

DOMAĆI MOBILNI EKOLOŠKI KOGENERATORI U PRIVREDI SCG

Miroljub Jovanović, dipl.ing.
JP Aerodrom "BEOGRAD"

Docent dr Stefan Janković
VZ "Moma Stanojlović" Batajnica

Vazduhoplovni **GTM** predstavljaju osnovu savremenog razvoja kogeneratorskih postrojenja "manjih snaga" Ovim radom se želi upoznavanje stručne javnosti o realnoj mogućnosti izgradnje domaćih Mobilnih Ekoloških Kogeneratora (**MEK**). Pogon bi predstavljali postojeći vazduhoplovni **GTM**, (predhodno modifikovani i remontovani) za iskorišćenje najjeftinijeg ekološkog goriva – prirodnog gasa. Primena **MEK** bi bila univerzalna - od naftnih bušotina, proizvodnih postrojenja, sportskih hala, bolničkih centara, pa sve do luka i aerodroma, gde bi se na licu mesta proizvodila neophodna električna i toplotna energija.

Proizvodnju **MEK** bi realizovao domaći stručni tim, u saradnji sa domaćom vazduhoplovnom industrijom što bi istovremeno omogućilo i očuvanje vitalnih domaćih vazduhoplovnih kapaciteta upošljavanjem u proizvodnji i transferu tehnologija za domaću privredu. Uspešnu realizaciju projekta **MEK** omogućava višedecenijsko praktično iskustvo autora, na znatno složenijim projektima, u saradnji sa **ROLLS-ROYCE** i **TURBOMECA**. Realizacija **MEK** će omogućiti aktivno uključivanje «domaće pameti» i tehnoloških kapaciteta u buduće složene razvojne projekte EU, posebno zbog konkurentne cene rada i posedovanja specijalne infra strukture.

Ključne reči: Kogeneracija, vazduhoplovne gasne turbine, ekologija

UVOD

Skoro do kraja prošlog veka domaća vazduhoplovna industrija (**VI**) je serijski proizvodila dva različita tipa gasoturbinskih motora (turbo-mlazni i turbovratilni). Proizvodnja se odvijala po licencama poznatih svetskih firmi **ROLLS-ROYCE** (V. Britanija) i **TURBOMECA** (Francuska). Karakteristike, kvalitet i pouzdanost proizvedenih vazduhoplovnih gasoturbinskih motora (**GTM**) su dokazani u teškim uslovima eksploatacije vazduhoplova. Tako kvalitetno potvrđene konstrukcije vazduhoplovnih **GTM** se sve češće koriste za primenu i u ostalim privrednim granama, ali naravno tek nakon odgovarajućih prilagođavanja i modifikacija.

Praktično sve tehnološki razvijene države ulažu u ovaj vid sekundarnog razvoja u cilju podizanja opšte efikasnosti industrijskih procesa, zbog neminovnog intenzivnog rasta tražnje za energijom. Istovremeno takav pristup razvoju omogućava i dopunsko upošljavanje sopstvenih vazduhoplovnih kapaciteta.

Na taj način se podiže opšti nivo tehnoloških znanja i efikasnost u privredi.

Ovakvo promišljen pristup sekundarnom razvoju ima za posledicu stalni rast proizvodnje i "bezbolno" uvećanje fondova za dalji razvoj novih tehnoloških i konstruktivnih rešenja u industriji, vazduhoplovstvu i energetici.

Sve navedeno jasno ukazuje da bi, posebno u sadašnjim uslovima, u kojima se nalazi naša privreda, trebalo iskoristiti slobodne potencijale domaće vazduhoplovne industrije i kroz zajedničku srednju pokrenuti tehnološke i ekonomske tokove. Veoma je korisno što su ključni kapaciteti vazduhoplovne industrije locirani na širem području Beograda, gde postoje svi tehnički, saobraćajni, intelektualni i ostali preduslovi, za efikasan razvoj, uz minimalna ulaganja.

Sadašnja ekonomska situacija u SCG imperativno zahteva programe sa relativno niskim ulaganjima uz maksimalno iskorišćavanje postojećih skupocених slobodnih kapaciteta i svih raspoloživih stručnih potencijala. Zajedničko angažovanje dokazanih intelektualnih, stručnih i tehnoloških kapaciteta na isplativim razvojnim projektima manjeg obima, omogućilo bi u kratkom roku pokretanje

već zamrlog domaćeg razvoja, posebno u oblasti visokih tehnologija.

Iznalaženje konkretnog razvojnog projekta, koji bi mogao da efikasno poveže stručna udruženja, univerzitet, vazduhoplovnu industriju i javna preduzeća kao potencijalne naručioce, učesnike i krajnje korisnike, je imperativ koji se postavlja pred stručne kadrove u našoj sredini.

Sublimirajući sopstvena višedecenijska iskustva, i striktno se pridržavajući svega navedenog, autori ovog rada promovišu ideju o iskorišćenju postojećih helikopterskih **GTM TV2-117A**, sa isteklim letnim resursom, koji se poseduju u zadovoljavajućim količinama, za ovakvu namenu.



Slika 1. Izgled GTM TV2-117A na helikopteru Mi-8

Navedeni helikopterski GTM (slika 1) bi se, nakon specifične modifikacije i generalnog remonta, iskoristili za istovremenu proizvodnju električne i toplotne energije, u okviru originalnog domaćeg *Mobilnog Ekološkog Kogeneratora (MEK)*. Zbog ekonomskih i ekoloških potreba neophodna je pomenuta konstruktivna modifikacija koja bi omogućila upotrebu gasa, kao pogonskog goriva. Na taj način bi se proizvelo prvo domaće kogeneratorsko ekološko postrojenje (oko 1 MW).

Autori posebno ističu činjenicu da je u EU, krajem 2004., pokrenut program razvoja sličnog postrojenja, na bazi modifikacije jednog zapadnog vazduhoplovnog GTM, po sličnom konceptu povezivanja učesnika – eksperata i uz angažovanje raznorodnih proizvodnih kapaciteta. Najrealnije izvodljiva varijanta razvoja bi bila okupljanje stručnog tima oko optimalno planiranih budžetskih sredstava, namenski određenih od strane vlade. Navedena činjenica je jasna potvrda ispravnosti ideje autora o potrebi izgradnje ovakvih domaćih postrojenja – pošto danas u svojoj sredini posedujemo sve

neophodne potencijale, a domaća privreda ima velike potrebe za navedenim postrojenjima.

Savremena organizacija proizvodnje energije zahteva poštovanje 6 osnovnih principa:

1. Proizvodnja – obezbediti energiju na licu mesta, bez ulaganja u razvodna postrojenja
2. Produktivnost – iz pogonskog goriva "izvući" maksimalni stepen korisnosti
3. Pouzdanost – obezbediti dužu kvalitetnu eksploataciju postrojenja, bez otkaza
4. Efikasnost – više malih proizvodnih jedinica obezbeđuju veći ukupni stepen korisnosti
5. Ekologija – proizvodnja energije ne sme da ugrozi prirodnu sredinu
6. Ekonomija – smanjiti investicije u proizvodnji energije kroz razvoj "malih" postrojenja

Promišljenom ekonomskom politikom moguće je, uz realno niska ulaganja, pokrenuti, trenutno eutanazirani, domaći razvoj i značajne industrijske i intelektualne kapacitete. Povezivanjem i zajedničkim ulaganjima (znanje, kapaciteti, finansije) preduzeća koja, objektivno ne poseduju direktne poslovne interese mogu pomoći jedni drugima i zajednički podići sopstveni nivo energetske efikasnosti. Kako su to uglavnom veliki konzumenti energije to će istovremeno omogućiti i podizanje energetske efikasnosti celog društva. Raznorodne su mogućnosti povezivanja i saradnje, potencijalnih korisnika i finasijera, počevši od naftne industrije, energetskog kompleksa pa do luka i aerodroma, gde su objektivne potrebe za pouzdanom, jeftinom i ekološkom proizvodnjom energije u stalnom porastu

BUDUĆNOST PROIZVODNJE ENERGIJE

Eksplozivno povećanje potreba za energijom i objektivno ograničeni resursi fosilnih goriva, zahtevaju od krajnjih korisnika vrhunsku odgovornost i promišljenost. Nije samo cena proizvodnje jedinice energije ograničavajući faktor, nego i sam prostor koji energetska postrojenja zauzimaju, njihov uticaj na okolnu sredinu i njihova efikasnost u eksploataciji. Savremena tehnološka dostignuća omogućavaju, vlasnicima znanja da nova rešenja i tehnologije iskoriste na odgovarajući način i unaprede efikasnost postojećih i kreiraju nova proizvodna postrojenja. Činjenica je da nova tehnička rešenja omogućavaju značajno sniženje finansijskih ulaganja u nova proizvodna postrojenja manjih snaga. Tehnološki napredak je danas omogućio značajno pribli-

žavanje ulaganja, po jedinici instalisane snage, u proizvodnji "malih" i izgradnji "velikih" energetskih postrojenja. Uz to težnja za što većim povećanjem efikasnosti nameće princip kogenerativne proizvodnje električne i toplotne energije. Savremeni kogeneratori, u koje su ugrađena najnovija tehnološka dostignuća, mogu iz jednog pogonskog goriva na istom mestu, da postignu efikasnost čak i preko 80%. Jasno je da na današnjem nivou tehnoloških mogućnosti kogenerativna proizvodnja energije predstavlja logičan ekonomski i ekološki izbor, posebno ako se upotrebljavaju različita prirodna ili generisana gasovita goriva. [2]

Iskorišćenjem tehnoloških iskustava i saznanja, iz domaćeg vazduhoplovstva uz upotrebu postojećih, dokazano pouzdanih, gasoturbin-skih motora moguće je energetske potencijale ovih gasova efikasno iskoristiti za proizvodnju željenog oblika energije. Pored visoke efikasnosti procesa proizvodnje energije istovremeno bi se obezbedilo i poštovanje najstrožijih evropskih propisa o očuvanju okoline. To jedan od značajnih uslova koji ne ugrožava, već samo pospešuje perspektive buduće proizvodnje MEK. [1]

Pravilan izbor vrste goriva i adekvatno lociranje kogeneratorskog postrojenja obezbediće autonomnu proizvodnju električne i toplotne energije, uz značajno smanjenje buke i emisije CO₂. Izgradnja ovakvih postrojenja će omogućiti ulagačima brzi povraćaj investicija i istovremeno, zbog ekonomskih razloga, pokrenuti izmene zakona o monopolu centralizovane proizvodnje električne energije. Unapređenja i u zakonskoj regulativi, ove najznačajnije oblasti, u privredi svake države, značajno će povećati ulaganja u izgradnju sve više sličnih postrojenja. Takva događanja će rezultirati pokretanje proizvodnje koja obezbeđuje i adekvatnu naplatu znanja domaćeg stručnog potencijala.

PRIMENA GTM U PRIVREDI

Stalni razvoj i unapređenje proizvodnje novih vazduhoplovnih GTM, zahtevaju zaista velika ulaganja u nova tehnološka i konstruktivna rešenja, materijale, laboratorije i ispitna postrojenja. Sticajem okolnosti sve navedeno već poseduje domaća vazduhoplovna industrija (VI). Pokriće ovako velikih ulaganja u razvoj nije više moguće samo proizvodnjom za vazduhoplovstvo već se moraju iznaći alternativni prihodi, kroz povećanje proizvodnje i prodaje ovih sofisticiranih motora. Imajući u vidu izuzetne tehničke potencijale ovih konstrukcija proizvođači su, relativno lako, iznašli alter-

nativne mogućnosti njihove primene. Danas je već značajno omasovljena njihova primena u energetici i industriji. Sticajem okolnosti sve navedeno već poseduje domaća vazduhoplovna industrija (VI), ali se potencijali, zbog očiglednog nepoznavanja, ne koriste.

Prednosti GTM za alternativne potrebe

Pravilnim izborom odgovarajućih vazduhoplovnih GTM moguće je rešavanje različitih industrijskih potreba uz postizanje značajnih vidova poboljšanja pogonskih postrojenja, a ključne pogodnosti su:

- Izuzetno niska cena vazduhoplovnih GTM nakon utrošenog letnog resursa ("na kilo"),
- Niska cena uskladištenih GTM starijih generacija (jer se ne ugrađuju u savremene konstrukcije vazduhoplova zbog njihove veće specifične mase)
- Kompaktna i pouzdana konstrukcija (dokazana u složenim uslovima eksploatacije)
- Značajne snage uz malu specifičnu masu i gabarite (u poređenju sa SUS motorima)
- Konstruktivna pogodnost za modifikacije u cilju upotrebe različitih vrsta goriva (gas...),
- Jednostavna i pouzdana daljinska kontrola startovanja i praćenja rada u eksploataciji,
- Sistem automatskog regulisanja i upravljanja, pouzdano potvrđen u eksploataciji
- Kratko vreme ubrzanja, vazduhoplovnih GTM, do radnog režima
- Pouzdana eksploatacija u različitim klimatskim uslovima (okolina od -50 °C do +50 °C),
- Niski troškovi izgradnje složenih energetskih postrojenja i njihovog kasnijeg održavanja,
- Mogućnost ispunjavanja različitih specifičnih zahteva naručioca, pri izgradnji postrojenja

Modifikovani GTM za industrijsku upotrebu

Modifikovani vazduhoplovni GTM u industriji se, najčešće koriste, za:

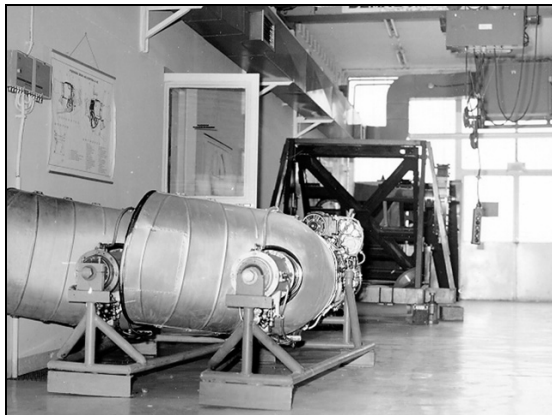
- Savremene pogone vozova velikih brzina,
- Agregate i pomoćne sisteme na brodovima i čamcima u mornarici,
- Generatore električne energije, za stalno ili havarijsko snabdevanje
- Pumpna postrojenja za transport nafte i zemnog gasa,

- Kogeneratorska postrojenja na bilo kom mestu (udaljenom od mreže) ili u postrojenjima koja zahtevaju neprekidni tok snabdevanja energijom (naftne bušotine na kopnu i moru, aerodromi, luke, specijalni proizvodni sistemi)
- Različita postrojenja u agro kompleksu (navodnjavanje, sušare...)
- Turbokomprese velikog kapaciteta (železare, rafinerije, petrohemija...)
- Specijalna vozila za čišćenje snega i leda na poletno sletnim stazama i prugama.

KARAKTERISTIKE TURBOVRTILNIH MOTORA

Turbovratilni vazduhoplovni GTM, zahvaljujući svom konstruktivnom rešenju, predstavljaju idealan pogon za izgradnju savremenih kogeneratorskih postrojenja. Danas domaća vazduhoplovna industrija raspolaže sa dva različita tipa turbovratilnih GTM, čija se namena može relativno jednostavno modifikovati za pogon visokoefikasnog kogeneratorskog postrojenja. Trenutno, navedeni GTM, se nalaze u eksploataciji na sledećim letelicama :

- Transportni helikopter Mi-8, snaga na vratilu oko 1 MW, tip **GTM TV2-117A**, (slika 2)
- Laki helikopter GAZELLE, snaga na vratilu oko 0,5 MW, tip **GTM ASTAZOU XIVM**,



Slika 2. Sastavljeni GTM TV2-117A na tehnološkom nosaču

Navedeni GTM mogu biti iskorišćeni odmah, ili nakon utroška svog letnog resursa. Logično je da nakon utroška letnog resursa imaju značajno nižu tržišnu vrednost, a da bi bili efikasno iskorišćeni, za alternativnu primenu, na njima je neophodno izvršiti sledeće:

- a) Konstruktivnu modifikaciju koja će omogućiti upotrebu gasovitog pogonskog goriva
- b) Generalni remont kompletnog GTM

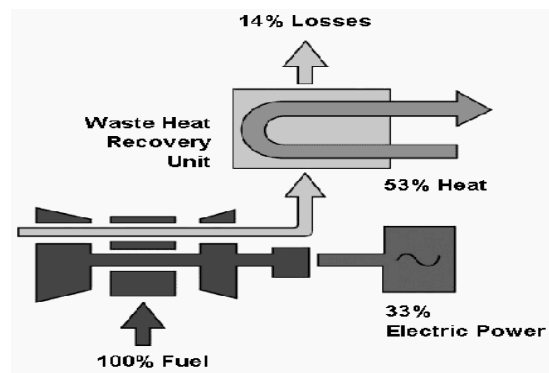
- c) Regulisanje performansi, na postojećim ispitnim postrojenjima, sa novim gorivom
- d) Sprovođenje verifikacionih ispitivanja GTM sa izvršenom modifikacijom gorivnog sistema

Posebno je važno istaći činjenicu da svi GTM sa vazduhoplova, nakon izvršenja generalnog remonta poseduju iste performanse kao i novo proizvedeni. Domaća vazduhoplovna industrija još uvek poseduje funkcionalnu svu potrebnu logistiku za remont, održavanje i ispitivanje. Takođe poseduje i neophodnu specijalnu opremu tehnološke mogućnosti i odgovarajuća znanja za sprovođenje modifikacija u gorivnom sistemu.

SAVREMENI KOGENERATORI

Savremene potrebe društva dovele su do situacije da više nisu samo industrijska postrojenja veliki potrošači energije. Sve su češći «neproizvodni» veliki potrošači energije, koji su prisutni i u našoj sredini. Kao karakteristične primere možemo pomenuti neke sportske objekte, kao što su **BEO ARENA** i zatvoreni bazen **TAŠMAJDAN** ili poslovni centar **UŠĆE**. Ovo su klasični primeri (potencijalno) idealnih korisnika kogenerativne energije, zato što imaju istovremene potrebe za električnom i toplotnom energijom (zimi), a leti energijom za rashlađivanje. Zato kogeneratorska postrojenja, masovno ulaze u proizvodnju, jer zbog svoje visoke efikasnosti predstavljaju budućnost u proizvodnji energije. Najkraće rečeno, *kogeneratori obezbeđuju istovremenu proizvodnju električne i toplotne energije, u jednom postrojenju iz istog goriva.*

Na slici 3 prikazan je osnovni koncept rada najnovijih namenski projektovanih i izgrađenih kogeneratorskih postrojenja "malih snaga", ali izuzetno visoke efikasnosti [2].



Slika 3. Šema rada kogeneratorskog postrojenja sa GTM

Okvako dizajnirana postrojenja, uz integraciju najsavremenijih tehnoloških rešenja, mogu

postići stepen iskorišćenja pogonskog goriva iznad 80%.

Pored ovako idealnih karakteristika postoje i problemi, koji su vezani za neophodnost potrošnje sve proizvedene energije. Takav uslov je teško ispuniti, posebno ako je u pitanju toplotna energija. Viškovi proizvedene električne energije lako se mogu «prodati» postojećoj elektro mreži (u državama koje su to zakonski regulisale), dok je problem skladištenja viškova toplotne energije još uvek neekonomičan.

Jedino praktično rešenje predstavlja povezivanje više kogeneratora "manjih" snaga, tako da se njihovim uparivanjem dobijaju potrebne velike snage, a u periodima smanjenja potrebe za konzumom, isključivanjem odgovarajućih proizvodnih jedinica, omogućava se održanje projektovane efikasnosti.

Pored navedenog, povezan veći broj manjih kogeneratora postrojenja obezbeđuje

- žilavost u eksploataciji (nemoguća je havarija kompletnog proizvodnog potencijala)
- značajno umanjene investicione ulaganja u izgradnju postrojenja (uz mogućnost stalnog povećanja potencijala dodavanjem novih **MEK**)
- značajno kraći rok izgradnje postrojenja

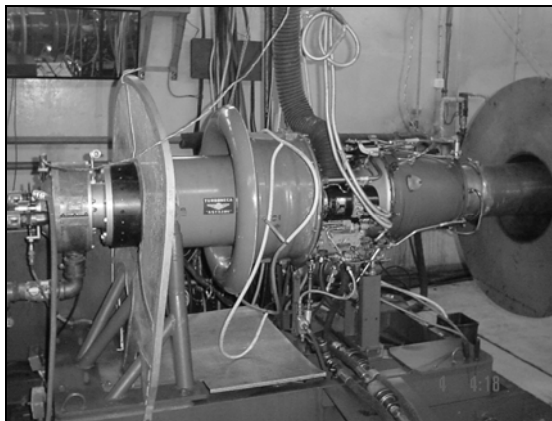
Zato se na zapadu, a posebno intenzivno u USA, radi na razvoju kompletno nove koncepcije proizvodnje energije, zasnovane na tehnološki najsavremenijim kogeneratorima vrlo malih snaga (*Capstone turbine corporation* od 30 i 60 kW). [2]

Da li naša država sme sebi da dozvoli ignorisanje značajnih intelektualnih, tehnoloških i proizvodnih potencijala, koji su "gladni" pravih složenih projekata. Sagledavajući naše trenutno stanje u privredi, posebno nezaposlenost značajnih industrijskih postrojenja, neophodno je pokretanje ovakvog programa na odgovarajućem nivou (državnom) kako bi se ostvarila realizacija.

Pogodnost TV2-117A za pogon kogeneratora

Posle više izvršenih analiza autori smatraju da turbovratilni GTM TV2-117A (prikazan na slikama 1, 2, 5 i 7) predstavlja idealan pogon za izgradnju prvog domaćeg kogeneratora. Motor TV2-117A je značajno jeftiniji je od dvostruko slabijeg **ASTAZOU XIV M** (slika 4), koga takođe poseduje domaće vazduhoplovstvo.

Činjenica je da se GTM TV2-117A već više od dve decenije pouzdano koristi kao pogonska grupa (2 motora) helikoptera Mi-8. Interesantno je da je proizveden u više od 15.000 primeraka, što jasno pokazuje njegovu pouzdanost i žilavost u eksploataciji. Uz sve navedeno za TV2-117A se poseduje neophodna tehnološka i eksploataciona dokumentacija, a domaći specijalizovani kadrovi imaju veliko iskustvo u njegovom održavanju, remontu i ispitivanju. [3]



Slika 4. Izgled GTM STAZOU XIV M na Ispitnoj stanici (TURBOMECA - snaga na izlaznom vratilu oko 0,5 MW)

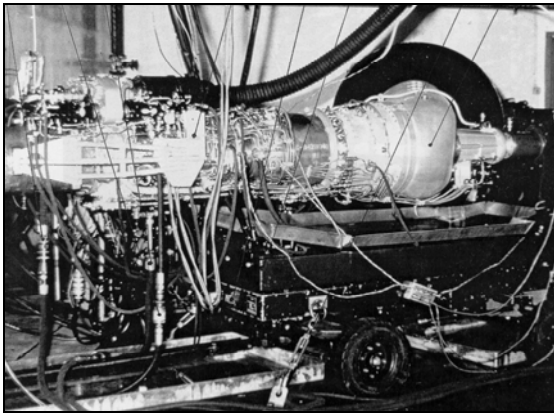
GTM TV2-117A predstavlja "klasično" konstruktivno rešenje, veoma robusno i pouzdano, a u određenom domenu i predimenzionisano. Ovaj motor pripada starijoj generaciji vazduhoplovnih konstrukcija, te se, zbog svoje veće «specifične mase», više ne ugrađuje u nove modele helikoptera.

Imajući u vidu savremena, kompleksna i skupa rešenja vazduhoplovnih GTM, ovo rešenje omogućava jednostavniji tehnološki pristup neophodnim modifikacijama i značajno će pojeftiniti izgradnju prvog domaćeg kogeneratora postrojenja, koje će zbog toga imati konkurentnu tržišnu cenu, uz vrlo dobre performanse.

Autori smatraju, na osnovu dosadašnjih iskustava i zahvaljujući odličnom poznavanju svih GTM u domaćem vazduhoplovstvu, da je ekonomski isplativo pokrenuti izgradnju prvog domaćeg *Mobilnog Ekološkog Kogeneratora (MEK)* za šta je, u našim uslovima, najpogodniji vazduhoplovni GTM TV2-117A. [1]

Razlog zašto kogeneratora postrojenje treba da bude mobilno je praktične prirode. Značajno lakši i gabaritno manji (u odnosu na SUS motore) pogon GTM omogućava lak transport kompaktnog postrojenja, na mesto gde se može ukazati urgentna potreba za izvorom

kogenerativne energije. Potrebe ne moraju uvek da se odnose na industrijska postrojenja. Upotreba MEK je univerzalna i moguće ga je upotrebiti za snabdevanje energijom udaljenih, a značajnih, privremenih naselja ili postrojenja ali i u slučaju elementarnih nepogoda.



Slika 5. Izgled GTM TV2-117A na Ispitnoj stanici (ISOTOV - snaga na izlaznom vratilu oko 1,0 MW)

Klasičan primer udaljenih, a značajnih, privremenih naselja, su naftne bušotine, kod kojih je čak moguće iskoristi primarno filtrirani gas iz same bušotine kao pogonsko gorivo (ovi gasovi se inače najčešće sagorevaju na "baklji"). Na taj način bi se obezbedilo besplatno gorivo za proizvodnju energije za celo postrojenje bušotine.

U svakom slučaju značaj kvalitetnog pogona MEK, uz izbor optimalno potrebne snage je najvažniji za ekonomičnost. Pravilan izbor najpogodnijeg GTM za pogon zavisi od više različitih faktora, od kojih su najvažniji:

- cena kompletnog GTM (nakon generalnog remonta i modifikacije zbog pogona na gas)
- raspoloživost rezervnih delova i specijalnih alata u domaćoj vazduhoplovnoj industriji
- pouzdanost i žilavost u eksploataciji (informacije o kvarovima u protekloj deceniji)
- ukupno proizvedene količine odabranog tipa GTM i dostupnost njegovih rezervnih delova
- alternativne upotrebe vazduhoplovnih GTM odabranog tipa na svetskom tržištu
- Broja GTM kojima se raspolaže (za ovu namenu)

MOBILNI EKOLOŠKI KOGENERATOR SA POGONOM VAZDUHOPLOVNIM GTM TV2-117A

Autori su osmislili osnovni konstruktivni koncept *Mobilnog ekološkog kogeneratora (MEK)* [1] koji se sastoji u sledećem:

Kompletno MEK postrojenje bi bilo ugrađeno u specijalno izrađeni kontejner, čiji spoljni gabariti odgovaraju standardu za kamionski transport. Ovakav "kontejner" bi bio predviđen za lako postavljanje i fundiranje, na odabranom mestu, gde bi se privremeno pretvorio u stacionarno postrojenje. Najvažniju prednost MEK predstavlja kompaktnost njegove konstrukcije, relativno velika snaga, uz relativno malu masu i dokazanu pouzdanost GTM TV2-117A u eksploataciji.

Osnovna namena MEK bi bila napajanje energijom potrošača udaljenih od elektro mreže. MEK će biti u stanju da obezbeđuje elektro napajanje specifičnih tehnoloških procesa, uz istovremeno generisanje odgovarajuće količine toplotne (ili rashladne) energije.

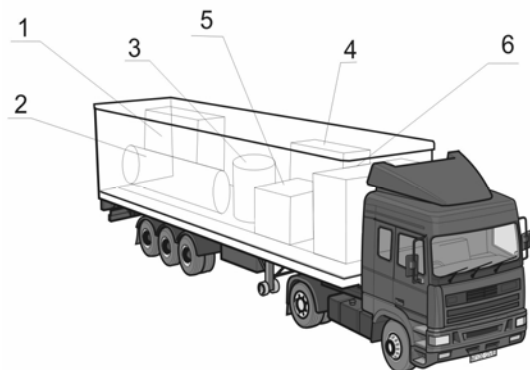
Analizom performansi i tehničkih karakteristika GTM TV2-117A autori su zaključili da njegova primena u MEK postrojenju, omogućava pouzdan pogon generatora električne energije od oko 1 MW (sa mogućnošću proširenja do 2 i više MW, uparivanjem sa potrebnim brojem drugih MEK postrojenja) uz istovremenu proizvodnju toplotne energije. Visokoefikasni vazduhoplovni izmenjivač toplote, ugrađen na izduvnom sklopu GTM, obezbediće da se ukupan stepen iskorišćenja pogonskog goriva podigne i preko 70%.

GTM TV2-117A na izlazu iz turbine daje vrele gasove oko 720 K (447 °C) tako da omogućava preuzimanje oko 10 miliona KJ/h toplotne energije. Ova količina toplotne energije je dovoljna za proizvodnju 520 kg/h vodene pare, ili toplog vazduha, na temperaturi od 100 °C. Različite su mogućnosti upotrebe dobijene energije, od zagrevanja (ili rashlađivanja), prostorija pa sve do njenog iskorišćenja za različite procese sušenja, što sve zavisi od tehnoloških potreba potencijalnih korisnika. Posebnu prednost predstavlja mogućnost da se pri izgradnji MEK može relativno jednostavno prilagoditi svim specifičnim zahtevima naručioca.

Sagledavajući potencijale, kojima danas raspolaže vazduhoplovna industrija, konstrukcija i izgradnja ovakvog kogeneratorskog postrojenja je u potpunosti moguća u zemlji. Još uvek se poseduju dovoljne količine odgovarajućih GTM, specijalizovan mašinski park, ispitne stanice i stolovi, neophodna prateća oprema, rezervni delovi, specijalni alati i iskusni inženjerski i specijalistički kadrovi. [3]

Svakako najvažniji deo troškova u eksploataciji postrojenja bi bio vezan za efikasnost i troškove

eksploatacije, što bi u slučaju MEK bilo najpovoljnije. Domaća vazduhoplovna industrija (VI) raspolaže znanjima, dokumentacijom i već vrlo iskusnim specijalistima, koji odlično poznaju tehnologije i postupke u održavanju ovog GTM.



Slika 6. Spoljašnji izgled MEK postrojenja u svom kontejneru

Izgled MEK postrojenja prikazana je na slici 6, a čine ga sledeći glavni moduli:

- 1) Sistemi za ulje i gorivo, sa automatskom regulacijom preko kompjuterskog pulta
- 2) Pogonski GTM TV2-117A, modifikovan za korišćenje zemnog gasa kao pogonskog goriva, sa punim eksploatacionim resursom od 10.000 sati, do narednog remonta
- 3) Reduktor broja obrtaja pogonskog vratila sa 21200 o/min na broj obrtaja generatora
- 4) Interni agregat za samostalno startovanje GTM TV2-117A
- 5) Kompjuterski upravljački pult, sa sistemom za startovanje i permanentnu kontrolu radnih parametara GTM, uz mogućnost povezivanja sa udaljenim centrom kontrole rada
- 6) Ormani relea za sopstveno napajanje
- 7) Generator električne energije
- 8) Modul za izdvajanje toplotne energije vrelih izduvnih gasova
- 9) Namenski izrađen računar za upravljanje, jednostavan za upotrebu ("user friendly")
- 10) Različiti sistemi bezbednosti i zaštite (požar, strujni udar, neovlašćeni pristup...)
- 11) Regulaciona elektro oprema za različite varijante napajanja potrošača (ili mreže)
- 12) Specijalni kontejner, u standardnim transportnim gabaritima, sa izvedenom zvučnom i termičkom izolacijom, pristupnim vratima i sa tehnološkim stopama za fundiranje

Prema iskustvenim procenama autora MEK postrojenje, snage oko 1 MW, zajedno sa svojim kontejnerom težilo bi najviše 15 t, a bilo bi u potpunosti prilagođeno za standardni transport odgovarajućim tegljačem.

OPRAVDANOST RAZVOJA KOGENERATORA ZA OPŠTE POTREBE U PRIVREDI SCG

Mogućnosti upotrebe GTM TV2-117A u privredi

Sagledavajući različite varijante upotrebe vazduhoplovnih GTM u privredi, posebno u našim uslovima, realno je moguće iskoristiti ih za pogon:

- a) Sistema snabdevanja kogenerativnom energijom sportskih hala, zatvorenih bazena, luksuznih hotela, velikih poslovnih zgrada, banaka...
- b) Centrifugalnih pumpi velikog kapaciteta u sistemima za navodnjavanje, ili brzo odvođenje velikih količina vode (npr. zbog poplava) na veće udaljenosti.
- c) Kogeneratora u naftnoj industriji, posebno na samim bušotinama odakle bi se snabdevali zemnim gasom za pogon
- d) Ejektorskih postrojenja za uklanjanje vlage iz različitih poljoprivrednih proizvoda (seno, pšenica, lekovito bilje...). Sušare sa pogonom GTM TV2-117A mogu da obezbede sušenje od 3 do 4 tone sena na sat, samo od izdvojene toplotne energije kogeneratora.
- e) Sistema snabdevanja kogenerativnom energijom na aerodromima, velikim lukama i skladištima...

U svakom slučaju da bi kogeneratorsko postrojenje moglo da postigne svoju punu efikasnost mora se primeniti na mestima koja imaju stalnu, i relativno ujednačenu, potrebu za električnom i toplotnom energijom. Kako je osnovna jedinica MEK smeštena u mobilni kontejner to je moguće uparivanjem više jedinica ostvariti zavidan stepen iskorišćenja pogonskog goriva, u zavisnosti od ukupnih energetske potreba

Očekivani pozitivni efekti razvoja MEK

Nije sporno da u svetu ima boljih i savremenijih (ali i višestruko skupljih) GTM, od TV2-117A, koji bi se mogli upotrebiti za izgradnju MEK. Naša je prednost da država već raspolaže sa navedenim motorima, i to u dovoljnim količinama. Njihova perspektiva je da se definitivno isključe iz eksploatacije u vazduhoplovstvu, a razlog je naše nastojanje za ulazak u par-

tnerstvo za mir. Danas je najpovoljnija prilika za pokretanje razvoja MEK, koja se sigurno više neće ponoviti. Propuštanje ovako povoljnih uslova bi predstavljalo ozbiljnu ekonomsku grešku. Domaća privreda mora da jasno sagleda sve prednosti kogenerativne proizvodnje energije – za šta je država i osnovala **Direkciju za energetske efikasnost**, koja u potpunosti podržava ovakve projekte, ali nema mehanizme za njihovo finansiranje. Posebno je značajna proizvodnja energije na licu mesta, jer se time eliminiše potreba za skupim razvodnim sistemima, a najvažniju prednost i uštedu predstavlja mogućnost efikasnog iskorišćavanja gasa, kao ekološkog i najjeftinijeg goriva.

Zbog svega navedenog neophodno je hitno obezbeđenje finansijskih sredstava, organizovanje i pokretanje domaćeg razvoja MEK postrojenja. Najvažniji razlozi su:

1. Obezbeđenje pouzdanog i kvalitetnog mobilnog kogeneratorskog postrojenja za domaću privredu, uz potencijane mogućnosti izvoza,
2. Obezbeđenje značajnih tehnoloških saznanja kroz samostalnu eksploataciju domaćeg kogeneratorskog postrojenja i transfer stečenih saznanja u postojeće energetske kapacitete države, u cilju njihovog unapređenja i prilagođavanja kogenerativnoj proizvodnji.
3. Upošljavanje iskusnih stručnjaka za transfer vazduhoplovnih tehnologija u domaću industriju, uz široko uključivanje univerziteta i značajnih proizvodnih kapaciteta VI, koji danas nemaju posla.
4. Sticanje značajnih tehničkih podataka, u ovoj specifičnoj oblasti proizvodnje energije. Stečena iskustva će biti veoma značajna za energetske kapacitete same države, a realno bi nam omogućila i učešće u budućim evropskim razvojnim programima - pa čak i delu proizvodnje elemenata za neka druga postrojenja.
5. Otvaranje ekonomske i tehničke saradnje sa potencijalnim inostranim naručiocima, koji raspolažu sa ovim tipom GTM. Čak je moguće analizirati i eventualno zajedničko učešće u razvoju MEK.
6. Ostvarivanje proizvodnje složenih tehnoloških sistema koji u ceni nose najveći procenat učešća domaćeg znanja, za koje se danas smatra da više ne postoji na našim prostorima.
7. Na kraju naj vredniji rezultat, čiji ogroman finansijski značaj nije ni moguće sagledati,

predstavlja očuvanje veoma specifičnih i skupocених vazduhoplovnih postrojenja formiranih u proteklim decenijama. U ovom slučaju jedna od vitalnih instalacija je kompleks **Univerzalne ispitne stanice za testiranje i regulaciju različitih tipova i konstrukcija GTM**, [3] čiji projekat je rezultat multidisciplinarnih znanja jednog od autora.

Autori su svesni da veliki svetski proizvođači vazduhoplovnih gasnih turbina na ovom polju imaju značajnu prednost. Ovakvim projektima oni se bave duže od jedne decenije, a njihovi proizvodi se mogu kupiti na svetskom tržištu. Međutim odgovorni za obezbeđenje potrebnih energetske kapaciteta u našoj državi moraju znati šta se dobija kupovinom ovakvog gotovog stranog postrojenja, visoke sofisticiranosti. Svi svetski proizvođači sličnih složenih sistema, kroz ukupne troškove isporuke obezbeđuju naplatu sopstvenih tehnoloških znanja, čime praktično obezbeđuju sredstva za sopstveni budući razvoj. Znatno je mudrije ta sredstva uložiti u domaći razvoj i očuvati kadrove, proizvodne kapacitete i značajno uštedeti u budućoj eksploataciji finalnog proizvoda – gde leže najveći troškovi. Mora se imati u vidu činjenica da kasnija dugogodišnja eksploatacija za dobro organizovanog proizvođača predstavlja neprestani izvor prihoda, naplaćenih kroz redovno održavanje.

Potencijalni negativni efekti kupovine uvoznog kogeneratorskog postrojenja

Da bi sagledali ekonomske nedostatke kupovine ovako složenog, čak i kvalitetnijeg postrojenja, nego što je MEK, treba voditi računa o sledećem:

- a) Nabavkom iz uvoza troškovi korisnika će samo nastaviti da rastu, posebno zbog složenosti održavanja.
- b) Biće neophodno, (obično kod proizvođača) izvršiti obuku domaćih specijalista za eksploataciju i održavanje. Obuka se mora posebno platiti, a troškovi puta i boravka samo će povećati ukupnu cenu.
- c) Uobičajeno proizvođači nude obuku za samo prvi nivo održavanja, dok će ostali nivoi biti izbegnuti u edukaciji, kroz «dugogodišnju garanciju» koju će ponuditi umesto toga. Takav vid «saradnje» predstavlja efikasnu ekonomsku eksploataciju, jer krajnji korisnik nije u stanju da kvalitetno sagleda sve funkcije sistema, niti sme da samostalno interveniše na postrojenju, izvan propisanih dozvola proizvođača.

d) Problemi sa dokumentacijom, jezičkom barijerom, nabavkom i korišćenjem specijalnih alata i rezervnih delova će se neminovno pojaviti. Sve će češće biti neophodna stručna i tehnička pomoć proizvođača, kao i intervencije zbog manjih neispravnosti. Poseban problem će predstavljati slučajevi većih kvarova ili otkaza, jer korisnik neće biti u stanju da sagleda stvarni obim takvog problema, te će moći samo da prihvati zahtevane cene intervencija.

e) Ovakav pristup proizvođača, koji onemogućava korisnika da samostalno održava složeno postrojenje je ovde već prisutan. To praktično svakom korisniku otvara nesaaglediv konto značajnih deviznih troškova za redovno održavanje u eksploataciji.

Neminovno je da će i održavanje u eksploataciji MEK postrojenja zahtevati slično, ali će to znatno manje koštati, biće efikasnije sprovedeno, a steći će se nova skupocena tehnološka znanja. Time će se smanjiti tehnološka zavisnost i povećati energetska efikasnost države – čemu se mora težiti u praksi, a ne samo proklamovanjem.

Pošto u ovoj oblasti naša zemlja poseduje skupocene tehnološke i stručne resurse, to bi njihovo upošljavanje na ovom projektu samo pospešilo domaću industrijsku proizvodnju, i to u danas najpropulzivnijoj oblasti – proizvodnji energije.

Neophodnost ulaganja u sopstveni razvoj

Gruba procena vrednosti ulaganja u razvoj i izgradnju jednog pilot postrojenja, uz svu neophodnu dokumentaciju i alete, biće niža nego samo troškovi nabavke i instaliranja 2 slična gotova postrojenja iz uvoza. Mora se imati u vidu da MEK postrojenje može da ispuni sve tehničke zahteve domaćeg naručioca, jer će to biti uslov za pokretanje domaćeg razvoja, što bi kod uvoznog postrojenja samo podiglo cenu isporuke.

Sam proces organizacije MEK projekta, njegovog finansiranja i izgradnje, ukupna cena razvoja, sagledavanje svih pozitivnih finansijskih i tehnoloških efekata, bili bi precizno definisani kroz izradu **PROGRAMA REALIZACIJE** (danas "popularno" nazvanog **FEASIBILITY STUDY**).

Autori su do sada, u domaćem vazduhoplovstvu, uspešno realizovali više desetina znatno složenijih, Studija Programa i Projekata, koje su uspešno organizaciono i tehnološki osvojili, uveli u serijsku proizvodnju, pouzdano

potvrdili u eksploataciji i obezbedili kompletan sistem efikasnog domaćeg održavanja.



Slika 7. GTM TV2-117A u procesu sastavljanja

ZAKLJUČAK

1. Razvoj MEK postrojenja, za potrebe domaće privrede, predstavlja ispravan pristup povećanju energetske efikasnosti države.
2. Pogodnost iskorišćenja postojećeg gasoturbinskog motora TV2-117A, za pogon MEK postrojenja, zasniva se na tri glavna razloga:

I Ekološki

- Minimalna emisije štetnih gasova u atmosferu, prema ekološkim standardima
- Korišćenje zemnog gasa, kao najjeftinijeg i ekološkog goriva,

II Tehnički

- Obezbeđenje pouzdanog kogenerativnog izvora energije, na licu mesta
- Obezbeđeno održavanje od strane domaće industrije, uz mogućnosti nadgradnje
- Visoka pouzdanost potvrđena u dugogo-dišnjoj eksploataciji na vazduhoplovima
- Duži rok rada u eksploataciji (u odnosu na SUS motore) i izdržljivost u eksploataciji.
- Relativno jednostavna konstrukcija GTM uz mogućnost daljinskog upravljanja

III Ekonomski

- Proizvodnja električne, toplotne (rashladne) energije od zemnog gasa,
- Izuzetno niska cena vazduhoplovnih GTM sa isteklim letnim resursom,

- Niski troškovi održavanja u zemlji (vazduhoplovna industrija poseduje sve potrebno)
 - Očuvanje skupocenih vazduhoplovnih kapaciteta, i njihovo upošljavanje na izradi MEK
 - Dobijanje znatno više vrednosti GTM TV2-117A, nakon remonta i modifikacije za MEK.
 - Veliki tehnološki i energetski potencijal izgradnje ovakvih postrojenja,
 - Realna mogućnost izvoza MEK
3. Hitno pokrenuti prvi korak - finansiranje izrade "*Studije o izvodljivosti MEK postrojenja*", koja bi obezbedila precizne tehničke i ekonomske pokazatelje za ulazak u projekat i izradu pilot postrojenja, koje bi se koristilo u domaćoj privredi.
 4. Obezbediti autonomnost naše zemlje u oblasti održavanja, opravke i buduće nadgradnje MEK, u skladu sa zahtevima naručioca, što neće biti slučaj ni sa jednim uvoznim postrojenjem slične namene.
 5. Pored značajnih materijalnih ušteda u privredi pokretanjem projekta MEK omogućava se i opstanak domaćih vazduhoplovnih kapaciteta, što predstavlja daleko najveću vrednost, jer obezbeđuje neophodne preduslove za uključivanje naše države u složene evropske tehnološke programe, u kojima danas ne učestvujemo.
 6. Obezbediće se postizanje maksimalne efikasnosti uključivanjem (ili isključivanjem) pojedinih MEK jedinica, što predstavlja i svetski trend u razvoju kogeneratorskih postrojenja
 7. Po istom konceptu moguće je iskoristiti i GTM malih snaga (do 80 KW) za različite namene u privredi. Ovi motori se takođe poseduju u domaćoj vazduhoplovnoj industriji,
 8. Domaća vazduhoplovna industrija raspolaze potrebnim količinama gasoturbinskih motora TV2-117A i kompletnom logistikom (svim tehnologijama za održavanje i remont, kapacitetima za izradu rezervnih delova, ovlašćenim ekspertima za projektovanje i sprovođenje modifikacija, dokumentacijom, specijalnim i drugim alatima, rezervnim delovima, specijalnom opre-

mom, ispitnim stanicama i stolovima, mašinskim parkom iskustvom,...)

PREDLOG MERA

Za dobijanje jasne slike o stvarnim pozitivnim materijalnim i tehnološkim pogodnostima, koje donosi razvoj projekta **MEK**, neophodno je **odmah** pokrenuti i finansirati izradu **POGRAMA REALIZACIJE (FEASIBILITY STUDY)**

LITERATURA

- /1/ Jovanović Mirosljub i Janković Stefan (2004.), Razvoj kogeneratorskih od modifikovanih vazduhoplovnih gasoturbinskih motora za mobilno ili stacionarno snabdevanje energijom sistema KGH, Savetovanje KGH 2004, Beograd
- /2/ Capstone turbine corporation prezentacija na adresi www.microturbine.com
- /3/ Janković Stefan (1992.), Modeliranje univerzalne ispitne stanice za ispitivanje vazduhoplovnih gasnih turbina, Mašinski Fakultet, Beograd, doktorska disertacija

DOMESTIC COGENERATORS IN SCG INDUSTRY

*Aircraft gas turbine engines (GTE) are main subject in research and dewelopment in up-to-date cogenerators. GTE are getting wide aplications in different industrilal branches. After fillfooling its life on aircraft GTE can be modify for different purposies. **Mobile Ecological Cogenerator (MEC)** is good solution for "on site" energy production on crude oil drill facilities, or as power sorce for large compressors and pumps for gas transportation, or other special facilities. This paper is dealing with original domestic solution for building mobile electricity and heat production system, which can be used on distant places far from electricity wire conection. Design and production are possible because of posesion od adequat GTE, equipmen, spare parts, special tools and experienced experts and specialists. Authors experience, knowledge and more than 20 years of cooperation with ROLLS-ROYCE, confirm that domestic aircraft industry has possibilities for realisation of this project.*

Key words: Cogeneration, aircraft gas turbines, ecology.