

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Účinnost transformace primární energie paliva

Učební texty k semináři Ekologické inženýrství

Autoři:

Prof. Ing. František Hrdlička, CSc. (ČVUT v Praze)

Datum:

8. 4. 2010

Centrum pro rozvoj výzkumu pokročilých řídicích a senzorických technologií

TENTO STUDIJNÍ MATERIÁL JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM
SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY

OBSAH

Obsah	1
1. Účinnost energetických přeměn	2
1.1. Obnovitelné zdroje	3
2. ENERGETIKA – hybný motor rozvoje společnosti	6
2.1. ENERGIE v ČR	6
2.2. Trochu teorie	7
2.3. 1. a 2. termodynamický zákon	7
2.4. Účinnost porovnávacího Carnotova cyklu	8
2.5. Účinnost výroby elektrické energie	10
2.6. Účinnosti různých energetických technologií využití uhlí a jejich předpokládaný vývoj	11
2.7. Kombinovaná výroba tepla a elektrické energie	12
3. Závěr	16

1. ÚČINNOST ENERGETICKÝCH PŘEMĚN

Současná společnost si stále více uvědomuje, jak křehká je rovnováha mezi potřebami energetických zdrojů a možnostmi jejich spolehlivého získávání. Zejména Evropa je v tomto směru velmi ohrožena, protože je závislá z více než 50 % na dovozu primárních paliv a tato závislost se rychle zvyšuje. Navíc podstatný podíl dovážených primárních paliv (zejména se jedná o ropu) je ze zemí potenciálně politicky nestabilních nebo nábožensky fundamentalisticky orientovaných. Obojí vede k nejistotě stability dodávek, protože s primárními zdroji lze objektivně snadno spekulovat na finančních trzích nebo hospodářsky a politicky ovládat importéry.

Evropské země se proto snaží snižovat nebo dokonce zastavit růst energetické závislosti a zároveň jsou nuceny snižovat podíl emisí skleníkových plynů do ovzduší. Jedním z nástrojů je podpora substituce tzv. uhlíkových fosilních paliv obnovitelnými zdroji energie a snaha výrazně snižovat spotřebu energie.

Pro běžného člověka je šetření energií spojeno s používáním nízkoenergetických spotřebičů a se snižováním spotřeby na vytápění (například zateplováním obytných i průmyslových objektů). Méně již je zřejmý fenomén účinnosti transformace primárních paliv na užitečné formy energie – zejména elektrickou energii a teplo.

Moderní člověk si již nedokáže představit svůj život bez takových samozřejmostí jako je teplo, elektřina, teplá voda, elektrické světlo, automobil, mobilní telefon, desítek či stovek malých či větších pomocníků (strojů a zařízení) závislých na spolehlivé dodávce energie (především elektrické energie). Toto všechno bereme jako samozřejmost, dokonce stavíme svá obydlí a konstruujeme výrobky a spotřebiče i celé systémy tak, že jejich normální funkce je bez zajištěné dodávky, zejména elektrické energie, prakticky nemožná.

Energii pro konkrétní použití si musíme někde opatřovat a k tomu nám slouží zdroje energie.

Zcela principiálně rozeznáváme 2 druhy zdrojů energie:

zdroje obnovitelné (obnovují se v reálném čase ve srovnání s délkou lidského života)

a

zdroje neobnovitelné (vzniklé v období vývoje Země před tím, než se člověk na Zemi objevil), kterým říkáme zdroje fosilní (o těch uhlovodíkových se domníváme, že vznikly z fosilií biomasy zejména v období prvohor – karbon a částečně druhohor) a neobnovují se vzhledem k délce existence homo sapiens na Zemi. Fosilní zdroje jsou především uhlí, ropa a zemní plyn, ale patří sem i ropné břidlice a další látky obsahující dostatečně vysokou koncentraci uhlovodíků. K neobnovitelným zdrojům patří i rudy obsahující uran.

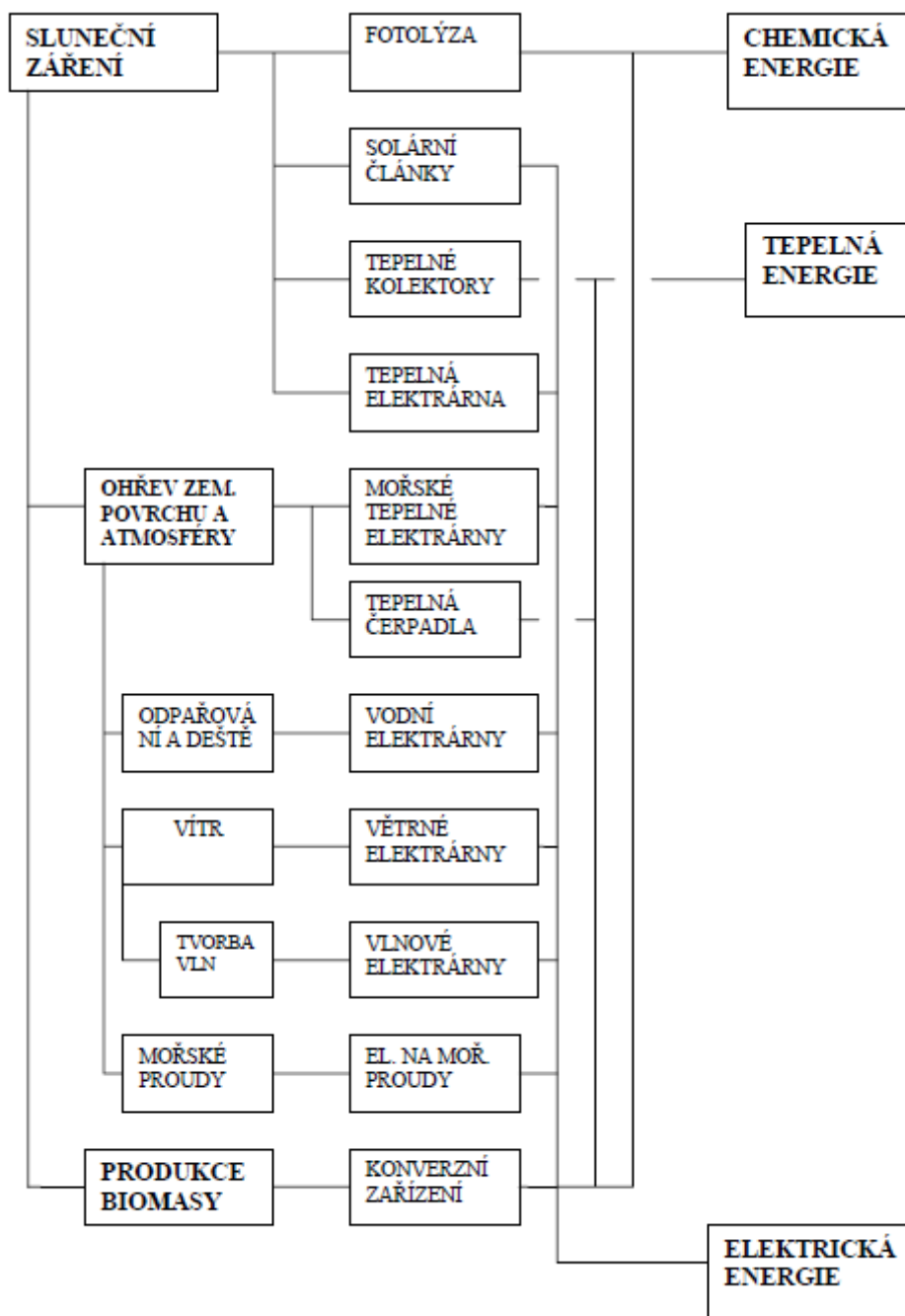
1.1. Obnovitelné zdroje

S výjimkou geotermální energie a energie přílivu jsou všechny zdroje energie, které označujeme jako obnovitelné, závislé na naší centrální hvězdě – tzn. na energii Slunce.

Následující Obr. 1 využitelné energie ze Slunce tuto skutečnost srozumitelně ukazuje.

Právě tato skutečnost a současně absolutní hodnota energie, která na Zemi dopadá, vedou příznivce “zelené energie” k názoru, že tato energie je pro lidskou populaci zcela dostatečná – jenom je ji třeba využívat. Konec konců – podstatná část existence homo sapiens byla spojena právě jenom s dostatečnou energií Slunce, která mu dovoľovala přežívat.

Sluneční energie je obecně obrovský přebytek, bohužel její hustota je nízká pro to, abychom tuto energií byli schopni efektivně a stabilně koncentrovat pro současné požadavky moderní společnosti. Rozvoj industriální i postindustriální společnosti je spojen s využíváním koncentrované energie ve fosilním a později jaderném palivu (jaderné palivo je také neobnovitelným druhem paliva stejně jako fosilní) a dosud se bez tohoto zdroje energie neumíme obejít. - pouze ve smělych plánech fundamentalistických environmentalistů.



Obr. 1: Možnosti využití sluneční energie

Zajišťováním potřeb různých konečných forem užití energie (elektrina, teplo, teplá voda, stlačený vzduch, paliva pro pohon strojů, ...) se zabývá obor, který nazýváme ENERGETIKA. Rozsah činností, které pod gesci oboru ENERGETIKA patří, je však mnohem širší. Patří sem, kromě opatřování energie z primárních energetických zdrojů (fosilní paliva včetně jaderných, obnovitelná paliva - biomasa, geotermální energie a tzv. obnovitelné zdroje energie – slunce, voda ve všech formách, vítr), také nakládání s energiemi, termické

zneškodňování a využívání odpadů a ochrana životního prostředí, která s užíváním energie velmi úzce souvisí.

Co se týče užití energie, máme na mysli především účinnost užití energie, racionální využívání energie včetně využití odpadního tepla a úspory energie v obecné rovině – tzn. až po racionální konstrukci strojů, budov, spotřebičů i navrhování technologických postupů s minimalizací spotřeby energie.

Sidi Carnot – otec moderní termomechaniky, který svůj útlý spisek “Úvahy o hybné síle ohně” uveřejnil před dvěma sty lety. Napsal o možnostech využití tepelných strojů následující slova, která jsou i v současnosti platná:

Ohňové stroje Nikolas-Léonard-Sadi CARNOTA

Nesmíme si nalhávat, že vůbec někdy v praxi vyžítujeme veškerou energii paliva. Úsilí, které bychom k dosažení tohoto cíle vynakládali, bylo by spíš škodlivé než užitečné, kdyby vedlo k opomíjení ostatních důležitých hledisek. Úspora paliva je pouze jednou z podmínek, které mají ohňové stroje splňovat. Za mnohých okolností je však jen podmínkou druhořadou a často musí ustoupit bezpečnosti, pevnosti, trvanlivosti stroje, malému prostoru, který má zaujmout, malým nákladům na jeho pořízení atd. Dokázat v každém případě správně ocenit hlediska vhodnosti a hospodárnosti, která se mohou vyskytnout, dovést rozlišit důležitější od podružnějších, všechna je navzájem vhodně vyvážit tak, aby se nejsnadnějším způsobem dosáhlo nejlepších výsledků, to musí být základem talentu člověka povoláného k tomu, aby řídil, aby koordinoval vzájemně práci svých soudruhů, aby je vedl ke spolupráci směřující k jakémukoliv užitečnému cíli

2. ENERGETIKA – HYBNÝ MOTOR ROZVOJE SPOLEČNOSTI

Energetika je dnes ve světě považována za základní kámen rozvoje moderní společnosti. Tato skutečnost má dva významné rozměry:

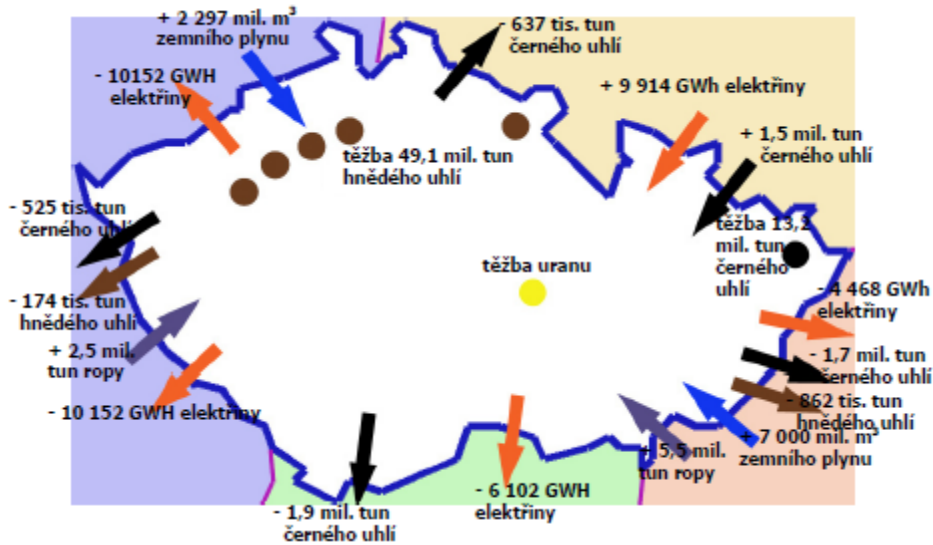
- dostatek energie (v požadované formě – palivo, teplo, elektrická energie) je limitující pro technický i technologický rozvoj společnost
- zásobování a dlouhodobé zajištění dodávky energie (především elektrické) je otázkou bezpečnosti a politické nezávislosti

Zjednodušený pohled na tzv. globální svět, který dovoľoval téměř neomezené možnosti jednoduchého zajišťování základních zdrojů energie, protože zdrojů je dostatek, skončil s 1. ropnou krizí v 70. letech. Tehdy byla poprvé zřetelně nastolena otázka bezpečnosti opatřování potřebných energií pro zajištění stávajícího stavu i pro rozvoj hospodářství. Válka s Irákem o kontrolu nad ropnými nalezišti, nestabilita zemí kontrolujících rozhodující část známých ekonomicky těžitelných zásob ropy a zemního plynu a prudký ekonomický rozvoj nejlidnatějších zemí planety (Čína a Indie) nastolil navíc k otázce bezpečnosti zásobování energiemi i otázku přiměřené soběstačnosti v krytí energetických potřeb. K dvěma uvedeným faktorům je nutno připojit třetí, a to je faktor ekologický. Pravděpodobnost, že člověk využíváním klasických fosilních paliv, tedy paliv založených více (uhlí), či méně (ropa, plyn) na chemicky vázaném teple v uhlíku, mění vlastnosti přízemní vrstvy atmosféry tak, že dochází ke změnám označovaným jako "skleníkový efekt", je tak velká, že ji nelze přehlížet. Tyto tři faktory se naprosto zřetelně promítají do energetické a současně i ekologické politiky EU a právě probíhající společný výzkumný program EU (tzv. 7. rámcový program) je v tomto smyslu jednoznačně orientován.

2.1. ENERGIE v ČR

Chceme-li si udělat základní představu, jak vypadá opatřování primárních energetických zdrojů a elektřiny v České republice, musíme se podívat na opatřování a toky základních energetických komodit.

Na Obr. 2 [MPO ČR] je uveden stav roku 2005. v hodnocených komoditách je hnědé uhlí, černé uhlí, ropa, zemní plyn, uran a elektrická energie. U elektřiny je udáván pouze dovoz a vývoz.



Obr. 2: Toky základních energetických komodit v ČR

2.2. Trochu teorie

Chceme-li vést jakékoliv úvahy týkající se energetiky na racionální a především smysluplné úrovni, musíme nastavit základní vstupní korekce našich úvah. V energetice jsou to především následující tři podmínky, které musíme respektovat:

- 1. a 2. termodynamický zákon
- účinnost porovnávacího Carnotova oběhu
- definici tepelné účinnosti zařízení využívající primární zdroj energie – palivo

2.3. 1. a 2. termodynamický zákon

Pro naprosto největší možné zjednodušení 1. zákona budeme předpokládat, že vystačíme s jednoduchým, ale stále nepřekonaným axiomem, který říká, že „nelze postavit stroj, který by cyklicky vykonával práci bez přivádění energie“, respektive neumíme sestavit perpetuum mobile. Druhý zákon musíme popsat alespoň nejjednodušším způsobem matematickým vztahem:

$$S = \int \frac{dQ}{T} \quad [kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}] \quad (2.1)$$

kde je Q je uvolněné teplo v $[kJ \cdot kg^{-1}]$ a T je teplota v K . S je entropie pracovní látky, která realizuje tepelný oběh a vyjadřuje pomyslnou míru

užitečnosti tepla Q . Čím je entropie nižší (respektive uvolněné teplo je na vyšší teplotové hladině), tím je užitečnost tepla vyšší. Vysoká entropie vyjadřuje nízkou použitelnost disponibilního tepla. [Velmi zjednodušeně řečeno jde o matematické vyjádření známé skutečnosti, že ani 1 GJ tepla na úrovni teploty 50° C nestačí k uvaření hrníčku čaje, ale tentýž 1 GJ tepla bohatě postačuje k celodennímu vytápění průměrně izolovaného rodinného domu při venkovní teplotě – 5 °C.]

2.4. Účinnost porovnávacího Carnotova cyklu

Carnotův porovnávací cyklus je tzv. ideální tepelný oběh, který definuje teoreticky dosažitelnou účinnost tohoto oběhu, probíhá-li mezi dvěma konkrétními teplotovými hladinami. Konkrétní teplotové hladiny jsou u klasických tepelných oběhů poměrně dobře známé. Například parní oběh v soustavě parní kotel – parní turbína – kondenzátor se odehrává mezi teplotou pracovní látky (proměnná teplota od teploty napájecí vody až po teplotu výstupní páry) a teplotou v kondenzátoru turbíny (tedy přibližně teplotou okolí). Uvážíme-li, že teplota okolí je přibližně konstantní a ovlivňovat můžeme pouze teplotu pracovní látky, pak je zřejmé, že teplota pracovní látky, respektive parametry zařízení budou rozhodovat o účinnosti cyklu a to podle vztahu

$$\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (2.2)$$

kde η_c je účinnost Carnotova oběhu, $T_1[K]$ horní (vstupní) absolutní teplota pracovní látky (teplota, při které je teplo do oběhu přiváděno) a $T_2[K]$ dolní absolutní teplota pracovní látky (teplota, při které je teplo z cyklu odváděno)

Definice tepelné účinnosti zařízení pro transformaci chemicky vázaného tepla v palivu na teplo obsažené v pracovní látce oběhu

Tepelná účinnost je definována jako poměr tepla užitečně uvolněného z paliva do pracovní látky k teplu v palivu přivedeném:

$$\eta = \frac{Q_{už}}{Q_{pal}} \quad (2.3)$$

kde $Q_{u\check{z}}$ je užitečné teplo v pracovní látce (pára, horká nebo teplá voda, ohřátý vzduch a pod.) a Q_{pal} pak teplo přivedené v palivu.

Teplo přivedené v palivu je však v této definici vztahováno k tzv. výhřevnosti paliva. Výhřevnost paliva však není celé chemicky vázané teplo v palivu, ale pouze část celkového tepla obsaženého v palivu (je označeno jako spalné teplo), které je sníženo o tzv. kondenzační teplo vodních par obsažených ve spalinách vzniklých spálením paliva.

Mezi spalným teplem a výhřevností platí následující vztah

$$Q_N = Q_H - 24,53(W + 9H) \quad [MJ \cdot kg^{-1}] \quad (2.4)$$

kde W a H jsou hmotnostní podíly vody a vodíku v palivu

Z uvedeného je zřejmé, že v technické praxi používáme vztah pro určení účinnosti (např. kotlů), který je v rozporu se smyslem a podstatou termodynamických zákonů. Výsledkem tohoto rozporu je to, že u zařízení, která dokážou kondenzační teplo ze spalin využít (to jsou například kondenzační kotle), zjistíme, že vztahem pro účinnost vypočteme účinnost vyšší než 100 %. Tuto skutečnost si musíme uvědomovat, když chceme exaktně hodnotit užitečnost různých zařízení používaných v energetice.

Jsou státy, které uvedeným historickým fyzikálním paradoxem netrpí (USA), protože vztahují účinnost k celkovému chemicky vázanému teple v palivu – tedy ke spalnému teple. Číselné hodnoty účinnosti takto hodnocených zařízení jsou však výrazně nižší! a nelze je jednoduše s evropskými hodnotami účinností porovnávat.

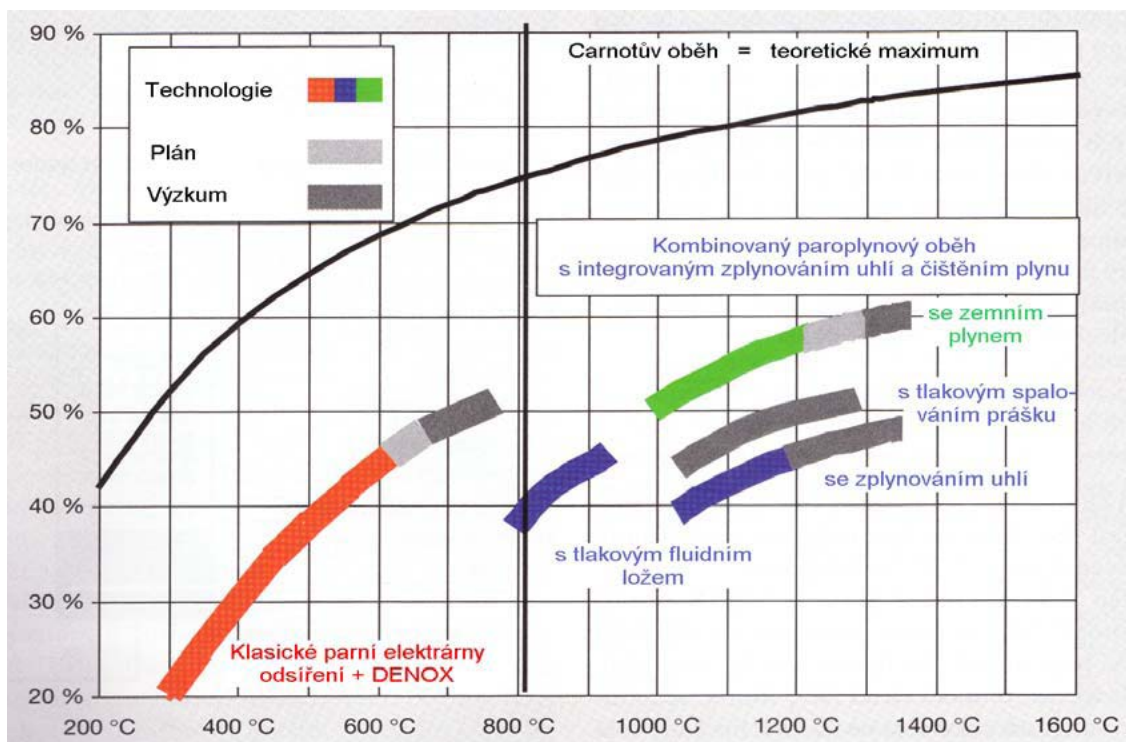
Reálné účinnosti využívání primární energie jsou uvedeny v následující tabulce:

První parní stroj	1%
První elektrárna v Německu (Berlín 15.8.1885)	<5%
Fotočlánek	6-15%
Parní lokomotiva	10-15%
„Stroj“ člověk	15-20%
Automobil střední třídy	20%
Větrná elektrárna	30%

Diesel lokomotiva	40%
500 MW el. blok staršího provedení	>32%
500 MW el. blok nového provedení	>35%
Nový 800 MW el. blok (hnědé uhlí)	>40-42%
Nové velké el. bloky na černé uhlí	>42-44%
Paroplynová zařízení na zemní plyn	47-55%

2.5. Účinnost výroby elektrické energie

Výroba elektrické energie je rozhodující z hlediska spotřeby primárních energetických zdrojů a zejména z hlediska spotřeby fosilních paliv, na kterých je dnes rozhodující způsobem závislá. Skutečné a teoretické možnosti dosažení příslušné účinnosti transformace tepla z paliva na elektrickou energii, v závislosti na parametrech tepelného oběhu, ukazuje následující obrázek Obr. 3. V tomto obrázku je uvedena účinnost teoretického Carnotova cyklu v závislosti na pracovní teplotě látky oběhu a skutečné účinnosti zařízení, která jsou pro výrobu elektrické energie používána. Limitujícím faktorem zvyšování účinnosti je v podstatě materiál a jeho vlastnosti, které umíme pro stavbu zařízení používat.

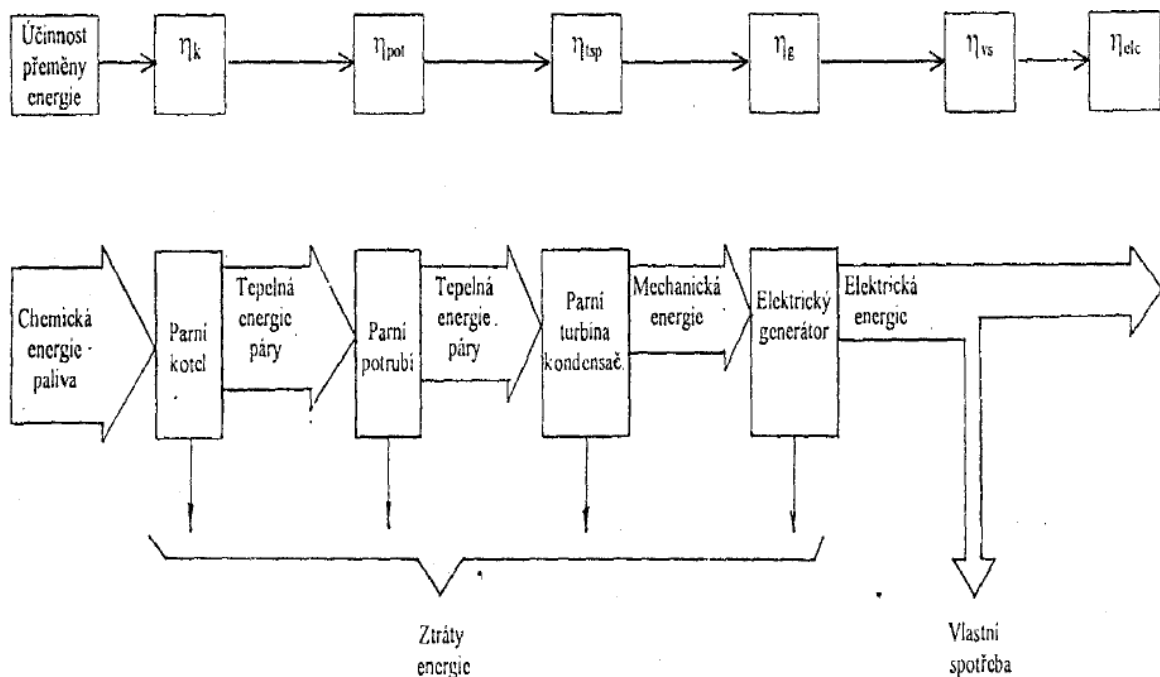


Obr. 3: Účinnost Carnotova porovnávacího cyklu a reálné účinnosti výroby elektrické energie

2.6. Účinnosti různých energetických technologií využití uhlí a jejich předpokládaný vývoj

Z Obr. 3 je zřejmé, že skutečná účinnost transformace energie z chemicky vázané na užitečnou (jako elektrická energie) je výrazně nižší než teoretická účinnost podle pana Carnota.

Důvodem je skutečnost, že každý transformační krok mezi chemicky vázanou energií v palivu a výsledným produktem probíhá s určitou účinností (respektive se ztrátami). Pro klasický parní cyklus ukazuje následující obrázek Obr. 4 skutečný průběh přeměny energie paliva na užitečnou energii elektrickou :



Obr. 4: Transformace primární energie na elektrickou energii v kondenzační elektrárně.

Celková netto účinnost kondenzační elektrárny je

$$\eta_{elc} = \eta_k \cdot \eta_{pot} \cdot \eta_{tsp} \cdot \eta_g \cdot \eta_{vs} \quad (2.5)$$

kde

η_k účinnost kotle - orientačně 0,89 až 0,95

η_{pot} účinnost potrubí - v rozmezí 0,97 až 0,98

η_{tsp} spojivá termická účinnost transformace tepelné energie páry na mechanickou energii v parní turbíně

$$\eta_{tsp} = \eta_{to} \cdot \eta_{tdi} \cdot \eta_m \quad (2.6)$$

kde

η_{to} je tepelná účinnost Rankinova - Clausiova oběhu
 η_{tdi} je vnitřní termodynamická účinnost (v rozmezí 0,85 - 0,9)
 η_m je mechanická účinnost (v rozmezí 0,97 až 0,996)

η_g elektrická účinnost generátoru (0,97 – 0,99)
 η_{vs} účinnost vlastní spotřeby

$$\eta_{vs} = 1 - \zeta_{vs} \quad (2.7)$$

ζ_{vs} je součinitel vyjadřující ztrátu vlastní spotřebou

2.7. Kombinovaná výroba tepla a elektrické energie

Pravděpodobně všichni již slyšeli o tom, že lze vyrábět dvě (resp. 3) hlavní energetické komodity (elektřina, teplo, resp. chlad) buď odděleně, nebo současně. Pokud se vyrábí dvě, hovoříme o kogeneraci při třech komoditách o trigeneraci. Také většina čtenářů slyšela, že současná výroba je výhodnější, viděla tzv. Sankeyovy diagramy oddělené a společné výroby tepla a elektrické energie, ale stále ještě trochu jim uniká podstata problému. Ta jednodušší je matematické doložení skutečné nebo pouze zdánlivé výhodnosti společné výroby:

Nejjednodušším typem energetického zdroje je výtopna s dodávkou tepla Q_d . Její použití lze zdůvodnit, resp. přesněji řečeno může vycházet jako ekonomicky optimální řešení, u malých zdrojů a malou potřebou dodávky E elektrické energie. U větších zdrojů být s malou nebo nulovou potřebou dodávky elektrické energie do vlastního závodu je kombinovaná výroba elektřiny a tepla výhodnější, neboť ze širšího pohledu znamená absolutní úspory přivedeného tepla v palivu ΔQ_{pv}^T proti oddělené výrobě tepla ve výtopně a odpovídající výrobě elektrické energie v kondenzační elektrárně. Tuto úsporu tepla v palivu lze popsat vztahem

$$\Delta Q_{pv}^T = \frac{E}{\eta_E} + \frac{Q_d}{\eta_V} - \frac{E+Q_d}{\eta_T} = Q_d \left(\frac{e}{\eta_E} + \frac{1}{\eta_V} - \frac{e+1}{\eta_T} \right) = aE + bQ_d \quad (2.8)$$

$$a = \frac{1}{\eta_E} - \frac{1}{\eta_T}, b = \frac{1}{\eta_V} - \frac{1}{\eta_T}, e = \frac{E}{Q_d}$$

kde η_E , η_V a η_T jsou účinnosti kondenzační elektrárny, výtopyny a teplárny, E je vyrobená a dodaná elektrická energie a Q_d je vyrobené a dodané teplo a e je modul teplárenské výroby elektrické energie.

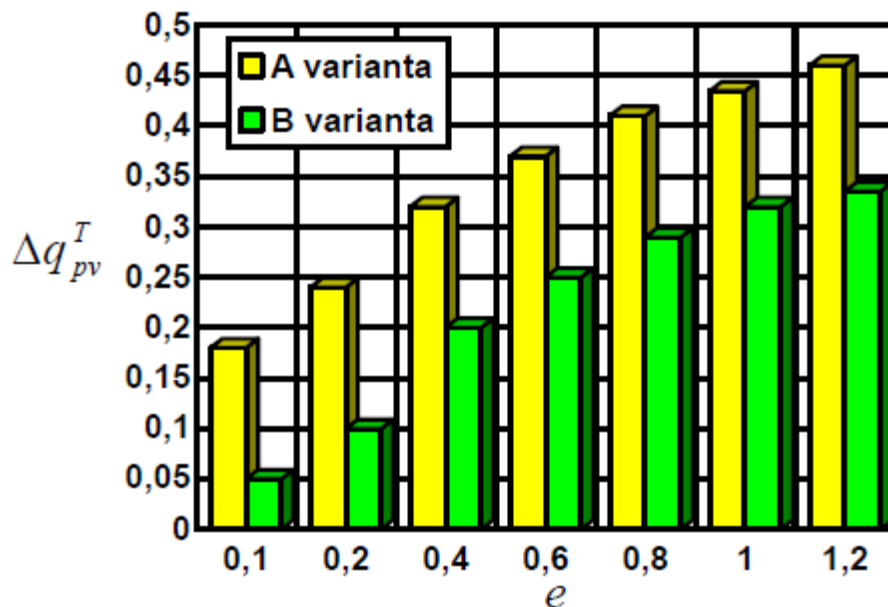
Pro určení poměrné úspory tepla v palivu v teplárně platí vztah

$$\Delta q_{pv}^T = \frac{\Delta Q_{pv}^T}{Q_{pv}^{E+V}} = 1 - \frac{\frac{1+e}{\eta_T}}{\frac{e}{\eta_E} + \frac{1}{\eta_V}} = 1 - \frac{\eta_E \eta_V}{\eta_T} \cdot \frac{1+e}{e \eta_V + \eta_E} \quad (2.9)$$

e	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
Δq_{pv}^T	0,0910	0,1868	0,2534	0,3024	0,3400	0,3697	0,4135	0,4445	0,4675	0,4928

Tab. 1: Vliv $e = E/Q_d$ na měrnou úsporu tepla při kombinované výrobě

Konkrétně např. pro $\eta_E = 0,32$, $\eta_V = 0,9$, $\eta_T = 0,85$ dostaneme v závislosti na e pro ($0,1 < e < 1,5$) průběh Δq_{pv}^T dle Tab. 1 a může tedy dosáhnout až 50 %. Úspory tepla v palivu závisí proto hlavně na účinnostech všech tří typů zdrojů a modulu e . Rozdíly pro dva extrémní případy parametrů, a sice starší variantu A při $\eta_E = 0,32$, $\eta_V = 0,75$ a $\eta_T = 0,8$ a moderní řešení B při $\eta_E = 0,45$, $\eta_V = 0,95$ a $\eta_T = 0,9$ ukazuje Obr. 5.



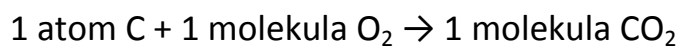
Obr. 5: Poměrná úspora tepla v palivu Δq_{pv}^T při kombinované výrobě elektřiny a tepla pro dvojí číselné hodnoty η_E , η_V a η_T

Podstatným a zásadním výsledkem předchozí úvahy je zjištění, že lze-li skutečně provozovat současnou výrobu dvou (resp. tří) energetických komodit, je možné ušetřit při zcela shodných produkcích těchto komodit palivo. A to pravděpodobně výrazně. Z energetického hlediska je proto jednoznačné stanovisko „ano, společné výrobě energetických komodit“.

Ta druhá otázka je složitější a řešení méně průhledné. Nejdříve je nutné zodpovědět stanovit, zda skutečně potřebujeme obě (tři) komodity současně (společná výroba znamená současnou produkci všech komodit současně), protože časově posunuté užití jednotlivých komodit znamená nutnost akumulace jedné komodity. Akumulace je však obvykle složitá a často neefektivní. Následně je třeba uvážit skutečnost, že úspora paliva v současných ekonomických podmínkách ještě neznamená, že jde o výhodnost ekonomickou. Pokud kladně posoudíme ekonomiku společné výroby, je rozhodnutí pro společnou výrobu energetických komodit (teplo, elektřina, chlad,..) jednoznačné.

Lze obejít klasické spalovací reakce pro získání užitečné energie z paliva?

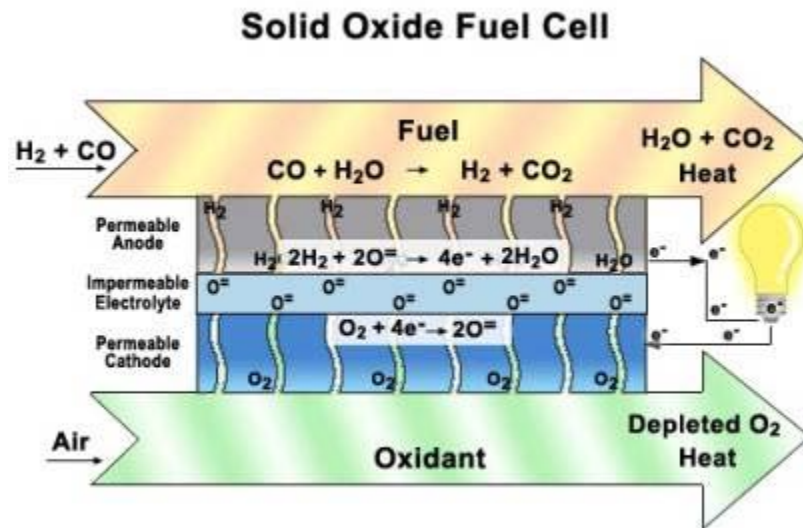
SPALOVACÍ REAKCE



při reakci hoření mezi atomem uhlíku C (který má 6 elektronů rozdělených do 2 sfér – 2 elektrony na 1. sféře a 4 na 2. sféře, na které chybí 4 elektrony) a kyslíkem O₂ (má 8 elektronů na dvou sférách, takže na neúplné 2. sféře chybí 2 elektrony) se vytvoří molekula CO₂, u které je na vnější sféře 4+2x6=16 vnějších elektronů umístěných na 2. sféře tak, že 8 elektronů z celkových 16 ti je 8 společných a prvky mají úplné 2. sféry

Z předchozího je zřejmé, že k doplnění valenčních sfér je nutný transport (pohyb) elektronů. Na této skutečnosti jsou založena zařízení na částečnou přímou transformaci chemicky vázaného tepla na elektrickou energii (volné disponibilní elektrony „cestují“ přes spotřebiče a vykonávají užitečnou práci. Zařízení, která využívají tohoto jevu, se nazývají palivové články.

Uspořádání palivového článku je na dalším obrázku Obr. 6.



Obr. 6: Uspořádání palivového článku

3. ZÁVĚR

Předchozí text si kladl za jediný srozumitelný cíl vysvětlit význam účinnosti transformace primárních energetických zdrojů (paliv) na užitečné formy energie. Chceme-li v dlouhodobé perspektivě racionálně hospodařit s energií primárních zdrojů, musíme své úsilí zaměřit na obě strany procesu užívání energie. Na straně primární transformace zdrojů šetřit vysokou účinností jejich transformace na užitečné formy energie (elektrická energie, teplo, chlad,...) a na straně spotřeby podporovat šetřící spotřebiče a technologie. Pouze vyvážené úsilí přináší nejvyšší efekt snížení spotřeby primárních zdrojů při zachování rozvoje společnosti, a to dokonce udržitelného rozvoje.

Centrum pro rozvoj výzkumu pokročilých řídicích a senzorických technologií
CZ.1.07/2.3.00/09.0031

Ústav automatizace a měřicí techniky
VUT v Brně
Kolejní 2906/4
612 00 Brno
Česká Republika

<http://www.crr.vutbr.cz>

info@crr.vutbr.cz