-/tec_technika.aspx?c=A070202_122622_tec_technika_rja
9. <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-695-2004-sb-o-podminkach-obchodovani-s-povolenkami-na-emise-sklenikovych-plynu-a-o-zmene-nekterych-zakonu>
10. <http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa/372-2007-sb>

Elektrárna	Lokalita	Celkový instalovaný výkon [MW]	bloků	Roční výroba elektřiny brutto v roce 2010 (GWh)	Rok uvedení do provozu	palivo	provozovatel
Prunéřov II	Prunéřov	1050	5	6 363	1981 - 82	hnědé uhlí	ČEZ, a. s.
Počerady	Počerady	1000	5	7 019	1970 - 77	hnědé uhlí	ČEZ, a. s.
Dětmarovice	Dětmarovice	800	4	2 697	1975 - 76	černé uhlí	ČEZ, a. s.
Tušimice II	Tušimice	800	4	1 905	1974 - 75	hnědé uhlí	ČEZ, a. s.
Chvaletice	Chvaletice	800	4	3 171	1977 - 78	hnědé uhlí	Elektrárna Chvaletice a.s.
Mělník III	Horní Počaply	500	1	2 412	1981	hnědé uhlí	ČEZ, a. s.

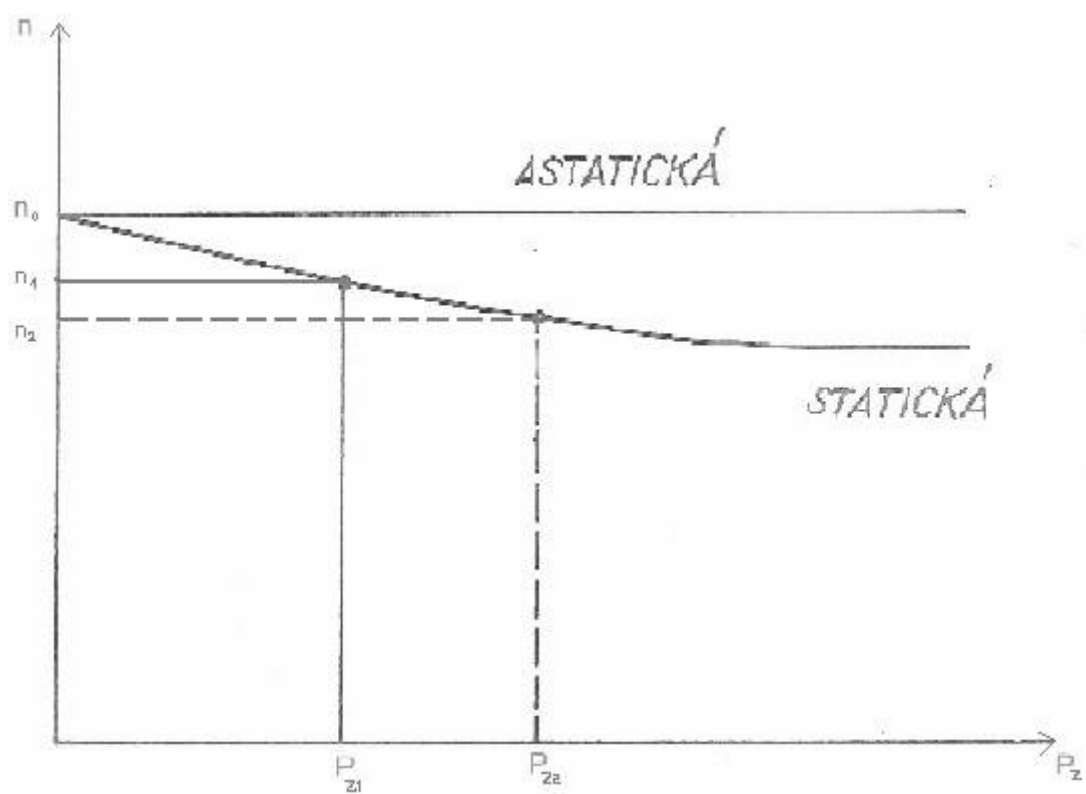
Tabulka 1: Příklad některých tepelných elektráren ČR (1) :



Obr. 4. – vícetělesová turbína v jaderné elektrárně Temelín (4).



Obr.4. – černouhelná skládka elektrárny Dětmarovice – jediná černouhelná elektrárna v ČR (8).



Obr. 8. – závislost otáček turbíny n na zatížení P_z při statické a astatické regulaci (D).

Parametry PPC Počerady (2):

Zemní plyn

- LHV (15 °C) 49,49 MJ/kg
- Teplota před plynovou turbínou 130 °C
- Množství 2× 14,6 kg/s

Spaliny na výstupu plynové turbíny

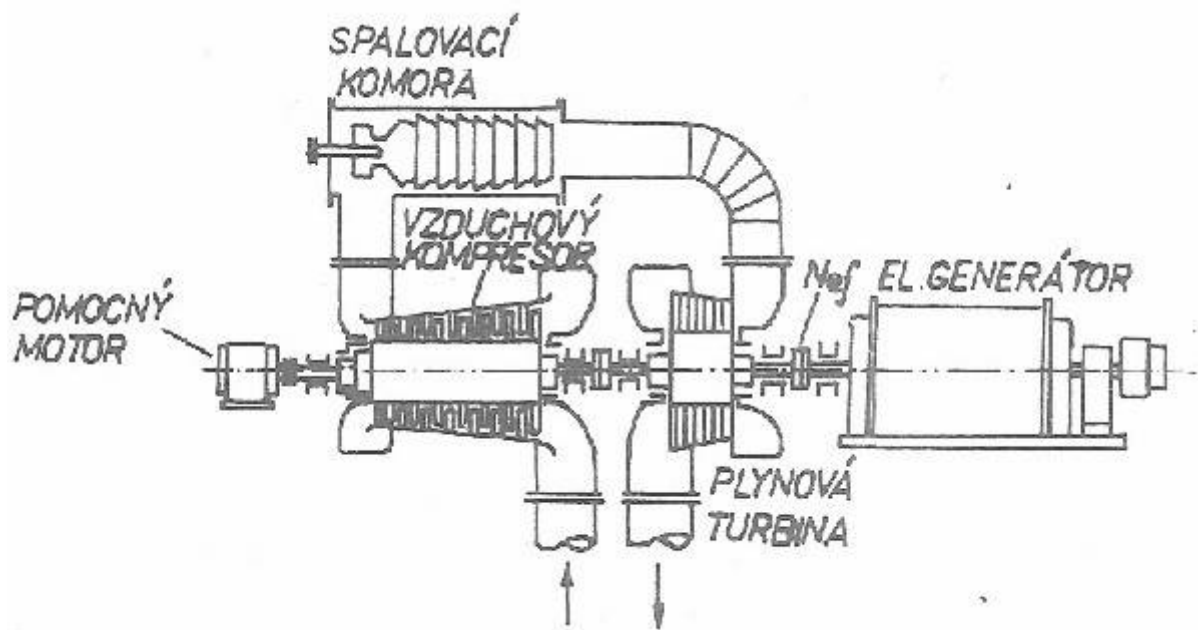
- Teplota 576,4°C
- Množství 2× 686,5kg/s

Parametry parního okruhu

- Výkon turbíny 273 MW
- Teplota a tlak páry na vstupu turbíny 558°C / 12,8MPa
- Teplota přehřáté páry 548°C
- Teplota chladicí vody 16,5°C

Garantované parametry

- Hrubá účinnost 58,4 %
- Hrubý výkon na svorkách generátorů 838 MW_e
- Vlastní spotřeba 13 MW_e
- Emise NO_x, CO 40 mg/Nm³



Obr.12. – schéma soustrojí spalovací turbíny (D)



Obr.13.- dieselaġregát BCP 2050P (7)

Přílohy