

MALÁ KOGENERAČNÁ ELEKTRÁREŇ SPALUJÚCA BIOPLYN

Klas Torssander, M.Sc.

VOLVO AERO CORPORATION

Výhradné zastúpenie pre SR:

INVESTEX GROUP, s.r.o.

Námestie SNP 3

960 01 Zvolen

Tel.: 045 – 5323 134, 5321 499, 5332 459

Fax: 045 – 5321 500, 5332 467

E – mail: energetika@investex-group.sk, firma@investex-group.sk

www.investex-group.sk

Spoločnosť Volvo Aero Corporation (VAC) v rámci svojej projekcie a vývoja konštruuje tak pohony pre vojenské a civilné letectvo, pohon kozmickej rakety Ariane, ako aj plynové turbíny elektrární s kombinovanou výrobou tepla a elektrickej energie (CHP) pre komerčné a priemyselné využitie. Spoločnosť poskytuje kompletne dodávky technológií formou “na kľúč” so zabezpečením rôznych foriem financovania.

V oblasti CHP spoločnosť VAC ponúka riešenia na báze priemyselných plynových turbín o výkonoch 600 kW (VT 600), 2600 kW (VT 2600) a 4400 kW pre VT 4400 a pre VT 4400 DLE. Jednou z posledných aplikácií turbín pre CHP je bioplynom prevádzkovaná elektráreň v Helsingborgu (Švédsko), opis ktorej je predmetom nasledovného príspevku.

Elektráreň

Palivo používané pre prevádzku elektrárne je bioplyn. Tento bioplyn je produktom rôznych biologických procesov prebiehajúcich v triedenom odpade pochádzajúcom z príľahlej skládky. Bioplyn sa zhromažďuje v približne 70 zberačoch zavrtaných na dno odpadového lôžka. Cez vodorovné potrubia priemeru 90 mm ponorené v odpade postupuje plyn do zberacích jednotiek, rozmiestnených v rámci lôžka. Po filtrácii môže byť plyn použitý ako palivo buď pre plynovú turbínu malej kogeneračnej jednotky s výkonom 600 kW na hriadeli, alebo v samostatnom vykurovacom zariadení pre diaľkové vykurovanie.

Takéto palivo pozostáva zo zmesi horľavých a inertných plynov (predovšetkým kyslíčnik uhličítý a dusík). Palivová zložka pozostáva prevažne z metánu, ktorý reprezentuje približne polovicu spomínanej zmesi.

Elektrárň je prevádzkovaná v režime paroplynového (kombinovaného) cyklu, čo znamená spoluprácu plynovej a parnej turbíny, výstupom oboch je potom elektrická energia. Obe turbíny majú svoj vlastný generátor. Takto je dosahované vyššie využitie paliva, ako aj vyššia elektrická účinnosť ako v klasickom zapojení iba s plynovou turbínou.

Elektrárň je tiež navrhnutá ako CHP (Combined Heat and Power – Kombinovaná výroba tepla a elektrickej energie) zariadenie, takto okrem elektrickej energie vyrába aj veľké množstvá tepla využiteľného v priemyselných technológiách a vo vykurovaní obytných objektov.

Výfukové plyny plynovej turbíny prúdia cez množstvo tepelných výmenníkov. Jedným z nich je kotol vyrábajúci nízkotlakú paru, ktorá je pohonným médiom parnej turbíny. Parná turbína poháňa elektrický generátor o menovitom výkone 160 kW. Ostatné výmenníky potom slúžia na predhrievanie napájacej vody v parnom cykle, ako aj na ohrev teplotného média pre diaľkové vykurovanie.

Väčšina z čerpadiel v elektrárni má inštalovanú 100 % zálohu, záložné čerpadlá automaticky preberajú na seba pohon média v prípade poruchy prevádzkového čerpadla.

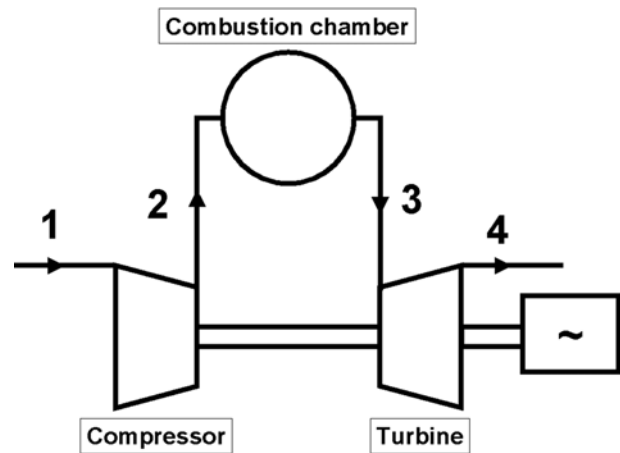
Plynová turbína

Podstatnou časťou paroplynového cyklu je set plynovej turbíny, ktorá za normálnych prevádzkových podmienok vyrába 80, alebo viac percent celkovo vyrobenej elektrickej energie. Okrem toho zásobuje teplom vo forme výfukových plynov parný cyklus a diaľkové vykurovanie.

Konštrukcia plynovej turbíny VOLVO VT 600, je založená na veľmi jednoduchej koncepcii. Namiesto klasického turbokompresora používaného pre piestové motory je tu obežné koleso kompresora, ktoré je spolu s obežným kolesom turbíny umiestnené na spoločnom hriadeli. Predsa len v porovnaní s klasickým turbokompresorom je veľkosť kompresora a turbíny VT 600 pomerne veľká.

Ďalšou odlišnosťou je, že výfukové plyny piestového motora sa ďalej v turbíne nevyužívajú na pohon turbokompresora. Namiesto toho horúci stlačený plyn, ktorý vznikne po zapálení zmesi stlačeného vzduchu a bioplynu v spaľovacej komore je používaný na pohon turbíny.

Rotor turbíny je spojený s hriadeľom generátora mechanickou spojkou. Na obrázku 1 je znázornené prepojenie základných komponentov plynovej turbíny. Účelom prevodovky je znížiť otáčky hriadeľa plynovej turbíny na 1500 ot/min.



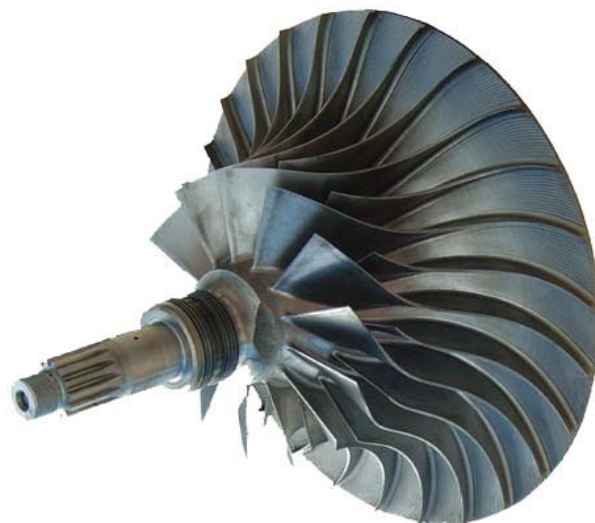
Obr. 1

Kompresor je radiálny, teda toho istého typu ako sa používa v malých turbokompresoroch. Princíp spočíva v nasávaní vzduchu cez sacie potrubie obopínajúce obežné koleso kompresora. Vďaka vysokej rýchlosti obežného kolesa kompresora (38000 ot/min) je okolitý vzduch o atmosferickom tlaku stláčaný na tlak cca 9 bar (absolútny tlak), teda na pretlak asi 8 bar. Tento kompresný pomer je podstatne väčší ako pre typický turbokompresor s faktorom cca 3.

Obežné koleso kompresora turbíny VT 600 je znázornené na obr. 2. Vzduch opúšťajúci kompresor má teplotu okolo 300 °C a tlak 8 bar.

Filtračný systém zabezpečujúci vzduch pre turbínu je dimenzovaný na hmotnostný prietok 3,8 kg/s.

Takto stlačený vzduch je privádzaný do spaľovacej komory. Rýchlosť vzduchu za kompresorom je však príliš vysoká (niekoľko sto m/s) na inicializáciu a udržanie spaľovacieho procesu. Je teda nevyhnutné znížiť rýchlosť stlačeného vzduchu, k tomuto dochádza v difúzore. Ako výsledok difúzneho procesu je rýchlosť znížená na 50 m/s.



Obr. 2

Spaľovacia komora je rozdelená do dvoch zvláštnych zón. Chemická reakcia medzi metánom a kyslíkom sa odohráva prevažne v prvej, primárnej zóne vo vrchnej časti spaľovacej komory. Palivo je injektované do vrchnej časti spaľovacej komory spolu s časťou vzduchu. Vzduch je tiež privádzaný do spaľovacieho priestoru cez otvory plamenca, umiestneného nižšie.

V primárnej zóne vo vrchnej časti spaľovacej komory je stlačený vzduch zmiešaný s plyným palivom zapáľovaný sviečkou s vysokoenergetickou iskrou (cca 2 J). Zapáľovacie zariadenie je aktívne iba počas štartovacieho procesu.

Druhá, spodná zóna je v podstate určená na zmiešanie zmesi plynu z primárnej zóny so značne chladnejším stlačeným vzduchom. Dôvodom k tomuto je zníženie teploty zmesi plynu odchádzajúceho so spaľovacej komory. V opačnom prípade by bola teplota plynu na vstupe do turbíny príliš vysoká. Takto je teplota plynu po zmiešaní nižšia ako 1000 °C. Maximálna teplota na vstupe do turbíny je obmedzená parametrami turbíny.

Podstatnou časťou spaľovacej komory plynovej turbíny je tzv. plamenec, zobrazený na obr.3. Veľké otvory na spodnej časti plamenca sú určené pre prívod vzduchu do zmiešavacej zóny. Spaľovací vzduch je teda viac – menej rozdelený medzi primárnu a zmiešavaciu zónu.



Obr. 3

Pre účely elektrárne Helsingborg bola turbína VT 600 pozmenená pre spaľovanie bioplynu. Pre dosiahnutie stability plameňa v spaľovacej komore a minimálne emisie, bolo potrebné zmeniť rozdeľovanie spaľovacieho vzduchu pre dosiahnutie optima stechiometrie primárnej zóny. Kvôli zvýšenému prietoku bioplynu (voči zemnému plynu) a kvôli zachovaniu prúdenia v primárnej zóne boli modifikované aj injektory.

Prietok paliva spaľovacou komorou je riadený termočlánkami, ktoré monitorujú teplotu plynu opúšťajúceho spaľovaciu komoru vo vnútri turbíny. Ak je teplota plynu príliš nízka riadiaci signál senzorov zvýši prívod plynu do spaľovacej komory a opačne.

Mechanická energia vzniká v axiálnom stupni turbíny, zloženom z dvoch obežných kôl – obr. 4. Úlohou statora je také smerovanie prúdenia plynu, aby uhol ktorý zvierá s nábežnou hranou rotora bol optimálny.

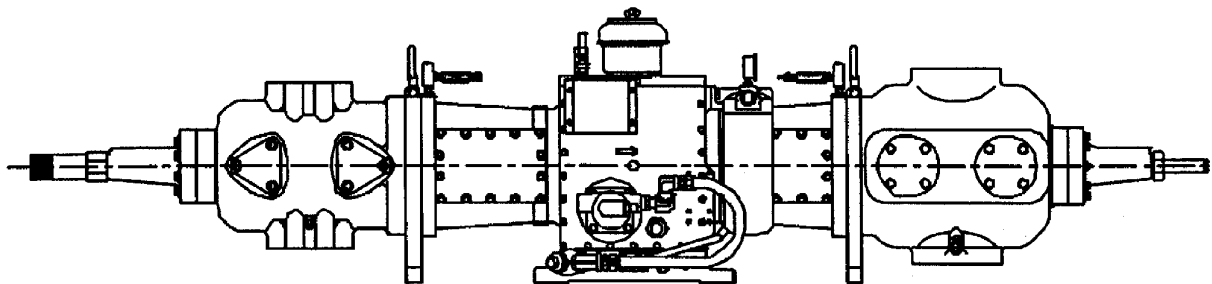


Obr. 4

Palivový kompresor

Palivový kompresor pre stláčanie bioplynu je integrovanou súčasťou elektrárne. Tlak plynu je zvyšovaný z 1,5 bar (absolútny tlak), t.j. z pretlaku 0,5 bar na cca 14 bar (absolútny tlak), t.j. na pretlak 13 bar. Toto zvýšenie tlaku plynu je nevyhnutné na dosiahnutie a prekročenie prevádzkového tlaku spaľovacej komory ako aj na pokrytie tlakových strát vo ventiloch a iných zariadeniach inštalovaných na plynovom potrubí.

Palivový kompresor je dvojstupňový, piestový, s maximálnou prietokovou kapacitou 650 m^3 pri 1 atm a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ (obr. 5). Požadovaná rýchlosť je zabezpečená frekvenčným meničom. Pretože vzťah medzi otáčkami kompresora a prietokom plynu je takmer lineárny, je dodávku paliva možné riadiť veľmi presne.



Obr. 5

Parná turbína

Turbína pre parný cyklus je nízkotlaká, jednostupňového typu, tento stupeň je však tvorený dvojitými lopatkami, pre získanie maximálnej účinnosti. Para je vyrábaná v kotli, ktorý je principiálne výmenníkom tepla medzi výfukovými plynmi a parou. Para má na výstupe kotla približne 235 °C. Napriek tomu, že para je vyrábaná v kotli, ohrev napájacej vody začína už v ekonomizéri. Za kotlom je para ešte prehrievaná ďalším výmenníkom – prehrievačom pary, zvyšujúcim teplotu z uvedených 235 °C na 350 °C.

Oba výmenníky používajú pre zvýšenie teploty vody a pary teplo výfukových plynov. Teplota výstupnej pary za turbínou je cca 175 °C. Pri plnom zaťažení je spotreba pary približne 1875 kg/h a výkon na hriadeli okolo 160 kW.

Tepelný výmenník

Výmenou tepla medzi výfukovými plynmi a parou v prehrievači pary je teplota výfukových plynov znižovaná z 500 °C na 400 °C, ďalej v kotli na 300 °C.

Napájacia voda kotla je predhrievaná v plyno – vodnom výmenníku – ekonomizéri. Takto sa zvyšuje jej teplota z cca 50 °C na 100 °C, kým teplota výfukových plynov klesá z 300 °C na 200 °C.

Až v tejto fáze je teplo spalín po prechode tlmičom a spalínovodom využívané na diaľkové vykurovanie za pomoci ďalšieho výmenníka.

Diaľkové vykurovanie

Ohrev vody pre diaľkové vykurovanie prebieha v niekoľkých stupňoch. Prvá a najvýznamnejšia časť celého ohrevu prebieha v kondenzátore pri kondenzácii pary.

Druhým stupňom ohrevu vody diaľkového vykurovania je tiež ekonomizér využívajúci teplotu spalín. Za ním je zaradený zvláštny ohrievač spaľujúci bioplyn, ktorým je možné dodatočne zvýšiť teplotu vody diaľkového vykurovania. Tento má svoju vlastnú spaľovaciu komoru, napájanú bioplynom o pôvodnom tlaku zberacieho rozvodu a môže byť prevádzkovaný nezávisle na systéme plynovej turbíny.

Takto vyrobené teplo sa využíva na vykurovanie obytných a priemyselných budov v blízkosti elektrárne. Vratná voda sa potom privádza naspäť pre ohrev.

Riadenie a prevádzka

Hlavný riadiaci systém elektrárne je založený na riadiacom počítači, ktorý môže byť obsluhovaný lokálne, cez terminál, alebo riadený externe, cez telefónnu linku a modem.