

Využitie odpadového tepla pre odmrazovanie vstupu motora kompresorovej stanice plynovodu

Marián Hocko¹, Marián Jánoš²

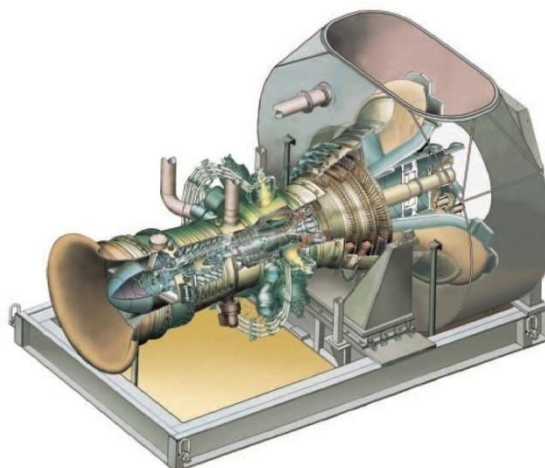
¹ Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta, Rampová 7, 042 21 Košice, marian.hocko@tuke.sk

² Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta, Rampová 7, 042 21 Košice, marian.janos@tuke.sk

Abstrakt V článku je popísaný alternatívny návrh ochrany hnacieho turbokompresorového motora, ktorý zabezpečuje pohon kompresora kompresorovej stanice plynovodu pred námrazou. Navrhovaná alternatívna ochrana motora pred námrazou je založená na využití odpadového tepla, ktoré je odvádzané výstupnými plynmi z motora, čo prináša ekonomické prínosy v dôsledku udržania výkonu motora aj pri činnosti odmrazovacieho systému motora.

1 Úvod

Plynárenský priemysel patrí medzi dôležité odvetvia slovenskej ekonomiky. Slovenská republika spotrebuje počas jedného roka približne šesť miliárd kubických metrov zemného plynu. 96% spotrebovaného zemného plynu sa dováža z Ruska a 4% pochádza z domácej ťažby. V roku 1970 podpísali zástupcovia bývalej Československej republiky v Moskve dohodu s bývalým Sovietskym zväzom o tranzitnej preprave zemného plynu cez ČSSR do Rakúska a Nemecka. Tranzitnú prepravu zemného plynu na Slovensku zabezpečujú štyri kompresorové stanice: KS01 – Veľké Kapušany, KS02 – Jablonov nad Turňou, KS03 – Veľké Zlievce, KS04 – Ivanka pri Nitre. Najväčšia kompresorová stanica v Európskej únii, ktorá bola uvedená do činnosti v roku 1971, sa nachádza vo Veľkých Kapušanoch, v blízkosti Ukrajinskej hranice. Táto kompresorová stanica má výkon viac ako 300 MW [1].



Obr. 1 Motor RB 211 DLE [2]

Kompresorová stanica KS01 vo Veľkých Kapušanoch využíva na pohon kompresorov pre prečerpávanie plynu pozemné deriváty dvojprúdových leteckých turbokompresorových motorov Rolls-Royce RB211 DLE, ktorých výkon je ovplyvnený vonkajšími atmosférickými podmienkami.

Na bezpečnosť a spoľahlivosť činnosti motorov má značný vplyv námraza, ktorá vzniká pri určitých atmosférických podmienkach.

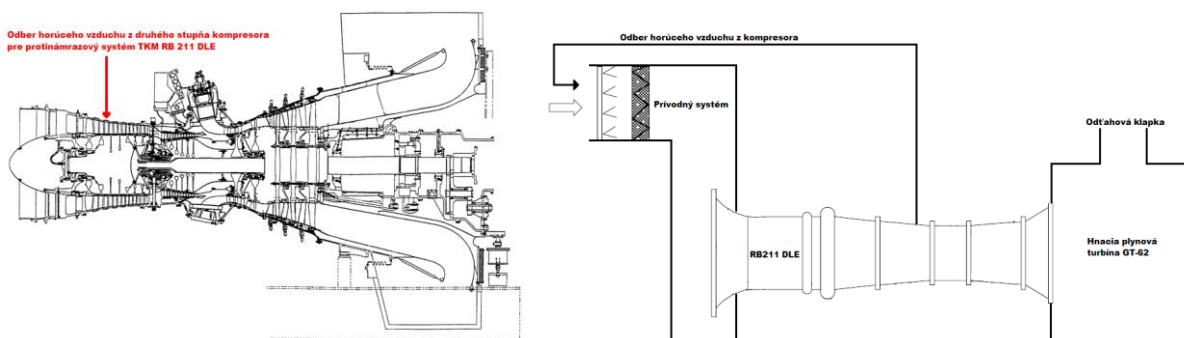
2 Nedostatky súčasného riešenia

Nedostatkom motora RB 211 DLE, ktorý sa využíva na kompresorovej stanici vo Veľkých Kapušanoch je kolísavý výkon v zimnom období. Atmosférická teplota v priebehu jedného týždňa sa môže meniť od -20°C až po 15°C . Takéto náhle zmeny atmosférickej teploty v krátkom čase majú negatívny vplyv na chod motora. Okrem zmeny teploty veľmi často dochádza v tomto období aj k zmene vlhkosti vzduchu, ktorá má za následok vznik námrazy. Najväčšia pravdepodobnosť vzniku námrazy je pri rozsahu teplôt 0°C až -4°C pri veľkej vlhkosti vzduchu.



Obr. 2 Námraza na prvom stupni osového kompresora motora a jej dôsledky

Z uvedených dôvodov musí byť motor vybavený vhodným protinámrazovým systémom, ktorý zabezpečí optimálnu teplotu (5°C) nasávaného vzduchu do kompresora motora. Nevýhodou protinámrazového systému motora RB 211 DLE vo Veľkých Kapušanoch je premenlivý výkon z dôvodu odberu časti ohriateho vzduchu z kompresora motora. V dôsledku odberu vzduchu dochádza k zníženiu hmotnostného prietoku vzduchu v motore, ktorý má za následok zníženie výkonu motora RB 211 DLE o 4,3 MW.



Obr. 3 Odber vzduchu z druhého stupňa kompresora pre protinámrazový systém TKM RB211 DLE [4, 5]

3 Návrh úpravy protinámrazového systému motora RB 211 DLE

Navrhovaná úprava protinámrazového systému motora predpokladá využitie odpadového tepla z výstupných spalín, ktoré sú odvádzané cez spalinovod do okolitej atmosféry (obr. 4). Zdrojom horúceho vzduchu pre navrhovaný alternatívny protinámrazový systém je tepelný výmenník (spaliny – vzduch), ktorý je umiestnený v spojovacej časti spalinovodu. Pre montáž tepelného výmenníka je nutné demontovať izolačný materiál a poťah spojovacej časti spalinovodu. Výhrevnú plochu spojovacej časti spalinovodu je potrebné pokryť jednotlivými plechmi z

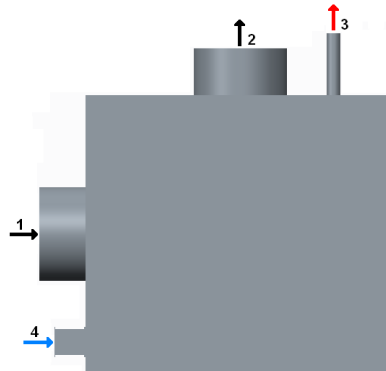
nehrdzavejúcej ocele. Navrhovaná vzdialenosť vonkajšieho poťahu tepelného výmenníka od výhrevnej plochy spojovacej časti spalínovodu je 250 mm. Pre zabránenie vzniku vibrácií prúdiaceho vzduchu je potrebné vystužiť konštrukciu výmenníka po celej dĺžke výhrevnej plochy spojovacej časti spalínovodu. Tepelné straty v tepelnom výmenníku, je možné znížiť montážou doplnkového izolačného materiálu, ktorý je nutné pokryť pozinkovaným plechom.



Obr. 4 Celkový pohľad na odvod plynov z motora RB211 DLE kompresorovej stanice

Prívod horúceho vzduchu k dýzam protinámrazového systému je možné zabezpečiť niekoľkými spôsobmi:

1. Odsávaním horúceho vzduchu z tepelného výmenníka podtlakom - množstvo vzduchu, ktoré sa ohreje v tepelnom výmenníku je potrebné z hornej časti tepelného výmenníka odsávať vhodným priemyselným ventilátorom.
2. Dodávka atmosférického vzduchu ventilátorom do tepelného výmenníka (pretlak) - priemyselný ventilátor je umiestnený v spodnej časti tepelného výmenníka.



Obr. 6 Navrhovaná úprava spojovacej časti spalínovodu s tepelným výmenníkom

1 - vstup spalín, 2 - výstup spalín, 3 – výstup ohriateho vzduchu, 4 – vstup atmosférického vzduchu

Druhý spôsob dodávky atmosférického vzduchu do tepelného výmenníka je vhodnejší. Vzduch, ktorý prúdi do tepelného výmenníka sa ohrieva od výhrevnej plochy spojovacej časti spalínovodu a je privedený pomocou potrubia k vstrekovacím dýzám protinámrazového systému. Stredná teplota výhrevnej steny tepelného výmenníka je v prevádzkovom režime motora 401°C pri hmotnostnom prietoku nasávaného vzduchu do motora RB 211 DLE $80,64 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$. Objemový prietok nasávaného vzduchu po prepočítaní dosahuje $112,04 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Na ohriatie $112,04 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ nasávaného vzduchu do motora je potrebné využiť priemyselný ventilátor s objemovým prietokom $9,72 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ($35000 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$). Predpokladaná najnižšia teplota prívádzaného vzduchu z atmosféry do výmenníka tepla, určená na základe dlhodobých štatistík,

je -20°C . Vstupující atmosférický vzduch s teplotou -20°C s objemovým prietokom $9,72\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ je ohrievaný na strednú teplotu 641°C . Ohriaty vzduch z tepelného výmenníka je potrubím privádzaný k vzduchovým dýzám (obr. 7). Potrubie má tvar kruhového prierezu s priemerom 220 mm. Predpokladaná dĺžka privádzajúceho potrubia je 10 metrov.



Obr. 7 Detail dýzy privodu teplého vzduchu umiestneného v priestore systému privodu vzduchu do TKM RB 211 DLE kompresorovej stanice

Po zmiešaní privádzaného objemového prietoku vzduchu $112,04\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ s teplotou -20°C s ohriatym prietokovým množstvom vzduchu $9,72\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ a s teplotou 641°C , bude výsledná teplota privádzaného vzduchu 47°C [6]. Tepelný výkon výmenníka tepla je $1102044,1\text{ W}$. Pre zabezpečenie kontinuálnej dodávky vzduchu cez výmenník tepla, je možné využiť ventilátor typu AAZVG/N 1000 s objemovým prietokom $35\ 000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Trvalý tlak na výstupe z ventilátora je 18 kPa . V dôsledku zmien atmosférických podmienok je nutné privádzaný ohriaty vzduch regulovať v potrubí klapkou. Protinámrazový systém motora RB 211 DLE na kompresorovej stanici sa využíva iba v zimnom období.

4. Záver

Základnou podmienkou pri rozhodovaní o ekonomickej efektívnosti investícií pri úprave protinámrazového systému je doba jej návratnosti. Pri analýze ekonomickej efektívnosti navrhovanej úpravy a rekonštrukcie protinámrazovej sústavy motora je nevyhnutné porovnávať ekonomické náklady, ktoré sú spojené s realizáciou konštrukčných úprav s úsporami spojenými s udrжанím stáleho výkonu motora a tým aj dodávok prečerpávaného plynu kompresorovej stanice.

Okrem základného ekonomického efektu, ktorý prináša návrh využitia odpadového tepla pre odmrázovacu sústavu motora kompresorovej stanice je nutné zdôrazniť aj ekologický aspekt tejto úpravy. V dôsledku poklesu výkonu motorov RB 211 DLE kompresorovej stanice pri zapnutí systému odmrázovania je pre zabezpečenie dodávky potrebného množstva prečerpávaného plynu použiť záložné motory kompresorovej stanice, čo zvyšuje produkciu exhalátov, ktoré zaťažujú životné prostredie v okolí kompresorovej stanice.

Literatura

- [1] ŠUBÍN, Anton a kol., Plynárenstvo na Slovensku 140 rokov
- [2] http://www.rolls-royce.com/Images/rb211final_tcm92-21095.pdf
- [3] <http://www.gebusinessaviationnotes.com/2012/01/>
- [4] <http://xa.yimg.com/kq/groups/23190067/1306580392/name/3.TODMAN.ppt>
- [5] Technical Descriptions RB 211 - GT61 Power generation Package
- [6] VARGA, Augustín. Tepelná technika v hutníctve, Košice 1999