

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tepelné elektrárny v České republice

Vypracoval: Jan Pokorný

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Šafařík

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan POKORNÝ**
Osobní číslo: **E09B0074P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Tepelné elektrárny v České republice**
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 :

Bakalářská práce "Tepelné elektrárny v České republice" bude zaměřena na tyto body:

1. Seznamte se s problematikou tepelných elektráren a jejich využití v České republice.
2. Popište principy tepelné elektrárny.
3. Uveďte tepelné elektrárny v ČR, jejich parametry a seznam výrobců jednotlivých zařízení.
4. Porovnejte tepelné elektrárny z hlediska technických parametrů s případným návrhem jejich zlepšení a dopadu na životní prostředí.
5. Zhodnoťte využití tepelné energie v ČR a možnosti jejího budoucího rozvoje.

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

1. Miloš Beran: Elektrická zařízení tepelných elektráren
2. Jaroslav Kadrnožka: Tepelné elektrárny a teplárny
3. Internetové podklady


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

Datum zadání bakalářské práce: 26. června 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 24. srpna 2012


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




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 26. června 2012

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.

V Plzni, dne

.....

Podpis

Anotace:

Předmětem bakalářské práce je rozbor tepelných elektráren. Je uveden princip těchto elektráren a popis jejich zařízení. V práci jsou vyjmenovány tepelné elektrárny v České republice, jsou seřazeny z hlediska výkonů a jsou uvedeny parametry zařízení, se kterými tyto elektrárny pracují. Práce se dále věnuje moderním způsobům provozu tepelných elektráren. Ve výsledku jsou pak tepelné elektrárny zhodnoceny z hlediska jejich výhod a nevýhod pro použití k výrobě elektrické energie v dnešní době.

Klíčová slova:

Princip tepelné elektrárny, fosilní paliva, parovodní a elektrický okruh, chladící voda, Clausius-Rankinův cyklus, parní turbíny a kotle, tepelné elektrárny v České republice, tepelné elektrárny skupiny ČEZ, vývoj moderních tepelných elektráren, odsiřování spalin.

Annotation:

The subject of this thesis is the analysis of thermal power plants. The principle of this plants and description of their devices is shown. The thermal power plants in the Czech republic are listed in this work, they are ordered in terms of performance and there are listed the parameters of devices, which thermal power plants are working with. The work is also dedicated to modern methods of operation of thermal power plants. As a result, thermal power plants are then evaluated in terms of their advantages and disadvantages for use in power generation today.

Key words:

Principle of thermal power plant, fossil fuels, steam-water and electric circuit, cooling water, Clausius-Rankine cycle, steam turbines and boilers, thermal power plants in the Czech republic, thermal power plants by group ČEZ, progress of modern thermal power plants, flue gas desulphurisation.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	9
ÚVOD	10
1. PRINCIP TEPELNÉ ELEKTRÁRNY	11
1.1. VZNIK A VYUŽITÍ FOSILNÍCH PALIV	12
1.2. SPALOVÁNÍ UHLÍ A UHELNÉ ELEKTRÁRNY	13
1.3. ČÁSTI KONDENZAČNÍCH ELEKTRÁREN	13
1.3.1. Zauhlování	15
1.3.2. Kotle	16
1.3.3. Parovodní okruh v uhelných elektrárnách	16
1.3.4. Okruh chladicí vody a úprava vody	17
1.3.5. Turbíny	18
1.3.6. Okruh výroby elektřiny	18
1.4. CLAUSIUS-RANKINŮV CYKLUS	19
1.5. TEPLÁRNY	21
1.6. JADERNÉ ELEKTRÁRNY	22
2. TEPELNÉ ELEKTRÁRNY V ČESKÉ REPUBLICE A JEJICH PARAMETRY	25
2.1. UHELNÉ ELEKTRÁRNY SKUPINY ČEZ	26
2.1.1. Elektrárny Pruněřov	26
2.1.2. Elektrárna Počerady	27
2.1.3. Elektrárna Dětmarovice	27
2.1.4. Elektrárny Tušimice	28
2.1.5. Elektrárna Chvaletice	28

2.1.6. Elektrárna Mělník	28
2.1.7. Elektrárna Ledvice	29
2.1.8. Elektrárna Tisová	29
2.1.9. Elektrárny Poříčí	30
2.1.10. Elektrárna Hodonín	30
2.2. ELEKTRÁRNA VŘESOVÁ	31
2.3. ELEKTRÁRNA OPATOVICE	31
2.4. PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ	32
2.5. TEPLÁRNA ČESKÉ BUDĚJOVICE	32
3. MODERNIZACE	33
3.1. MODERNÍ TEPELNÉ ELEKTRÁRNY	33
3.2. MOŽNOSTI SNIŽOVÁNÍ EMISÍ SO ₂ A NO _x	35
4. ZÁVĚR	37
5. SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	38

Seznam použitých zkratk:

CO ₂	Oxid uhličitý
KO	Kompenzátor objemu
NO _x	Oxidy dusíku
NT	Nízkotlaká část turbíny
NTO	Nízkotlaké regenerativní ohříváky
OČ	Oběhové čerpadlo
PG	Parogenerátor
R	Reaktor
SO ₂	Oxid siřičitý
VT	Vysokotlaká část turbíny
VTO	Vysokotlaké regenerativní ohříváky

Seznam obrázků a tabulek:

Obr. 1 Schéma funkce spalovací tepelné elektrárny

Obr. 1.3a Typické schéma kondenzačního elektrárenského bloku bez přehřívání páry

Obr. 1.3b Typické schéma kondenzačního elektrárenského bloku s přehříváním páry

Obr.1.4a Clausius-Rankinův parní cyklus

Obr. 1.4b Zjednodušené schéma parního oběhu

Obr. 1.5a Schéma teplárny s protitlakou turbínou

Obr 1.5b Schéma teplárny s kondenzačně odběrovou turbínou

Obr. 1.6a Jednookruhová JE

Obr. 1.6b Dvouokruhová JE

Obr. 1.6c Tříokruhové JE

Obr. 2.5 Teplárna v Českých Budějovicích, Novohradská 32

Tab. 2 Seznam tepelných elektráren v ČR a jejich parametry

Úvod

V dnešní době se bez elektrické energie lidé prakticky neobejdou. Většina věcí kolem nás potřebuje právě tuto energii ke své činnosti. Proto počátkem dvacátého století začaly výstavby prvních elektráren. Ty byly zpočátku celkem jednoduché a byly poháněné parním strojem nebo také vodním kolem.

Dnes už jsme technologicky mnohem dál a nové technologie na výrobu elektrické energie se neustále vyvíjí. Dnešní elektrárny můžeme rozdělit na několik typů podle druhu přijímané energie. Z ekologického hlediska zdroje energie rozdělujeme na obnovitelné a neobnovitelné. Mezi obnovitelné zdroje patří Slunce, voda a vítr. Energii těchto elementů přeměňujeme na energii elektrickou. Jejich výhodou je šetrnost k životnímu prostředí. Naproti tomu se vyznačují menší účinností. Mezi neobnovitelné zdroje patří především fosilní paliva. Tyto paliva se sami v přírodě nevytvářejí, a proto je jejich množství omezené.

Mezi nejvýkonnější elektrárny patří jaderné a tepelné. Jaderné elektrárny jsou ve své podstatě také elektrárnami tepelnými. Na rozdíl od klasických kondenzačních elektráren tepelnou energii nezískávají ze spalování fosilních paliv, ale fyzikálně chemickým procesem štěpení atomových jader. Já se budu zabývat tepelnými elektrárnami, které jsou v České republice více rozšířené. Tepelné elektrárny mají sice oproti jaderným menší instalované výkony, ale tuto nevýhodu jsou schopny vyvážit menšími náklady na výstavbu a provoz. Výkony těchto elektráren se převážně pohybují v řádu několika stovek megawatt. Existují ale i větší elektrárny, jejichž výkony přesahují jeden gigawatt. Touto hodnotou už jsou schopny jaderným elektrárnám konkurovat. Jejich nevýhodou je nízká účinnost přeměny chemické energie vázané v palivech na energii elektrickou. Tato účinnost se u nejmodernějších tepelných elektráren pohybuje okolo padesáti procent. Stejně jako u jaderných elektráren, které při své činnosti produkují nebezpečný jaderný odpad, tak i u tepelných elektráren se vytváří škodlivé plyny vypouštěné do ovzduší. Ty vznikají spalováním fosilních paliv, převážně hnědého a černého uhlí.

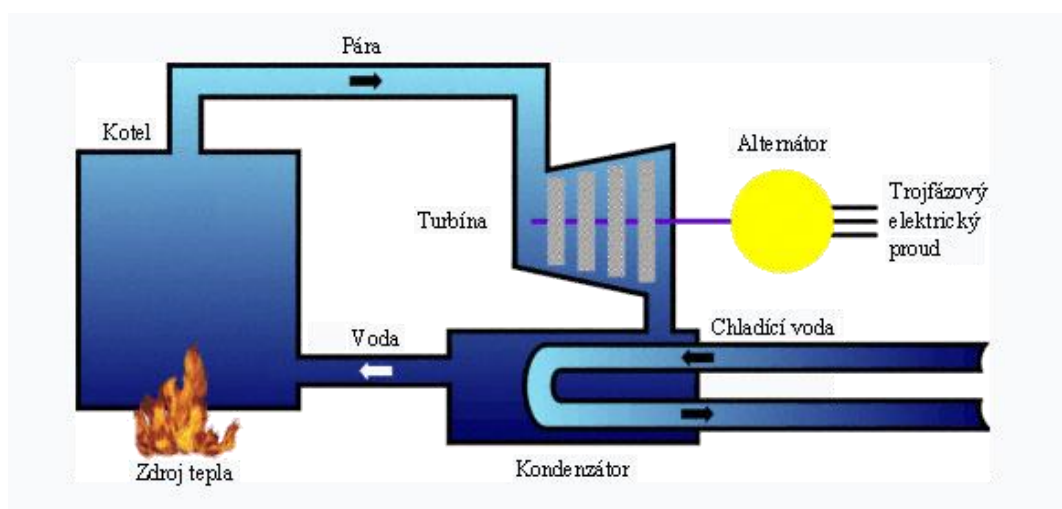
V mé práci se budu věnovat tepelným elektrárnám, popíši jejich jednotlivé části a vysvětlím, jak tyto části společně pracují a tím vytvářejí elektrickou energii důležitou k našemu životu.

1. Princip tepelné elektrárny

Tepelné elektrárny slouží k výrobě elektrické energie. Tuto výrobu můžeme charakterizovat jako přeměnu energie tepelné v mechanickou práci. Pro vznik tepelné energie je zapotřebí energetických zdrojů. V tomto případě se jedná o fosilní paliva. Fosilní paliva jsou nerostné suroviny a mezi ně se především řadí uhlí, ropa, zemní plyn a rašelina. Kromě fosilních paliv se také využívá tepelná energie ze spalování biomasy.

Spalováním těchto paliv dochází k uvolňování tepelné energie. Tuto energii přenáší plynné spaliny, které vznikají v ohništi kotle při spalování. Toto přenášené teplo se za pomoci sálání a proudění v kotli přenesou do pracovního média, vody. Při ohřevu vody vzniká pára, která putuje do parní turbíny. Zde se tepelná energie páry přeměňuje na mechanickou energii, která pohání alternátor. V alternátoru se generuje elektrická energie, která se dále transformuje na požadovanou napěťovou hladinu vhodnou pro dálkový přenos.

Při této postupné přeměně chemické energie paliva na energii elektrickou dochází ke ztrátám energie. Na výstupu transformátoru pak je 33% energie elektrické z energie, kterou jsme přivedli do parního kotle. Z toho se dá odvodit, že chemická energie paliva na vstupu se při přeměnách z větší části ztrácí. Menší část této energie se pak ve výsledku dodává do elektrizační soustavy. [1]



Obr. 1 Schéma funkce spalovací tepelné elektrárny

1.1. Vznik a využití fosilních paliv

Fosilní paliva jsou nerostné suroviny, které vznikaly z odumřelých těl rostlin a živočichů pod zemí za nepřístupu vzduchu. Slovo fosilní pochází z latiny a její význam je předvěký. Z toho se dá odvodit, že tyto paliva vznikly v dávných dobách. Během průmyslové revoluce v 20. století se začalo hojně využívat fosilních paliv a získávat z nich energii pro světlo, teplo nebo pohon. Později ve 21. století se fosilní paliva částečně nahrazovali obnovitelnými zdroji. Výhoda těchto zdrojů spočívá v jejich neomezeném množství a také v nezávadnosti k přírodě. Naopak fosilní paliva mají nevýhodu v jejich nenávratnosti. Při jejich spalování navíc vznikají škodlivé plyny, které jsou ekologicky závadné. Tyto plyny jsou další nevýhodou těchto paliv.

Mezi fosilní paliva patří hlavně ropa. Jedná se o hnědou hořlavou kapalinu, která je tvořená směsí uhlovodíků a alkanů a nalézá se ve svrchní vrstvě zemské kůry 8 kilometrů pod zemským povrchem. Ropa je využívána především v dopravě pro pohon motorizovaných vozidel. Kromě využití pro pohony se také využívá v potravinářském průmyslu nebo pro výrobu plastů.

Dalším fosilním palivem je zemní plyn tvořený z 90% z metanu. Je vysoce hořlavý a při spalování uvolňuje do ovzduší, v porovnání s ostatními fosilními palivy, nejmenší podíl CO₂. Díky tomu se řadí mezi ekologické zdroje stejně jako zdroje obnovitelné.

Uhlí je dalším využívaným a na světě nejrozšířenějším fosilním palivem. Jedná se o hořlavou horninu černé barvy složenou z uhlíku a vodíku. Uhlí rozlišujeme podle stáří na několik typů, přičemž to nejkvalitnější je také nejstarší uhlí neboli antracit. Uhlí se využívá k vytápění a k ohřevu teplé vody. [3]

1.2. Spalování uhlí a uhelné elektrárny

V České republice využívá většina tepelných elektráren jako palivo uhlí. Při jeho spalování dochází v ohništi parního kotle k uvolňování tepelné energie. Uhlí se nejprve sváží na skládku, kde dochází k homogenizaci. Ta se provádí mísením jednotlivých dodávek uhlí mezi sebou. To zaručí stálou kvalitu uhlí a tím velmi dobrou výhřevnost.

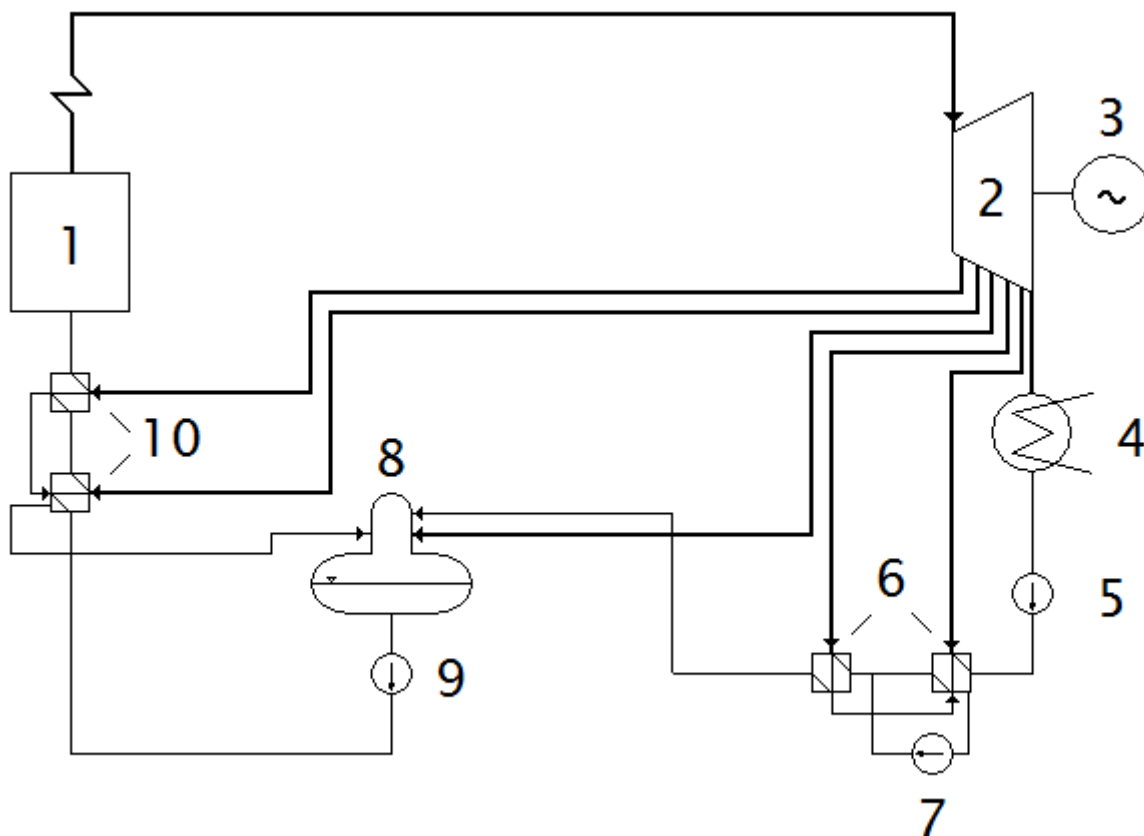
Parní kotle na uhlí jsou velice výkonné, jelikož se zde využívá velké množství paliva s velkou výhřevností.

Uhelné elektrárny v České republice vyrábějí více jak 60% procent elektřiny. Jejich výstavba je závislá na dodávkách uhlí a často se v jejich blízkosti nachází uhelný důl. Další důležitou podmínkou pro výstavbu je výskyt většího zdroje vody potřebného pro chlazení. Nejčastěji tímto zdrojem bývá řeka nebo přehrada. [8]

1.3. Části kondenzačních elektráren

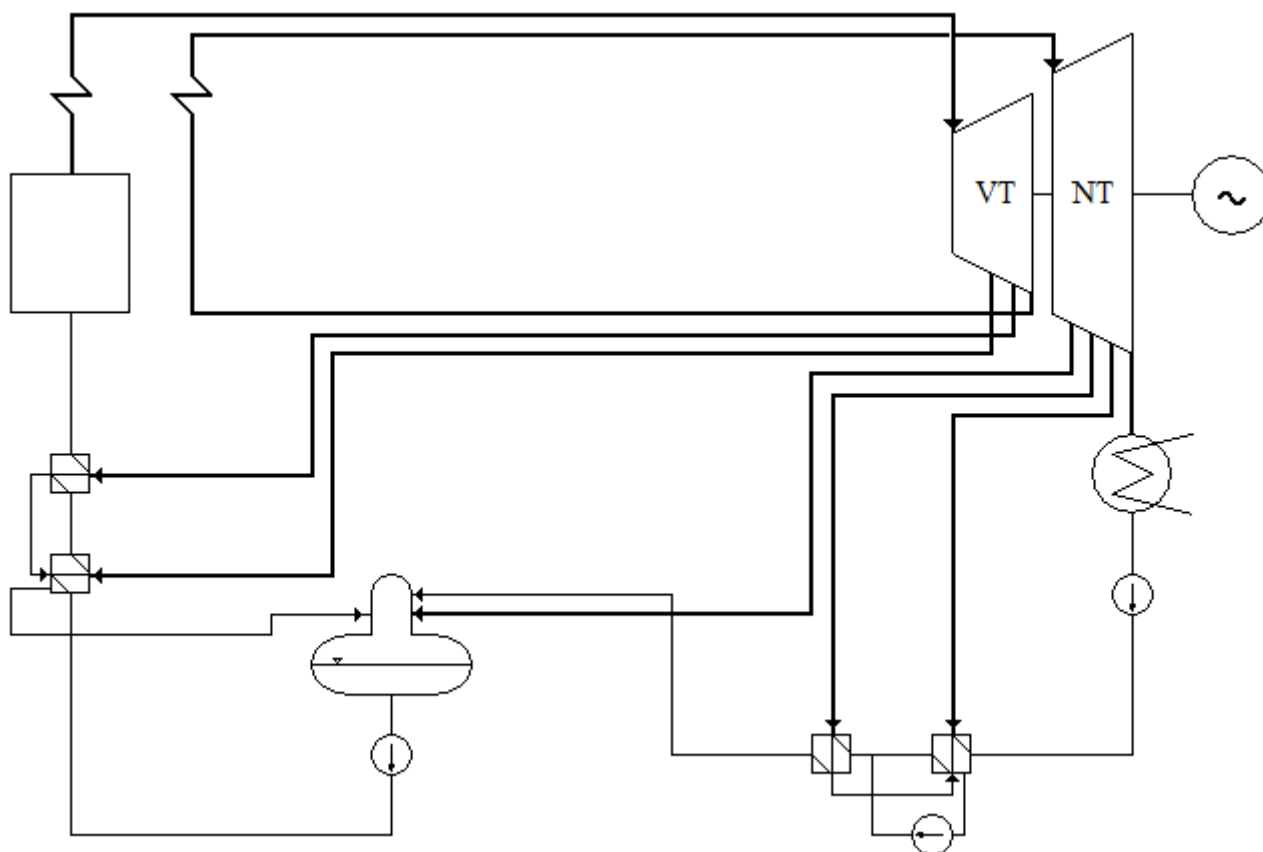
Na obr. 1.3a je uvedeno schéma kondenzační elektrárny. Přívod tepla do cyklu je zde uskutečněn pouze k výrobě přehřáté páry. Tato pára má zadanou teplotu a dále se nepřihřívá. Na obr. 1.3b je zobrazen blok kondenzační elektrárny s přehříváním páry. V tomto bloku je turbína rozdělena na vysokotlakou a nízkotlakou část. Pára prochází nejprve vysokotlakou částí turbíny a poté se k ní opět přidává teplo v přehříváku. Odtud pára putuje do nízkotlaké části turbíny. Elektrárenské bloky s přehříváním páry se vyznačují vyšší účinností.

Při spalování paliv se v kotli ohřívá voda a vzniká pára. Ta je přiváděna do turbíny, která je spojena s alternátorem. Po průchodu turbínou je pára přiváděna do kondenzátoru, ve kterém kondenzuje. Kondenzátor je chlazen chladicí vodou, která cirkuluje v jeho trubkách. Z kondenzátoru přes kondenzační čerpadlo se kondenzát čerpá do nízkotlakých regenerativních ohříváků. Odtud je veden do napájecí nádrže a odplynovaku. Odplynovák vodu zbaví plynů a voda se zde ohřívá parou z odběrů turbíny. Odplyněná voda se z nádrže čerpá přes vysokotlaké regenerativní ohříváky do kotle. [1]



Obr. 1.3a Typické schéma kondenzačního elektrárenského bloku bez přehřívání páry [9]

- 1 - Kotel
- 2 - Turbína
- 3 - Alternátor
- 4 - Kondenzátor
- 5 - Kondenzační čerpadlo
- 6 - Nízkotlaké regenerativní ohříváky
- 7 - Čerpadlo
- 8 - Napájecí nádrž s odplyňovákem
- 9 - Napájecí čerpadlo
- 10 - Vysokotlaké regenerativní ohříváky



Obr. 1.3b Typické schéma kondenzačního elektrárenského bloku s přehříváním páry [9]

1.3.1. Zauhlování

O dopravu uhlí do kotelny se stará zauhlovací zařízení. U velkých elektráren, které mají ve své blízkosti uhelný, většinou povrchový důl, je doprava zajištěna pásovou dopravou z drtírny dolů nebo z hlubinných zásobníků. Zásobníky jsou plněny uhlím, které je přiváženo vagony ze skládky. Skládka má určitou kapacitu uhlí, které vystačí na provoz elektrárny na několik dnů až týdnů. Kapacita skládky se určuje podle způsobu dopravy a podle vzdálenosti skládky od elektrárny. Uhlí se ze zásobníku nebo ze skládky dopravuje přes odlučovače železa na šikmé pásy v zauhlovacím mostě. Odtud se pásovými dopravníky dostává do zásobníků surového uhlí. Ty zajišťují zásobu surového uhlí pro jednotlivé kotle na několik hodin.

Přes podavač, který odměřuje přesné množství uhlí, se uhlí podává do mlýna. Zde se uhlí semele na jemný prášek a usuší se za pomoci plyných spalin, které jsou nasáty ze spalovací komory kotle. Uhelny prášek se spaluje za přívodu přehřátého vzduchu. Tím vznikají plyné spaliny, které předávají teplo parovodnímu traktu kotle. Z plyných spalin je zachycen popílek, který je společně se zachycenou škvárou pod spalovací komorou dopravován do zařízení na složiště škváry a popílku. Plyné spaliny jsou nasávány z kotle ventilátory a přes komín se dostávají do atmosféry. [1]

1.3.2. Kotle

Parní kotel v tepelných elektrárnách se skládá ze spalovacího zařízení a z parního generátoru. Kromě těchto dvou hlavních částí je parní kotel vybaven pojistným zařízením, měřením a regulací. Při spalování paliv se uvolňuje tepelná energie. Nositelem této energie jsou plyné spaliny, které vznikají v ohništi kotle. Teplo obsažené v těchto spalinách se přenáší do vody sáláním a prouděním ve výměnících v parogenerátoru.

Kotle se rozdělují na několik druhů. Podle místa použití na kotle elektrárenské, teplárenské, kotle pro vytápění nebo spalovny. Podle druhu použitého paliva, podle druhu ohniště, podle konstrukce výparníku, podle tlaku a podle způsobu provozu.

Technický rozvoj parních kotlů se zaměřuje na zvětšování jednotkových výkonů, zvyšování parametrů páry, vyšší spolehlivost a hospodárnost. [1]

1.3.3. Parovodní okruh v uhelných elektrárnách

Ohřátá voda z kotle se odpařuje ve výparném systému. Pára se přehřívá v přehřívácích a získává vysoký tlak. Parním potrubím se pára následně dostává do turbíny. Zde projde nejprve vysokotlakou částí a vrací se zpět do přehříváku páry v kotli. Pára se poté vede do středotlaké části turbíny, ze které se opět vrací do kotle. Nakonec pára projde nízkotlakou částí, opouští turbínu a putuje do kondenzátoru.

V kondenzátoru se nachází chladicí voda, díky které pára kondenzuje. Kondenzát se dopravuje přes čerpadla a nízkotlaké regenerativní ohříváky do nádrže vody a odplyňováku. Z nádrže se voda dopraví přes vysokotlaké regenerativní ohříváky do ohříváku napájecí vody kotle. [1]

1.3.4. Okruh chladicí vody a úprava vody

Chladicí voda se používá pro odvod tepla při kondenzaci páry v turbíně. Zároveň se s ní chladí technologické zařízení. Chladicí voda se nejčastěji získává z povrchových toků, převážně z řek a přehrad, které se nacházejí v blízkosti elektrárny. Jako okruh chladicí vody se používá buď otevřený způsob neboli průtočné chlazení, nebo se využívá uzavřený způsob, cirkulační chlazení. Otevřený způsob spočívá v předání tepla přímo vodnímu toku. U uzavřeného způsobu se teplo dostává do atmosféry přes chladicí věže.

U velkých elektráren se častěji využívá uzavřeného způsobu odvodu tepla přes chladicí věže. Je zde velká spotřeba vody a přírodní zdroje nejsou v takových případech dostačující.

V parovodním okruhu a v okruhu chladicí vody dochází k určitým ztrátám vody. K náhradě těchto ztrát je zapotřebí upravit velké množství vody. Proto se voda z povrchových toků přivádí zásobních nádrží, kde se od ní oddělí mechanické nečistoty. Přes čerpadla se voda dopraví na předúpravu a menší část vody je vedena do demineralizační stanice, kde se upraví případná voda pro parovodní okruh. Pokud se v kondenzátu objeví větší množství nečistot, tak se do cyklu úprav zahrne ještě úprava kondenzátu. [1]

1.3.5. Turbíny

Parní turbíny s vysokou účinností se využívají k pohonu alternátorů o velkých výkonech. Tyto turbíny se konstruují jako vícestupňové. Zároveň se využívají menší turbíny pro pohon napájecích čerpadel. Na velké turbíny je kladen požadavek na dostatečnou pružnost tak, aby turbína mohla pracovat v režimu regulace kmitočtu a předávaných výkonů.

Také je zde požadavek na možnost odstavení turbíny do zálohy s možností následného rychlého spouštění. K dosažení provozní pružnosti je nutné zajistit rovnoměrné prohřívání všech částí turbíny a vyloučit hromadění materiálu u silnostěnných částí.

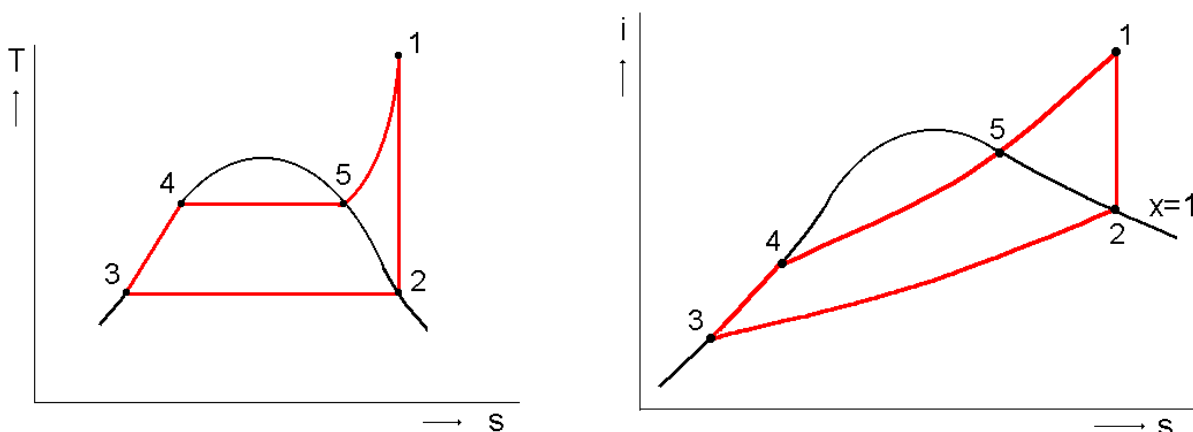
Turbíny se rozdělují podle výkonu. Do výkonu 55 MW se vyrábějí turbíny přetlakové. Pro větší výkony jsou zde turbíny rovnotlaké. Tyto turbíny se vyrábějí o výkonech 100MW, 110 MW, 200 MW, 210 MW a 500 MW. [1]

1.3.6. Okruh výroby elektřiny

Do turbíny je přiváděna pára, jejíž energie je zde přeměňována na energii mechanickou. Tato energie roztáčí alternátor, který je na společné hřídeli s turbínou. Z alternátoru se vygenerovaná elektrická energie přenáší do hlavního transformátoru. Ten elektrickou energii transformuje na příslušnou napěťovou hladinu a vedením se přivádí až k samotným spotřebičům. Pro napájení osvětlení, přístrojů a elektromotorů v elektrárně elektrickou energií z alternátoru nebo sítě jsou instalována zařízení pro zajištění spolehlivého napájení jednotlivých spotřebičů vlastní spotřeby. [1]

1.4. Clausius-Rankinův cyklus

V parních turbínových zařízeních dochází k přeměně tepelné energie v mechanickou práci. Tato přeměna je určena Clausius-Rankinovým cyklem. Na níže uvedeném obr. 1.4a je znázorněna změna stavu páry při průtoku částmi tepelného zařízení v T-s a i-s diagramu.

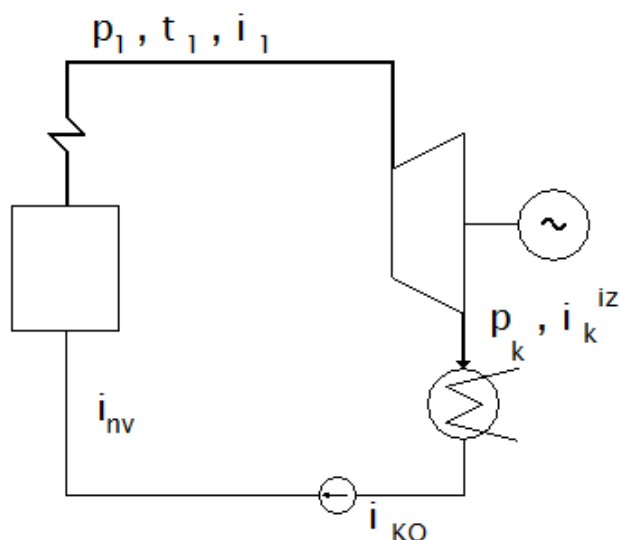


Obr.1.4a Clausius-Rankinův parní cyklus

Na diagramech je znázorněna závislost teploty na čase (T-s diagram) a závislost entalpie na čase (i-s diagram). Entalpie vyjadřuje tepelnou energii uloženou v jednotkovém množství látky, v tomto případě ve vodě, resp. páře. Udává se v jednotkách kJ/kg. Teplota je udávána ve stupních Celsia.

Do parního kotle je přiváděna voda přes napájecí čerpadlo, které zvyšuje tlak vody. V kotli se voda při stálém tlaku ohřívá do stavu sytosti, tedy na teplotu varu. Tento proces je v diagramu znázorněn mezi body 3 a 4. Mezi body 4 a 5 dochází k izobaricko-izotermické přeměně syté vody na sytou páru (odpařování). Dále z bodu 5 se v přehříváku pára izobaricky přehřívá na vyšší teplotu, až do bodu 1. Přehřátá pára se přivádí do turbíny. Zde pára expanduje a předává práci (čára 1-2). Po expanzi se pára dostává do kondenzátoru, kde kondenzuje a předává teplo do chladicí vody. Kondenzát se přes čerpadlo znovu přivádí do kotle.

V T-s diagramu je znázorněna plocha, která odpovídá množství tepla přeměněného v užitečnou práci. Tato plocha je v T-s diagramu ohraničena červenými čarami.



Obr. 1.4b Zjednodušené schéma parního oběhu [9]

Do kotle se přivádí napájecí voda o entalpii i_{nv} . Pára vycházející z kotle a následně z přehříváku má entalpii i_1 . Z těchto dvou hodnot je možné vyjádřit množství tepla q_1 pro jeden kilogram páry přiváděné do turbíny.

$$q_1 = i_1 - i_{nv}$$

Stejně se dá vyjádřit množství tepla q_2 v jednom kilogramu páry odvedené z turbíny. Toto množství je dáno rozdílem i_k^{iz} , entalpie po izoentropické expanzi v turbíně a i_{KO} , entalpie kondenzátu.

$$q_2 = i_k^{iz} - i_{KO}$$

Z množství tepla q_1 a q_2 je možné vyjádřit práci celého cyklu z jednoho kilogramu páry.

$$a = q_1 - q_2$$

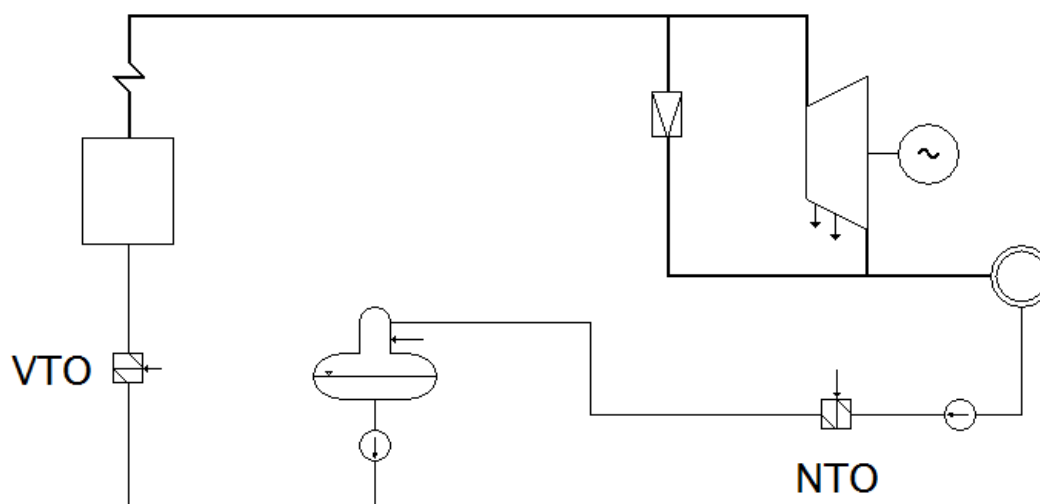
Po úpravě rovnice je získán tvar pro práci, vyjádřený rozdílem izoentropické práce v ideální turbíně a_{iz} a práce spotřebované napájecím čerpadlem a_{nv} . [1]

$$a = a_{iz} - a_{nv}$$

1.5. Teplárny

Teplárny jsou tepelné elektrárny, u kterých má vyrobená pára dvojí využití. Stejně jako u klasických tepelných elektráren se zde pára využívá pro výrobu elektrické energie. Současně s tím se také využívá pro technologické účely, otop nebo ohřev topné a užitkové vody.

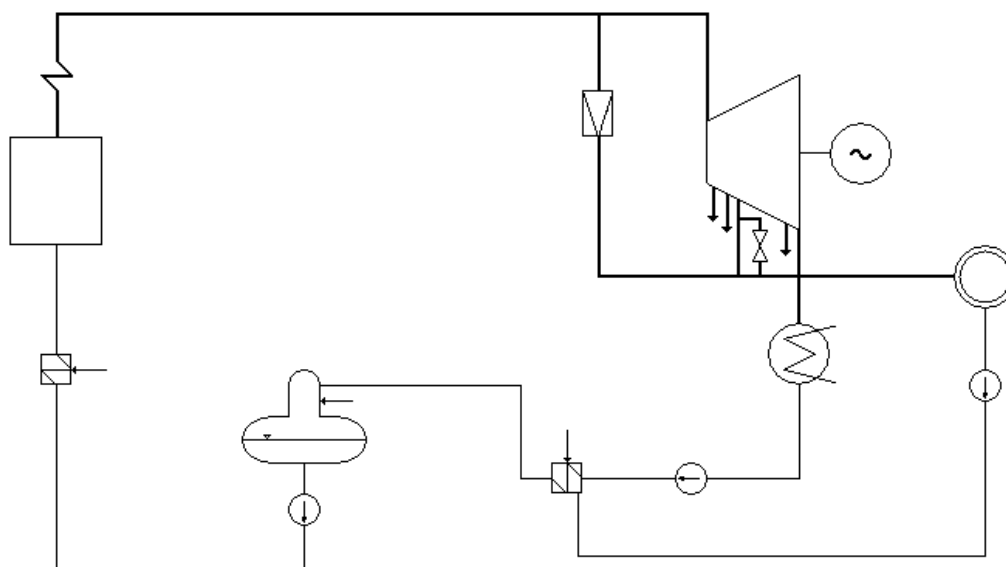
V teplárnách se využívají turbíny protitlaké nebo turbíny kondenzační odběrové s regulovanými i neregulovanými odběry páry. U protitlakých turbín se všechna pára přivádí k tepelným spotřebičům.



Obr. 1.5a Schéma teplárny s protitlakou turbínou [9]

U tepláren s protitlakou turbínou (obr. 1.5a) je spotřeba páry přímo závislá na vyrobené elektrické energii. Když se sníží elektrické zatížení, tak část páry putuje přes redukční stanici. Pokud je ale elektrické zatížení vyšší a spotřeba páry pro tepelné spotřebiče je malá, tak se využívají kondenzační elektrárny.

Teplárny s kondenzačně odběrovými turbínami (obr. 1.5b) s regulovanými odběry mají možnost měnit výrobu elektrické a tepelné energie v širokých mezích nezávisle na sobě. Tyto turbíny většinou mají jeden nebo dva regulované odběry páry.



Obr 1.5b Schéma teplárny s kondenzačně odběrovou turbínou [9]

Elektrická energie vyrobená v teplárnách se využívá buď přímo v místě výroby k napájení elektrických zařízení teplárny, nebo je dodávána do elektrorozvodné sítě. Jako palivo se využívá, stejně jako u klasických tepelných elektráren, především černé uhlí, hnědé uhlí nebo zemní plyn. [1]

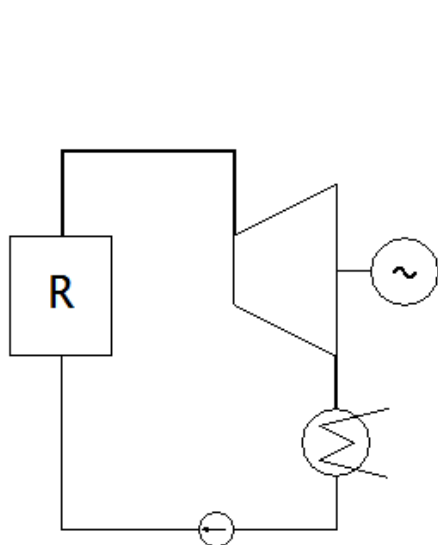
1.6. Jaderné elektrárny

Mezi tepelné elektrárny patří také elektrárny jaderné. Tyto elektrárny nevyužívají jako zdroj tepla spalování fosilních paliv, jako je to u klasických kondenzačních elektráren. Místo parního kotle mají jaderný reaktor. Zde dochází ke štěpení atomových jader. Při tomto procesu vzniká tepelná energie.

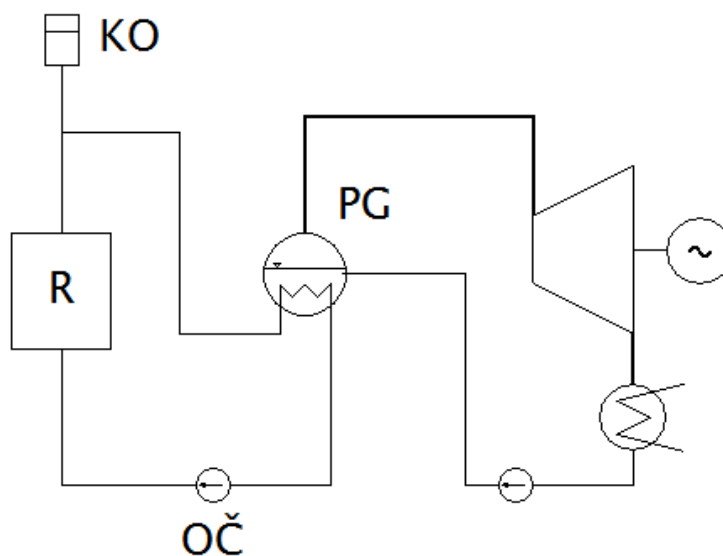
Energie se v jaderných elektrárnách získává přeměnou z vazebné energie těžkých kovů. Jako těžké kovy se používá uran 235 nebo plutonium 239.

Mezi výhody patří vysoký výstupní výkon vzhledem k dodanému množství paliva. Nevýhodou jsou vysoké náklady na výstavbu, vznik jaderného odpadu a nebezpečí jaderné havárie.

Jaderné elektrárny můžeme z hlediska základní technologie rozdělit na jednookruhové, dvouokruhové a tříokruhové.



Obr. 1.6a Jednookruhová JE [9]



Obr. 1.6b Dvouokruhová JE [9]

R - Reaktor

PG - Parogenerátor

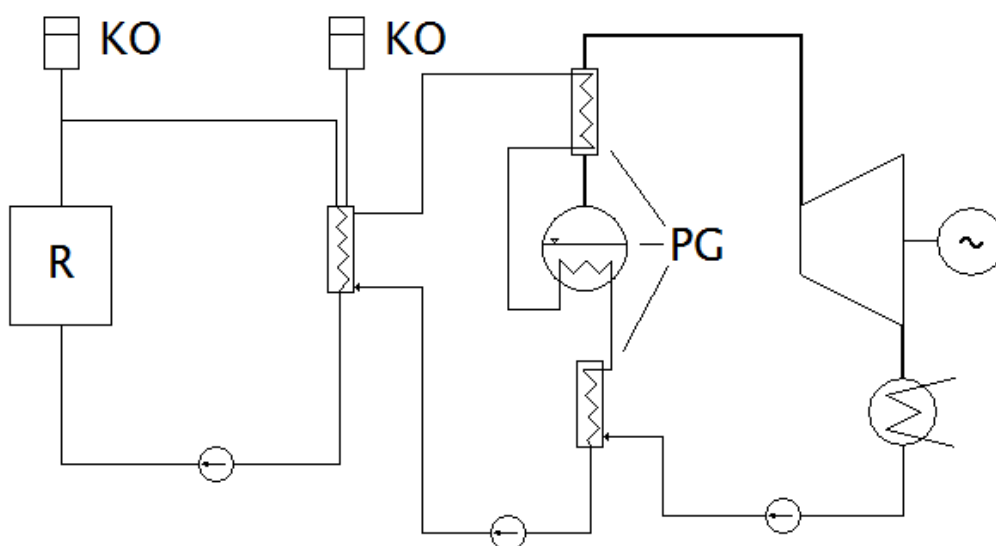
KO - Kompenzátor objemu

OČ - Oběhové čerpadlo

Jednookruhové jaderné elektrárny (obr. 1.6a) mají společný okruh pro pracovní medium a pro chladivo. V aktivní zóně reaktoru vzniká pára, která expanduje v turbíně. Pára poté kondenzuje v kondenzátoru a vzniklý kondenzát se pomocí čerpadla dopravuje zpět do reaktoru. Toto schéma jaderné elektrárny je nejjednodušší. Nevýhodou je, že pára je radioaktivní. Z tohoto důvodu jsou zařízení elektrárny chráněna proti radioaktivnímu záření.

Ve dvouokruhových (obr. 1.6b) a tříokruhových (obr. 1.6c) elektrárnách se odvod tepla z reaktoru zajišťuje chladivem, které teplo předává pracovní látce bezprostředně nebo přes tepelné medium meziokruhu. U těchto elektráren je pracovní látka za normálních podmínek neradioaktivní. Tato skutečnost usnadňuje provoz a údržbu elektrárny.

U dvouokruhových elektráren odděluje primární a sekundární okruh parogenerátor. Ten slouží jako tepelný výměník produkující páru sloužící k pohonu turbíny. V primárním okruhu je kompenzátor objemu z důvodu závislosti objemu chladiva na teplotě.



Obr. 1.6c Tříokruhové JE [9]

Tříokruhové schéma jaderné elektrárny je doporučeno používat tehdy, kdy je zapotřebí vyloučit styk nositele tepla s vodou. Při používání tekutého dusíku jako chladiva by mohlo při styku s vodou dojít k havárii. [1]

2. Tepelné elektrárny v České republice a jejich parametry

Elektrárna	Instalovaný výkon [MW]	Počet bloků	Palivo
Pruněřov II	1050	5	hnědé uhlí
Počerady	1000	5	hnědé uhlí
Chvaletice	800	4	hnědé uhlí
Dětmarovice	800	4	černé uhlí
Tušimice II	800	4	hnědé uhlí
Mělník III	500	1	hnědé uhlí
Pruněřov I	440	4	hnědé uhlí
Vřesová	370	2	zemní plyn, energoplyn
Opatovice	378	6	hnědé uhlí
Mělník I	352	6	hnědé uhlí
Kladno - Dubská	366	4	černé a hnědé uhlí, zemní plyn, biomasa
Ostrava - Kunčice	254	11	černé uhlí, hutní plyn, koksárenský plyn
Komořany	239	8	hnědé uhlí, zemní plyn
Mělník II	220	2	hnědé uhlí
Ledvice 2	220	2	hnědé uhlí
Tisová I	184	4	hnědé uhlí, biomasa
Třebovice	174	2	černé uhlí, lehký topný olej
Poříčí	165	3	hnědé a černé uhlí, biomasa
Plzeň	149	3	hnědé uhlí, zemní plyn, biomasa
Praha - Malešice	122	4	černé uhlí
Štětí	113	5	hnědé uhlí, lehký topný olej, biomasa
Litvínov T700	112	5	hnědé uhlí
Tisová II	112	1	hnědé uhlí
Ledvice 3	110	1	hnědé uhlí
Hodonín	105	2	hnědé uhlí, biomasa

Tab. 2 Seznam tepelných elektráren v ČR a jejich parametry [3]

2.1. Uhelné elektrárny skupiny ČEZ

V České Republice se nachází celkem 26 tepelných elektráren. Každá s celkovým instalovaným výkonem přesahujícím 100 MW. Více jak polovina těchto elektráren spadá pod skupinu ČEZ. Mezi ně patří i nejvýkonnější uhelné elektrárny v České republice jako Pruněrov, Počerady, Dětmárovice, Chvalětice nebo Tušimice. Zbylé elektrárny ČEZ jsou Mělník, Ledvice, Tisová, Poříčí a Hodonín. Tyto elektrárny se podílejí přibližně polovinou na výrobě energie v České republice.

2.1.1. Elektrárny Pruněrov

Elektrárny Pruněrov se nacházejí na západním okraji severočeské hnědouhelné pánve u Chomutova a jsou největším uhelným elektrárenským komplexem v České republice.

Elektrárny Pruněrov tvoří dvě části. Starší část, Pruněrov I, byla uvedena do provozu v letech 1967 až 1968 a je postavena v blokovém uspořádání. Ke své činnosti využívá kotle o výkonu 350 t/h. Tyto kotle jsou dvoutahové, s granulačním topeništěm, s přihříváním páry. Pruněrov I používá kondenzační, rovnotlaké, třítělesové turbíny 110 MW s přihříváním páry. Tato elektrárna má čtyři bloky s celkovým instalovaným výkonem 440 MW. Ze dvou bloků se výkon vyvádí přes transformátory do dvou linek 110 kV. Ze zbylých dvou bloků jde výkon do společné linky 400 kV.

Elektrárna Pruněrov II byla uvedena do provozu v letech 1981 až 1982. Je také postavena v blokovém uspořádání. Má celkem pět 210 MW bloků. Celkový instalovaný výkon je 1050 MW. Její kotle mají výkon 660 t/h. Kotle jsou bubnové, granulační, s přihříváním páry. Parní turbíny o výkonu 210 MW jsou kondenzační, třítělesové. Mají sedm neregulovaných odběrů pro regenerační ohřev kondenzátu, ohřívání vzduchu a vody pro vytápění částí elektrárny. Výkon elektrárny Pruněrov II se vyvádí dvěma linkami 400 kV.

Elektrárny Pruněrov I a II patří mezi největší dodavatele elektřiny. Kromě elektřiny dodávají také teplo do měst Chomutov, Jirkov a Klášterec nad Ohří. Technologickou vodu pro výrobu získávají z řeky Ohře. Jako palivo využívají hnědé uhlí, které se těží v severočeských dolech, odkud se dopravuje po železnici. [2]

2.1.2. Elektrárna Počerady

Elektrárna Počerady se nachází v severozápadní části České republiky. Původně měla elektrárna šest bloků o výkonech 200 MW. Elektrárna Počerady I obsahovala čtyři bloky, které byly uvedeny do provozu v letech 1970 až 1971. Zbylé dva bloky v elektrárně Počerady II byly uvedeny do provozu v roce 1977. V roce 1994 byl odstaven první blok z elektrárny Počerady I a do roku 2000 prošly zbylé bloky modernizačním programem. Díky němu se zlepšily technické parametry elektrárny.

Elektrárna využívá kotle od firmy Vítkovice. Kotle jsou průtlačné, granulační, s přihříváním páry. Turbíny o jmenovitém výkonu 200 MW, vyrobené ve firmě Škoda Plzeň, jsou třítělesové, kondenzační. Přihřívání páry u nich probíhá mezi vysokotlakým a středotlakým dílem a osmi neregulovanými odběry páry pro ohřev kondenzátu a napájecí vody.

Jako palivo elektrárna využívá hnědého uhlí, které je dopravováno po železnici z mostecké pánve. Voda je čerpána z řeky Ohře. Vyrobené teplo je využito pouze pro vlastní provoz elektrárny. [2]

2.1.3. Elektrárna Dětmorovice

Elektrárna Dětmorovice byla postavena v letech 1972 až 1976. V roce 1976 byla uvedena do provozu. Její celkový instalovaný výkon je 800 MW. S tímto výkonem je největší tepelnou elektrárnou na Moravě. Roční výroba elektrické energie se pohybuje kolem 2,5 TWh a více než 800 TJ tepla. Vyrobené teplo se dodává převážně do města Orlové a od roku 2010 i do města Bohumín. Společnou výrobou tepla a elektrické energie se sníží spotřeba paliva, čímž se také šetří životní prostředí

V elektrárně Dětmorovice jsou instalovány čtyři bloky o výkonu 200 MW. Výkon z těchto bloků je vyváděn do rozvodu velmi vysokého napětí. Elektrárna využívá kotle vyrobené v podniku Vítkovice. Tyto kotle jsou průtlačné, dvoutahové, s granulovací spalovací komorou. Použité turbíny mají jmenovitý výkon 200 MW a jmenovité otáčky 3000 ot/min. V elektrárně se spaluje černé uhlí dodávané z Ostravsko-karvinské pánve. [2]

2.1.4. Elektrárny Tušimice

Elektrárna Tušimice I byla uvedena do provozu v letech 1963 až 1964. O deset let později, v letech 1973 až 1974, začala vyrábět elektrickou energii i elektrárna Tušimice II. Elektrárna Tušimice I, která již neslouží, byla postavena u dolu na hnědé uhlí Doly Nástup Tušimice. Později zde byla postavena i elektrárna Tušimice II. Pásová doprava uhlí zaručuje výrazně nižší náklady na dopravu uhlí než u železniční dopravy.

Elektrárna Tušimice II má čtyři 200 MW bloky. Kromě elektrické energie dodává i teplo do blízkého okolí a do města Kadaň. Elektrárna využívá 200 MW turbíny od společnosti Škoda Power. Turbíny jsou třítělesové, rovnotlaké, kondenzační s přihříváním páry a osmi neregulovanými odběry páry pro ohřívání kondenzátu a napájecí vody. Použité kotle jsou od společnosti Vítkovice Power Engineering. Kotle jsou průtlačné, dvoutahové, s granulačním ohništěm. [2]

2.1.5. Elektrárna Chvaletice

Elektrárna byla postavena v letech 1973 až 1979 a stala se dominantou Východních Čech díky svému 300 metrů vysokému komínu a 100 metrů vysokým chladícím věžím. Elektrárna je tvořena čtyřmi 200 MW bloky a celkový instalovaný výkon je 800 MW.

Elektrárna pracuje s kotli PG 655, které byly vyrobeny ve Vítkovických železárnách. Kotle jsou průtočné, dvoutahové, s granulačním ohništěm a spodním topeništěm. Turbíny mají jmenovitý výkon 200 MW, jmenovité otáčky 3000 ot/min a jsou kondenzační, třítělesové, rovnotlaké a s osmi neregulovanými odběry páry. Vyrobená elektrická energie je transformována na 400 kV a přenášena do rozvodny Týnec nad Labem. Elektrárna používá jako palivo hnědé uhlí a zdrojem vody je řeka Labe. [2]

2.1.6. Elektrárna Mělník

Elektrárna Mělník se skládá ze tří celků. Tvoří jí elektrárny Mělník I, Mělník II a Mělník III. Mělník I má instalovaný výkon 352 MW a do provozu byl uveden v roce 1960. Kromě elektrické energie vyrábí také teplo pro Prahu a Neratovice.

Elektrárna Mělník II byl do provozu uveden v roce 1971 s původními čtyřmi bloky. Od roku 1999 jsou v chodu pouze dva bloky, každý s výkonem 210 MW. V letech 1994 až 1996 byly instalovány nové turbíny. U nich je možnost odebírat teplo v páře nebo v podobě horké vody. Teplo se dodává do Mělníka a do přilehlých obcí.

Elektrárna Mělník III byla uvedena do provozu v roce 1981 s jedním blokem o výkonu 500 MW. Jedná se o největší uhelný blok v České republice a také patří mezi nejekonomičtější energetické bloky uhelných elektráren. [2]

2.1.7. Elektrárna Ledvice

Elektrárna byla postavena v letech 1966 až 1969. Původně byla tvořena pěti bloky o celkovém výkonu 640 MW. V roce 1994 byl ukončen provoz pátého bloku a v roce 1998 bloku prvního. Dnes jsou v provozu zbylé tři bloky, které jsou rozdělené do dvou částí, kterými jsou Ledvice II a Ledvice III.

Obě části využívají kondenzační, rovnotlaké, třítělesové turbíny s jedním přehříváním a s osmi neregulovanými odběry páry pro ohřev napájecí vody. Turbíny pohánějí trojfázové alternátory s cirkulačním chlazením vodíkem. Turbosoustrojí byla vyrobena společností Škoda Plzeň. Celkový instalovaný výkon ve druhém a třetím bloku je 220 MW. Tyto dva bloky využívají průtlačné kotle s jedním přehříváním páry a s granulačním ohništěm. Čtvrtý blok s výkonem 110 MW využívá bubnového kotle s přirozenou cirkulací s jedním přehříváním páry.

V elektrárně se používá hnědé uhlí z dolů Bílina. Jako zdroj vody se využívá řeka Labe a Všechlapská nádrž. Kromě elektřiny dodává elektrárna i teplo prostřednictvím společnosti United Energy do měst Teplice a Bílina. [2]

2.1.8. Elektrárna Tisová

Elektrárny Tisová má dvě výrobní jednotky. Tisová I a Tisová II. Stavba jednotky Tisová I začala v roce 1954 a v roce 1959 byla uvedena do provozu. Využívá se v ní sběrnicevého uspořádání. Toto uspořádání tvoří dva fluidní kotle a čtyři turbíny. První turbína je kondenzační, rovnotlaká, dvoutělesová o jmenovitém výkonu 57 MW. Druhá turbína je protitlaková, kombinovaná, jednotělesová o výkonu 12,8 MW.

Zbylé dvě turbíny jsou kondenzační, rovnotlaké, dvoutělesové, s jedním regulovaným odběrem páry a každá s výkonem 57 MW

Výrobní jednotka Tisová II se začala stavět v roce 1955 a v roce 1962 byla uvedena do provozu. Využívá se v ní blokového uspořádání. Kotel je granulační a turbína kondenzační, rovnotlaká, třítělesová, s přihříváním páry a o jmenovitém výkonu 112 MW

Jako palivo se využívá sokolovské hnědé uhlí. Uhlí je dopravováno pásovou dopravou od dodavatele Sokolovská uhelná a.s. Od roku 2004 se spolu s uhlím spaluje dřevní štěpka ve fluidních kotlích. Technologická voda se čerpá z řeky Ohře. [2]

2.1.9. Elektrárny Poříčí

Elektrárny Poříčí se sestávají ze dvou provozů. Je to elektrárna Poříčí II a teplárna Dvůr Králové. Elektrárna Poříčí II byla uvedena do provozu v roce 1957. Využívá dva fluidní kotle a spaluje se v ní hnědé uhlí. V elektrárně jsou instalovány tři turbosoustrojí, každý o jmenovitém výkonu 55 MW. Kromě výroby elektrické energie dodává elektrárna teplo pro město Trutnov a jeho okolí.

Teplárna Dvůr Králové má instalovaný teplárenský výkon 115,8 MW a dodává teplo o celkovém objemu 800 TJ. Z tohoto objemu tvoří více než 11 % zásobování bytů. [2]

2.1.10. Elektrárna Hodonín

Elektrárna Hodonín je jedna z nejstarších elektráren v České Republice. Byla postavena v letech 1951 až 1957. V elektrárně bylo instalováno osm práškových kotlů. Z počátku elektrárna pracovala se čtyřmi práškovými kotli o výkonu 125 tun páry/hod. a s dvěma 50 MW turbínami. V následujících letech byly přidány další dva kotle s 50 MW turbínou a později poslední dva kotle s 55 MW turbínou. V roce 1958 měla elektrárna výkon 205 MW a stala se tak největším zdrojem elektrické energie v České republice. V dnešní době má elektrárna celkový instalovaný výkon 105 MW. Jeden blok elektrárny je určen jen pro spalování čisté biomasy a je schopen dodat výkon až 30 MW. Díky tomu je v současnosti třetí největší elektrárnou na světě, která je schopná pracovat na čistou biomasu. Kromě elektrické energie vyrábí elektrárna i teplo, které jako jediná v Evropě dodává i do zahraničí, konkrétně do slovenského města Holíč. [2]

2.2. Elektrárna Vřesová

Elektrárna Vřesová patří pod společnost Sokolovská uhelná a.s. Tato společnost se zabývá dobýváním uhlí a jeho úpravou pro další využití. Elektrárna se svým celkovým instalovaným výkonem 370 MW je tak největší nezávislý výrobce elektrické energie v České republice. Ročně vyprodukuje kolem 3,4 GWh elektrické energie. Většina z této energie putuje k externím odběratelům, zbytek je využit pro vlastní spotřebu společnosti.

Elektrárna využívá jako palivo energoplyn, který je získáván přímo v areálu elektrárny tlakovým zplyňováním uhlí. Rychlou změnu výkonu umožňuje použití zemního plynu jako doplňkového paliva. Elektrárna využívá plynové turbíny, ve které se spalují obě paliva. Turbína je kondenzační, dvoutělesová, dvoutlaková, se dvěma regulovanými odběry páry. Použitý kotel je dvojtlaký, bez přitápění. [5]

2.3. Elektrárna Opatovice

Jedná se o kogenerační uhelnou elektrárnu, která je provozována společností Elektrárny Opatovice a.s. Byla postavena v letech 1959 až 1960. Kromě výroby elektrické energie dodává i teplo horkovodním potrubím do Hradce Králové, Pardubic, Chrudimi a okolí. Její celkový instalovaný výkon je 378 MW. Ke své kombinované výrobě využívá šest parních kotlů s práškovým spalováním. Dále používá šest turbín, z toho tři kondenzační, dvě odběrové a jednu protitlakou turbínu. Vyrobena elektrická energie je transformována na napětí 110 kV a elektrickým vedením je předána distribuční společnosti. Elektrárna spaluje mostecké hnědé uhlí, které je dováženo po železnici. [3]

2.4. Plzeňská teplárenská

Společnost Plzeňská teplárenská a.s. je největším výrobcem energií v Plzni a v Plzeňském kraji. Zaměřuje se na výrobu tepla pro vytápění a ohřev užitkové vody, na výrobu elektrické energie a také na výrobu chladu.

Elektrárna pracuje s jednou dvoutělesovou přetlakovou turbínou s jedním regulovaným odběrem páry a s jednou jednotělesovou kondenzační turbínou se dvěma regulovanými odběry páry.

Dále je zde od roku 2010 nový výrobní blok s kotlem K7 na biomasu a turbosoustrojím TG3 s výkonem 13 MW. Celkový instalovaný výkon je 149 MW. Elektrická energie je dodávána pro odběratele První energetická a.s. a pro provozovatele přenosové soustavy ČEPS a.s. [6]

2.5. Teplárna České Budějovice

Teplárna zajišťuje výrobu energie pro město České Budějovice. Především se jedná o výrobu tepla pro vytápění a pro ohřev užitkové vody. V teplárně se spaluje hnědé energetické uhlí a zemní plyn. Využívá se kombinovaná technologie, při které se společně s teplem vyrábí i elektrická energie. Díky tomu se energie v palivu maximálně využije a výroba je také šetrnější k životnímu prostředí. Uhlí se dováží ze skládky pásovou dopravou. Voda je čerpána z řeky Malše.



Obr. 2.5 Teplárna v Českých Budějovicích, Novohradská 32

V teplárně jsou instalovány dvě protitlaké odběrové turbíny a jedna turbína kondenzační. Kondenzační turbína byla uvedena do provozu v roce 2011 jako kondenzační stupeň odběrových turbín. Používá se hlavně pro stabilizaci během letního provozu teplárny. Při tomto provozu docházelo k problémům s provozem technologií díky snižujícím se dodávkám páry pro podniky. Jednalo se převážně o kotle, které byly v provozu pod minimální výkon zařízení. V teplárně se využívají dva plynové kotle a dva kotle práškové, granulační.

Vyrobená elektrická energie je transformována na napětí 22 kV a dodávána distribučním společností. Vyrobená pára je dodávána do městské tepelné sítě nebo na kondenzační stupeň. Do sítě se dostává pára o teplotě 220 °C a s tlakem 0,7 až 0,8 MPa. Odběratelé, kteří využívají teplo páry k technologickým účelům pro výrobní procesy, odebírají páru s teplotou 240 °C a s tlakem 1,6 MPa. Ročně teplárna dodá přibližně 2600 TJ tepla. [7]

3. Modernizace

3.1. Moderní tepelné elektrárny

Při vývoji tepelných elektráren se usiluje o to, aby při výrobě páry s vysokým tlakem a teplotou bylo dosaženo vysoké účinnosti. Stejně tak se usiluje o vysokou účinnost při přeměně získané tepelné energie v energii mechanickou v turbíně a následně energii elektrickou v alternátoru. Hlavní problém vzniká právě při transformačním procesu změny energie obsažené v palivu na získanou energii z tohoto paliva. U moderních elektráren se očekává čistá účinnost z energetického obsahu uhlí nad 50 %. Cíl vývoje se také zaměřuje na snížení měrné spotřeby paliva. Moderní elektrárny se snaží najít cestu jak lépe a účinněji spalovat paliva.

Lepší využití paliva nabízí kogenerace, tedy kombinace výroby elektrické energie a zároveň tepla. Paroplynová kogenerace představuje vyšší účinnost přeměny a k tomu snížení emisí a škodlivin, které provázejí uhelné technologie. Dnešní způsob odstraňování škodlivin není příliš perspektivní, a proto se hledá spalovací proces, při kterém by využití uhlí nezahrnovalo vznik škodlivých emisí. Zároveň by ale tento způsob produkoval teplo pro plynovou turbínu nebo pro zařízení ke zvýšení parametrů páry. Jako velice slibná technologie se jeví zplyňování uhlí. Uhlí se zde přeměňuje na horký spalitelný plyn. Tato přeměna zneutralizuje vznik škodlivých emisí už při spalování a produkt je tak dost čistý na to, aby byl spálen v elektrárně s plynovou turbínou a kombinovaným cyklem. Výrazně se tak sníží možnost znečištění ovzduší.

Jako nejvýhodnější způsob využití energie uhlí se jeví integrace tlakového zplyňování uhlí a paroplynového cyklu. Jedná se o paroplynový cyklus, který zaručuje vysokou účinnost přeměny. Nevyužívá se zde zemní plyn, ale horké plyny, které unikají pod tlakem z uhelných zplyňovacích reaktorů. Tyto plyny se vyčistí od prachových částic a jiných škodlivin a putují do spalovací turbíny. Odpadní teplo z plynů současně s teplem z reaktoru je využito na výrobu vysokotlaké páry pro parní turbosoustrojí. Tento cyklus dosahuje účinnosti vyšší jak 55 %. Navíc je zde snížena spotřeba vody oproti konvenčním tepelným elektrárnám a je nižší i úroveň emisí SO_2 , NO_x a CO_2 .

Při zaměření na nízké hodnoty emisí a vysokou účinnost s použitím co nejvyšších teplot při spalování se vyvíjí systémy, které využívají uhlí dvoufázově. Nejprve je energie ze zplyněného uhlí použita ve vysokoteplotních spalovacích turbínách. Ve druhé fázi je využit koksový zbytek ze zplyňovacího procesu. Tento zbytek je poté spalován v samostatném fluidním ohništi a teplo, které při spalování vznikne, je využito v konvenčním parním oběhu.

Vývoj dnešních moderních elektráren se také zaměřuje na zavedení nadkritických parametrů páry pro parní turbíny. Při těchto parametrech, kdy je tlak páry 22,1 MPa a teplota 600 °C, se účinnost zvyšuje nad 40 %. Dnes jsou ve vývoji i monokrystalické slitiny. S použitím těchto slitin je možné jít až do oblasti ultrakritické páry. V této oblasti má pára teplotu 700 °C a účinnost by tak mohla dosáhnout až 50 %.

Dosažení účinnosti 50 % je též možné při přechodu z atmosférických ohnišť na ohniště tlaková fluidní v kombinaci s paroplynovým cyklem. Pro získání této účinnosti je zde i možnost spalování zemního plynu v plynové turbíně. Je zde však podmínka v podobě dlouhodobé odolnosti žáruvzdorných keramických slitin teplotě 1500 °C.

Další možností pro zvýšení účinnosti je využití vysokoteplotních palivových článků. V nich se odehrávají přímé přeměny chemické energie paliva v elektřinu. Přímé přeměny v kombinaci se zplyňovacím cyklem zvýší celkovou účinnost přeměny na 50 %.

Jako velice perspektivní možnost zvýšení účinnosti se dále jeví využití magnetohydrodynamických generátorů. Intenzivně hořící prach nebo plyn, který je doplněn o ionizační přísady, projde magnetickým polem a jeho částice se rozdělí podle náboje.

Kolmo na směr proudu a magnetického pole jsou uloženy elektrody, ze kterých poté lze odebírat stejnosměrný elektrický proud. Teplo spalin v nadkritickém parním cyklu by se pak dalo využít k dosažení celkové účinnosti až 60 %. [4]

3.2. Možnosti snižování emisí SO₂ a NO_x

Tepelné elektrárny vytvářejí při spalování uhlí emise SO₂ a NO_x. Pro snížení těchto emisí se provádí snižování obsahu síry v uhlí, odsiřování spalin a denitrifikace spalin.

Množství síry v uhlí se pohybuje mezi 5 % až 10 % podle druhu uhlí a místa jeho původu. U černého uhlí je obsah síry kolem 1 % a hnědé uhlí českého původu má 1 % až 3% síry. Při spalování přechází většina síry do spalin ve formě SO₂, menší část pak do popela.

Možností jak snížit síru v uhlí je fyzikální separace. Síra je ze 70 % organická. Zbytek je síra pyritická. Pyritická síra má menší měrnou hmotnost než samotné uhlí. Fyzikální separace využívá právě tohoto rozdílu měrných hmotností. Uhlí se tedy rozemele a pod proudem kapaliny jsou unášeny částice uhlí, které neobsahují zrnka pyritu. Těžší zrnka pyritu se usadí a tím se sníží jeho obsah v uhlí až o 60 %.

Další možností je tlakové zplyňování. Jedná se oxidačně redukční proces, při němž se pro zplyňování uhlí využije vodní pára. Díky tomu je výsledný plyn tvořen hlavně vodíkem, oxidem uhelnatým a oxidem uhličitým.

Při odsiřování spalin dochází ke snižování SO₂ právě ve spalinách než se dostanou do ovzduší. Toho se dá dosáhnout vestavěním odsiřovacích zařízení mezi kotel a komín. K zachycování SO₂ se využívá několik různých metod, ale v českých elektrárnách se používá metoda mokré vápencové vypírky. Kouřové plyny procházejí sprchou, kde je rozstříkována vápencová suspenze. Oxid siřičitý reaguje a vytváří se hydrogensířičitan vápenatý, který oxiduje v dihydrát síranu vápenatého. Ten se dále může použít na výrobu sádry nebo cementu.

Pro snížení obsahu oxidů dusíku NO_x se používají dvě metody. Při primární metodě se zabráňuje jejich vzniku řízením průběhu spalování a konstrukcí kotlů. U sekundární metody se odstraňují již vzniklé oxidy dusíku za pomoci selektivní katalytické a nekatalytické redukce.

Při selektivní katalytické redukci, která probíhá ve speciálním reaktoru, se do spalin vstříkuje amoniak a vzniká elementární dusík a voda. Touto metodou lze snížit množství NO_x až o 90%.

U moderního způsobu spalování se používá fluidní spalování. Při něm mají vzniklé kouřové plyny jen 3 % síry a 25 % oxidů dusíku. [4]

4. Závěr

První tepelné elektrárny se v České republice začaly stavět v průběhu padesátých let a postupně jich přibývalo. Většina těchto elektráren je stále v provozu. V dnešní době se na území Česka nachází více jak padesát tepelných elektráren a tepláren. Stejně jako jiné způsoby výroby elektrické energie a tepla, mají i tepelné elektrárny své výhody a nevýhody. Právě ty jim v budoucnu zajistí možnost provozu nebo jim pokračování v provozu znemožní.

Mezi jednu z nejvíce diskutovaných nevýhod patří dopad na životní prostředí. Ze spalování uhlí vznikají emise, ve kterých jsou obsaženy nebezpečné látky. Tento problém částečně řeší nové technologie, umožňující snížení těchto škodlivých látek. Při tomto snížení navíc vznikají vedlejší energetické produkty, které se dále mohou použít především ve stavebnictví. Většina tepelných elektráren na území České republiky využívá jako paliva právě uhlí. Uhlí je ze všech fosilních paliv na světě nejrozšířenější a světové zásoby vystačí nejméně na 130 let. V České republice se v současné době černé uhlí těží v ostravsko-karvinské pánvi, kde se ročně vytěží 15 miliónů tun. Toto množství vystačí pro tepelné elektrárny na našem území a ještě se část vyváží do zahraničí. Hnědé uhlí se těží v sokolovské a v chomutovsko-mostecké pánvi a ročně se zde vytěží několik desítek tun. Právě zdroje uhlí na našem území zajišťují levnější provoz elektráren. V případě že by se uhlí dováželo ze zahraničí, náklady by vzrostly a to by mohlo u některých elektráren ohrozit jejich provoz. Jako alternativa k uhlí je zemní plyn. Zemní plyn využívají moderní paroplynové elektrárny, které dosahují vyšší tepelné účinnosti než uhelné elektrárny. Zemní plyn je ekologický typ paliva, a tak se u paroplynových elektráren snižuje dopad na životní prostředí.

Pokud by byl provoz tepelných elektráren omezen, pak by na výrobu elektrické energie zbývaly elektrárny jaderné. Kromě nich jsou zde ještě elektrárny využívající obnovitelné zdroje. Ty jsou sice šetrné k životnímu prostředí, ale jejich provoz je nákladný a vyrobené energie nízká. V současné době tak zatím nemohou konkurovat jaderným nebo tepelným elektrárnám.

5. Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Prof. Ing. Zbyněk Ibler, DrSc.: *Elektrárny I*, VŠSE Plzeň 1984
- [2] ČEZ, a.s. [online]. 2012, <http://www.cez.cz>
- [3] Wikipedie, Otevřená encyklopedie [online]. 2012, <http://cs.wikipedia.org>
- [4] Vodní a tepelné elektrárny [online]. 2012, <http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz>
- [5] Sokolovská uhelná, a.s. [online]. 2012, <http://www.suas.cz>
- [6] Plzeňská teplárenská, a.s. [online]. 2012, <http://www.pltep.cz>
- [7] Teplárna České Budějovice, a.s. [online]. 2012, <http://www.teplarna-cb.cz>
- [8] Transformační technologie [online]. 2012, <http://www.transformacni-technologie.cz>
- [9] Program ProfiCAD 6.7.2 Pro domácnost, Copyright 2001-2012