

Program za snimanje dinamičkih parametara avionskog motora Viper 632

Srđan Damjanović

Elektrotehnički fakultet Istočno Sarajevo, Univerzitet u
Istočnom Sarajevu, Republika Srpska, BiH
srdamjan@yahoo.com

Predrag Katanić

Fakultet poslovne ekonomije Bijeljina, Univerzitet u
Istočnom Sarajevu, Republika Srpska, BiH
predrag@telrad.net

Vlastimir Gluhović

Orao a.d. Bijeljina, Republika Srpska, BiH
vlastimir.gluhovic@orao.aero

Sadržaj — U ovom radu je predstavljen program, koji se koristi za snimanje dinamičkih parametara avionskog turbomlaznog motora Viper 632, pomoću mjerno-akvizicionog sistema Agilent 34970A. Napravljen je u Metrološkoj laboratoriji Orao a.d. u Bijeljini. Ovaj program se koristi na stacionarnoj ispitnoj stanici za ispitivanje avionskih motora Viper 632 u Bijeljini. Do sada se na ispitnoj stanici u Bijeljini vršilo zapisivanje parametara motora samo u stacionarnim radnim režimima motora. Program koji je predmet ovog rada koristi se za snimanje dinamičkih karakteristika broja obrtaja motora, temperature izduvnih gasova i potiska motora pri startovanju motora i pri prelasku motora iz jednog u drugi stacionarni režim. Ova tri parametra se kontinualno mjere šest puta u jednoj sekundi, prikazuju se na dijagramu i istovremeno zapisuju u Excel dokument. U Excel-u se vrše dodatne obrade svih izmjerenih signala. Kako bi se signali mogli prikazati na istom dijagramu, vrši se svodenje vrijednosti svakog signala na procentualnu vrijednost u odnosu na maksimalnu vrijednost svakog signala. Ovo omogućuje da se naknadno rade razne analize izmjerenih parametara motora.

Ključne riječi - program; mjerenje, akvizicija; avionski motor; ispitivanje;

I. UVOD

Posljednja aktivnost u procesu remonta turbo mlaznih motora (u daljem tekstu TMM), a prije njegove ugradnje na avion, je ispitivanje TMM-a na stacionarnoj ispitnoj stanici [1]. Stacionarne ispitne stanice su namjenski objekti, na kojima se vrši simulacija svih radnih režima u kojima se motor može naći u toku leta aviona. Na ispitnoj stanici mjeri se veliki broj parametara motora. Ovi parametri se mjere u kratkom vremenskom periodu na motoru, postolju na koje je motor postavljen i ispitnoj ćeliji u kojoj se nalazi motor sa postoljem. U odnosu na broj mjernih signala koji se mjere na TMM-u prilikom leta aviona, na ispitnoj stanici se mjeri puno više mjernih signala na motoru i postolju na koje je motor postavljen. Ovi mjerni sistemi odlikuju se kompleksnom strukturom i visokim mjernim performansama, koje moraju biti usklađene sa strogim kriterijuma propisanih kod testiranja vazduhoplovne opreme i motora predviđenih za ugradnju u savremene letjelice.

Cilj ispitivanja TMM-a je ocjena kvaliteta izvršenog remonta motora. Propisane granice u kojima moraju da se nalaze parametri motora, prilikom ispitivanja na ispitnoj stanici, date su za standardne atmosferske uslove (temperatura vazduha 15 °C i atmosferski pritisak 1013 mbar), bez obzira na realne uslove pri snimanju parametara. Zato se poslije ispitivanja TMM-a na ispitnoj stanici svi izmjereni parametri, snimljeni u realnim atmosferskim uslovima, preračunavaju na vrijednosti pri standardnim atmosferskim uslovima (u literaturi poznati pod nazivom korigovani parametri motora). Na osnovu izračunatih korigovanih parametara TMM-a radi se procjena da li je remont TMM-a dobro obavljen ili je potrebno izvršiti dodatna podešavanja na motoru. Poslije svakog dodatnog podešavanja motora mora se ponovo vršiti kompletno ispitivanje motora na ispitnoj stanici. To neminovno dovodi do značajnog povećanja troškova ispitivanja, a samim tim i remonta motora.

Proizvođač turbomlaznih motora je propisao dvije vrste ispitivanja motora na ispitnim stanicama. Jedno su ispitivanje motora u stacionarnim radnim režimima. Ova ispitivanja obično traju po nekoliko minuta i ispitivači imaju dovoljno vremena da i ručno očitaju i zapišu sve mjerne parametre motora. Drugu vrstu ispitivanja predstavlja snimanje dinamičkih parametara motora pri startovanju motora i pri prelasku motora iz jednog u drugi radni režim [2]. Ovi prelazi traju samo po nekoliko sekundi i za tako kratko vrijeme ispitivač nije u mogućnosti da ručno očita i zapiše sve mjerne signale, koji se tada posmatraju. Snimanje dinamičkih parametara motora se nekada radilo pomoću pisaača, koji su na papiru kontinualno zapisivali sve mjerne signale. Danas se ovo snimanje radi pomoću mjerno-akvizicionih sistema, koji se kontrolišu pomoću personalnih računara.

Sva ova snimanja na ispitnoj stanici rade se sa ciljem da se otkrije i otkloni svaki eventualni problem u radu motora na zemlji, a prije njegove ugradnje u avion. Kada se motor ugradi u avion, isti mora da zadovolji izuzetno veliku pouzdanost u radu, u svim režimima u kojima motor može da se nađe prilikom leta aviona [3].

II. RAD PROGRAMA

Primjena računara u metrologiji dala je jedan novi kvalitet procesu mjerenja, koji se ogleda u sljedećem [4].

1) Proširene su mogućnosti metrologije, jer je automatizovanje mjerenja primjenom računara omogućilo da se izvode i ona mjerenja koja ranije nije bilo moguće obaviti, s obzirom na zahtijev da se u kratkom vremenskom intervalu izvrši veliki broj mjerenja na velikom broju raznih mjernih tačaka.

2) Povećan je kvalitet mjerenja smanjenjem ukupne mjerne nesigurnosti s obzirom na sljedeće:

a) uticaj subjektivnog faktora pri mjerenjima sveden je na najmanju mjeru, isključivanjem, mogućih grubih grešaka pri očitavanju, zapisivanju i obradi rezultata mjerenja,

b) ostvarena je skoro potpuna identičnost postupka mjerenja, što je značajno poboljšalo ponovljivost mjerenja, i time smanjilo slučajnu komponentu mjerne nesigurnosti, kod višestruko ponovljenih mjerenja,

c) po pravilu, povećan je broj mjernih tačaka, kao i broj ponovljenih mjerenja po jednoj mjernoj tački u odnosu na klasična mjerenja, što takođe smanjuje slučajnu komponentu mjerne nesigurnosti,

d) omogućena je automatska primjena korekcija, čime je smanjen broj neisključenih sistematskih grešaka, a sa time i sistematska komponenta mjerne nesigurnosti,

e) omogućeno je izvođenje mjernog postupka izvan radnog vremena, kada su smanjene smetnje svih vrsta, a posebno noću kada su optimalni uslovi za mjerenje.

3) Smanjeni su troškovi mjerenja, jer je:

a) skraćeno vrijeme mjerenja, a kompletni izveštaji o mjerenju se dobijaju odmah po završetku mjernog postupka,

b) smanjeno angažovanje stručnog kadra, s obzirom da veći dio mjernog postupka može da se odvija bez kontrole operatora, ili pod kontrolom niže stručnog kadra,

c) produženo raspoloživo radno vrijeme na 24 sata dnevno.

4) Omogućena je automatizacija kalibracije, što je ubrzalo i podiglo kvalitet kalibracije klasičnih etalona i mjernih sredstava, i omogućilo kalibraciju programabilnih etalona i mjernih sredstava.

5) Mjerni postupak i postupak obrade rezultata mjerenja nisu razdvojeni, već se, štaviše, obavljaju simultano, sa mogućnošću da se mjerni rezultati prikazuju odmah, ili naknadno putem reprodukovanja sa zapisa.

Objekat ispitne stanice za ispitivanje motora Viper 632 koji se nalazi u Bijeljini u krugu fabrike Orao a.d. sastoji se od sljedećih prostorija:

- ispitne ćelije
- kontrolne sobe
- elektro sobe
- uljno gorivne prostorije

Osnovni djelovi sistema za akviziciju parametara turbo-mlaznih motora VIPER 632 su:

- davači mernih signala;
- sistem za akviziciju Agilent 34970A;
- PC računar ;
- štampač.

Osnovu realizovanog mjerno-akvizicionog sistema čini akviziciono-kontrolna jedinica Agilent 34970A. Za mjerenje neelektričnih veličina korišćeno je više tipova davača mjernih signala. Pomoću odgovarajućih mjernih instrumenata i pretvarača sve mjerne veličine se pretvaraju u jednosmjerni napon amplitude do 10 V, koji se zatim mjeri mjerno-akvizicionim sistemom. Programski se takođe vrši i postupak etaloniranja, u kome se određuju koeficijenti, koji izmjerene vrijednosti jednosmjernog napona pretvaraju u vrijednost kojoj se pripisuje odgovarajuća mjerna jedinica za svaki signal.

Broj obrtaja motora (N1 - oznaka na dijagramima) se mjeri pomoću tahogeneratora i elektronskog instrumenta za mjerenje frekvencije proizvođača Monarh tip ACT3. Ovaj mjerni instrument na svom izlazu daje jednosmjerni napon amplitude do 10 V, koji je proporcionalan broju obrtaja motora. Temperatura izduvnih gasova (T4 - oznaka na dijagramima) se mjeri termoparovima. Pomoću pretvarača, tip TXRAIL 0-10 VDC, se signal sa termoparova pojačava na napon amplitude do 10 V. Potisak motora se mjeri pomoću mjerne ćelije sa mjernim trakama i elektronskog pokaznog instrumenta proizvođača HBM tip MVD 2555. Ovaj mjerni instrument na svom izlazu daje jednosmjerni napon amplitude do 5 V, koji je proporcionalan potisku motora.

Akvizicioni sistem Agilent 34970A sastoji se iz sljedećih komponenti:

- kontrolna jedinica sa displejom;
- HP-IB kartica za komunikaciju sa računarom;
- USB/GPIB interfejs, tip: Agilent 82357A;
- kartice 34902A sa 16 mjernih kanala, za mjerenje napona i temperature pomoću termopara sa automatskom kompenzacijom hladnog kraja;
- digitalni multimetar (6 1/2 digita).

Radom akvizicionog sistema upravljiva korisnički program koji se izvršava na personalnom računaru. Program određuje vrste mjerenja, koje treba obaviti i njihov vremenski raspored, oblik i vremenski raspored mjernih podataka, koje daju mjerni instrumenti.

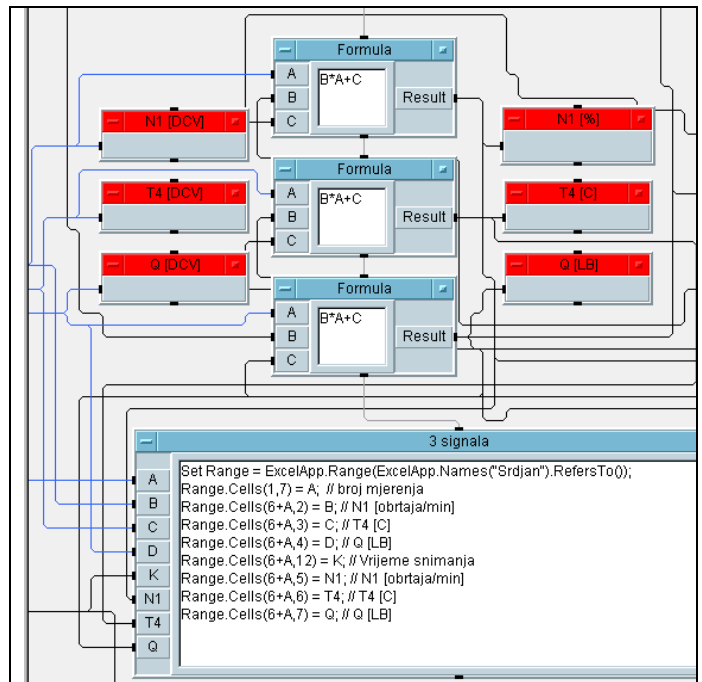
U programskom jeziku VEE Pro 6.0. napravljena su dva programa: glavni program i program za etaloniranje. Glavni program određuje trenutak startovanja i zaustavljanja mjernog procesa, redosljed mjernih ciklusa, broj mjerenja u jednom ciklusu i odredište mjernih podataka. U njemu se obavljaju matematičke operacije nad izmjerenim parametrima u voltima, kako bi se dobili izmjereni parametri motora u pripadajućim mjernim jedinicama. Program za etaloniranje je namjenjen za određivanje koeficijenata, koji izmjerenu naponsku vrijednost signala pretvaraju vrijednost signala sa pripadajućom mjernom jedinicom. Korisnik ima na raspolaganju jednostavan korisnički interface, koji mu omogućava jednostavno i brzo kretanje kroz program, što je jako bitno prilikom postavljanja

određenih preduslova za samo mjerenje. Program je napravljen da od korisnika traži samo površno znanje rada na računaru. VEE Pro je linijski programski jezik prvenstveno namijenjen za programsko povezivanje računara sa Hewlett Packard (poslije Agilent, odnosno danas Keysight Technologies) mjernim instrumentima, ali i programabilnim mjernim instrumentima ostalih najpoznatijih svjetskih proizvođača.

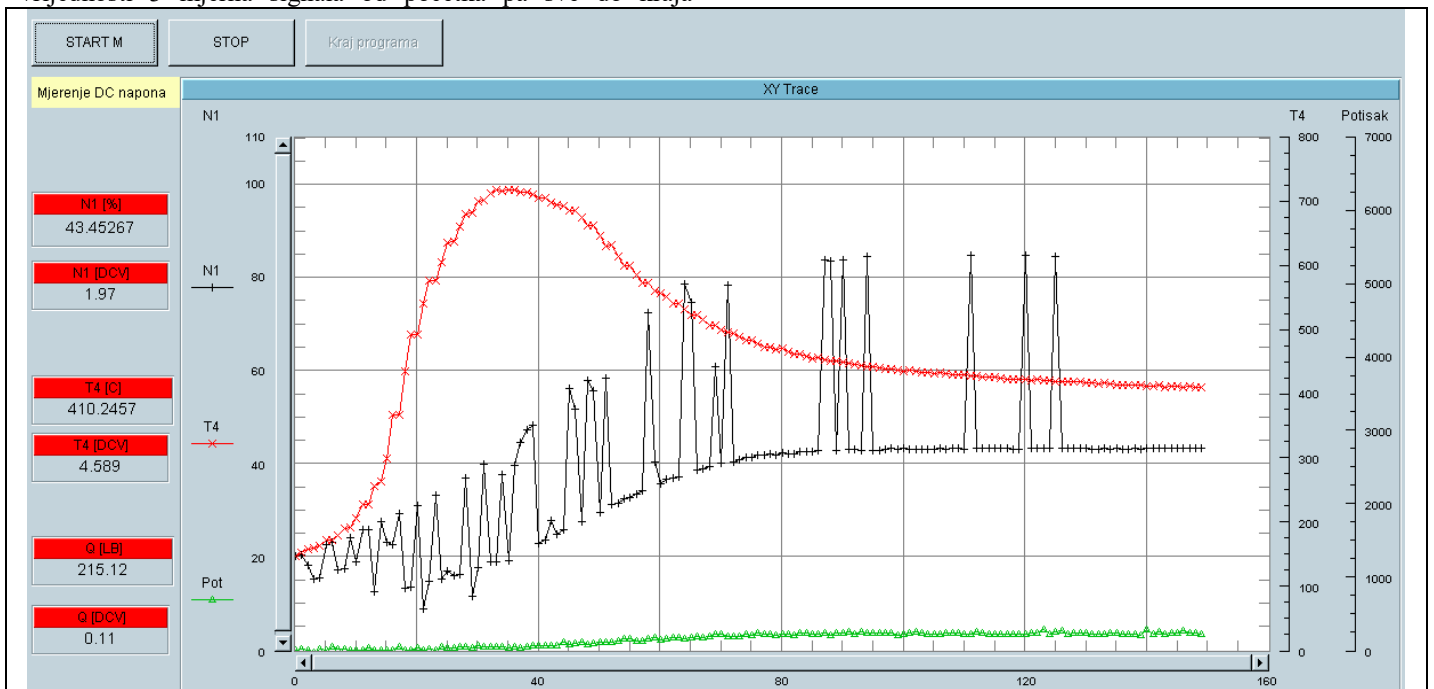
Programski paket VEE Pro 6.0. je objektno orjentisan. Program se pravi tako što se sastavlja iz gotovih blokova. Svaki blok predstavlja niz naredbi, koje čine jednu cjelinu (n.p. IF, FOR, UNTIL BREAK petlje, matematičke funkcije, brojači, grafici, displeji, dugmad i dr.). Programer ove gotove blokove prilagođava svome programu i povezuje ih u jednu cjelinu. Softverski paket Agilent VEE Pro omogućava korisniku mjerenja pomoću nekih gotovih alata, ali istovremeno mu obezbjeđuje mogućnost pravljenja sopstvenog programa, koji bi korisniku trebalo obezbjeđiti jednostavno i efikasno korišćenje mogućnosti akvizicionog sistema Agilent 34970A. Mi smo iskoristili ovu mogućnost i napravili više programa, koji omogućuje komunikaciju računara sa mjerno-akvizicionom sistemom Agilent 34970A. Kontinualan zapis izmjerenih vrijednosti temperature ili napona i grafički prikaz tih vrijednosti se vrši pomoću Microsoft Excel-a. Na slici 1. prikazan je izgled dijela programa napisanog u programskom paketu VEE Pro 6.0. za merenje pomoću akviziciono-kontrolne jedinice Agilent 34970A.

Na slici 2. prikazan je izgled ekrana glavnog programa za dinamičko snimanje tri parametra TMM. Operator starta mjerenje klikom miša na dugme "START". Na tri digitalna displeja se prikazuju izmjerene vrijednosti jednosmjernog za sva tri signala, a na druga tri digitalna displeja se prikazuju izmjerene vrijednosti tri signala u pripadajućim mjernim jedinicama. Na dijagramu se kontinualno prikazuju sve vrijednosti 3 mjerna signala od početka pa sve do kraja

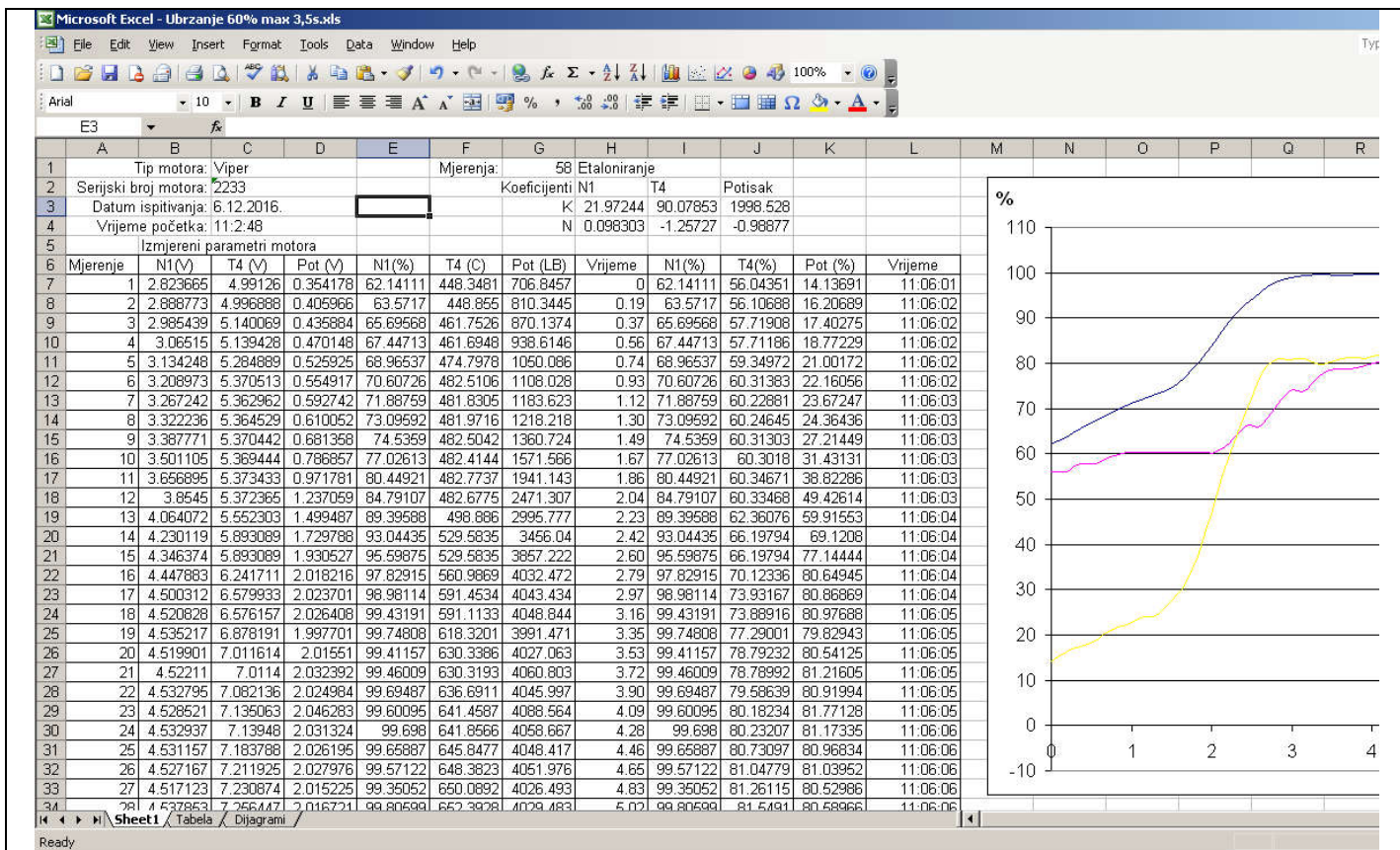
mjerenja. Dijagram ima tri vertikalne ose. Lijeva osa je namjenjena za praćenje broja obrtaja motora (N1), a mjerna jedinica je %. Prva desna osa je namjenjena za praćenje temperature izduvnih gasova (T4), a mjerna jedinica je °C. Druga desna osa je namjenjena za praćenje potiska motora (Q), a mjerna jedinica je libra.



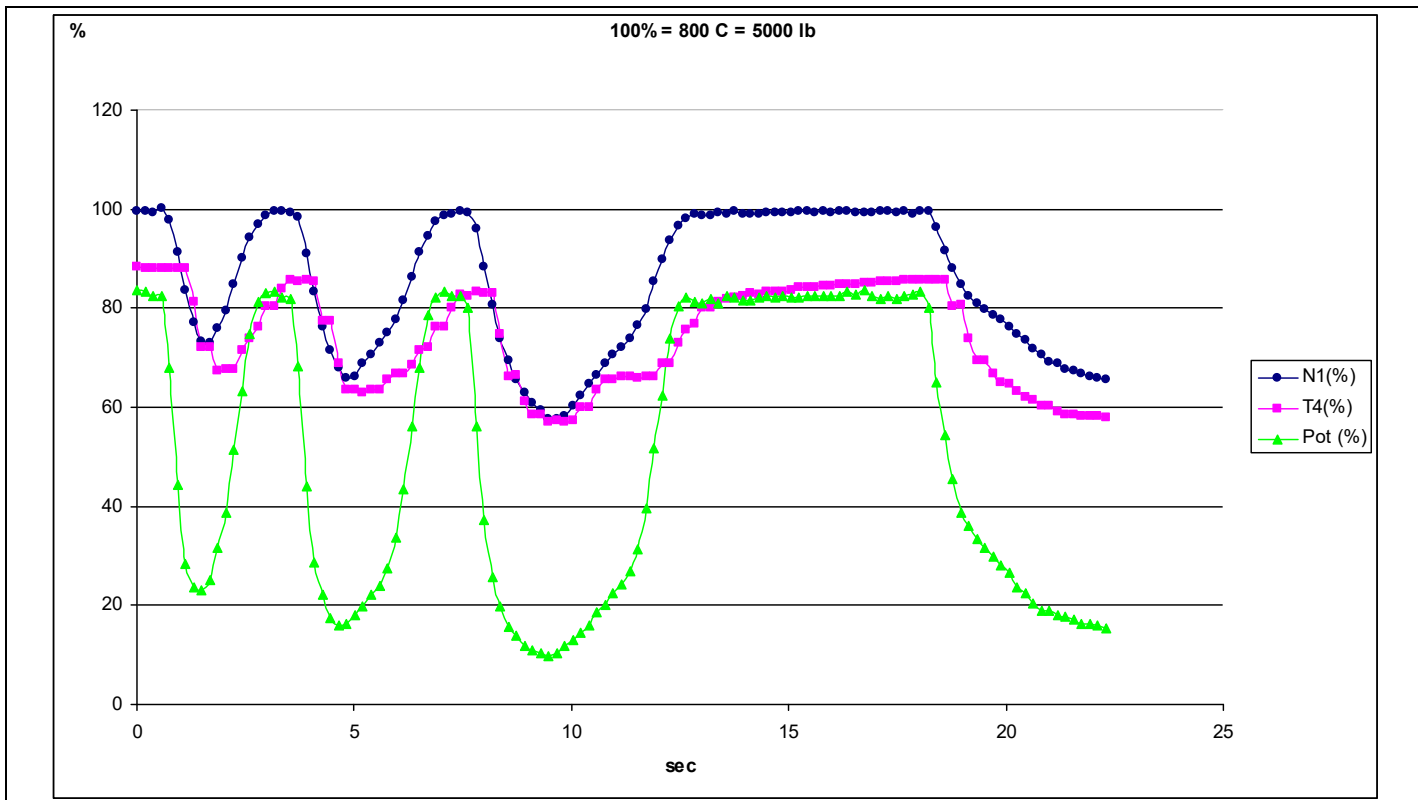
Slika 1. Izgled programiranja u VEE Pro.



Slika 2. Dijagram dobijen pri startu motora



Slika 3. Excel dokument u koji se upisuju rezultati mjerenja



Slika 4. Dijagram grubog rukovanja sa motorom

Zakonska jedinica za mjerenje potiska motora kod nas je kilogram, ali pošto je proizvođač motora VIPER 632 iz Engleske onda su sve procedure ispitivanja napisane prema engleskim mjernim jedinicama. Naknadno se prilikom pisanja izvještaja o ispitivanju sve izmjerene vrijednosti parametara motora preračunavaju u SI sistem mjernih jedinica.

Programski paket VEE Pro 6.0. je u prednosti u odnosu na Excel jer ima mogućnost da se na istom dijagramu prikažu tri signala sa tri različite ose kao na slici 2. Excel nema tu mogućnost, ali da bi na istom dijagramu prikazali sva tri signala, onda se dijagram crta sa vrijednostima koje su pretvorene u % u odnosu na maksimalnu vrijednost svakog signala. Izgled jednog ovakvog dijagrama je prikazan na slici 4.

Na slici 3. prikazan je izgled Excel dokumenta, u kome su prikazani rezultati snimanja dinamičkih parametara TMM pri startu motora VIPER 632 od 60% obrtaja do 100% obrtaja motora u trajanju od 2,6 sekundi. Rezultati mjerenja po signalima su raspoređeni po kolanama, a jedan mjerni ciklus se upisuje u jednom redu. U svakoj sekundi se uradi šest mjernih ciklusa, odnosno sva tri signala se izmjere šest puta u jednoj sekundi. Za svaki mjerni signal se u Excel upisuje izmjerena vrijednost DC napona, izmjerena vrijednost u pripadajućoj mjernoj jedinici i izmjerena vrijednost u % u odnosu na maksimalnu vrijednost mjernog signala. Maksimalna dogovorena vrijednost za broj obrtaja motora je 100%. Maksimalna dogovorena vrijednost za temperaturu izduvnih gasova motora je 800 °C. Maksimalna dogovorena vrijednost za potisak motora je 5000 libri. Za svaki mjerni ciklus se upisuje i podatak o vremenu, kada je počelo mjerenje za taj mjerni ciklus. Za vrijeme se uzima sistemsko vrijeme sa računara. U jednoj koloni se za svaki mjerni ciklus upisuje i proteklo vrijeme od početka mjerenja (od prve mjerne tačke) u sekundama. Poslije završetka svakog mjernog ciklusa, rezultati mjerenja se automatski prikazuju i na Excel dijagramu. Da bi se mogli međusobno razlikovati rezultati mjerenja između više signala, rezultati mjerenja svakog signala se prikazuju u drugoj boji i obilježavaju se sa drugim simbolom. Obilježavanje signala sa različitim simbolima olakšava praćenje odštampanih podataka na laserskom crno-bijelom štampaču. Operater u toku ispitivanja može da bira da li izmjerene parametre želi da gleda na dijagramu glavnog programa ili na dijagramu koji se prikazuje u Excelu. Excel dokument koji se koristi za snimanje izmjerenih parametara je podešen da bude *Read-only*, da bi spriječili mogućnost da korisnik programa tokom ispitivanja slučajno promjeni ime i sadržaj ovog dokumenta, jer bi to dovelo do pogrešnog rada cijelog programa.

Kada se završi snimanje dinamičkih parametara TMM na ispitnoj stanici, naknadno se u laboratoriji vrši obrada dobijenih rezultata i pravi izvještaj o ispitivanju. Naknadna obrada rezultata mjerenja je neophodna, jer se iz dijagrama vrlo lako uočava, da li promjenu vrijednosti jednog signala prate po istom zakonu i promjene vrijednosti druga dva signala. Takođe se uočavaju i maksimalne vrijednosti, koje je svaki signal dostigao. Ovo je posebno bitno za temperaturu izduvnih gasova motora, jer prekoračenje dozvoljene maksimalne temperature može da izazove trajno oštećenje motora. To bi zahtjevalo da se motor mora ponovo rastavljati i raditi njegov remon. Ovo bi značajno produžilo vrijeme trajanja remonta i poskupilo proces remonta motora. Sa dijagrama se očitava i vrijeme za koje se

signal promjeni od donje do gornje granične vrijednosti motora. Za svaki prelazni režim u kome se radi snimanje dinamičkih parametara motora proizvođač je propisao okvirni izgled dijagrama, kao i vremena za koja se ti dijagrami moraju snimiti. Ovi dijagrami postaju sastavni dio izvještaja o ispitivanju motora, koji se nakon remonta dostavljaju vlasniku motora.

Snimanje dinamičkih parametara motora u prelaznim radnim režimima je vrlo bitno u procesu završnog ispitivanja motora, jer nam može dati podatke, koje ispitivači nikada ne bi mogli da očitaju na klasičnim digitalnim ili analognim instrumentima. Na dijagramu prikazanom na slici 2. se mogu uočiti velike oscilacije prilikom mjerenja obrtaja motora (signal N1). Ovaj dijagram je dobijen u režimu pokretanja motora. Naknadnom analizom dobijenih rezultata mjerenja, utvrđeno je da velike razlike između dva mjerenja broja obrtaja potiču od tahogeneratorskog, koji se koristi kao motorski davač. Da bi se eliminisali ovi šumovi pri mjerenju broja obrtaja motora, koji su manji od 40%, bilo je potrebno ugraditi dodatni niskofrekventni filter. Nakon toga su se mogli snimati i signali na niskom broju obrtaja motora. Ovo se nije moglo primjetiti na klasičnim mjernim instrumentima.

Dijagram prikazan na slici 4. dobijen je u režimu grubog rukovanja motorom. U ovom radnom režimu se obrtaji motora naizmjenično naglo povećavaju i smanjuju. Sa dijagrama se lako uočava da promjenu broja obrtaja prati i promjena temperature izduvnih gasova i potisak motora. Ali ono što je posebno bitno na dijagramu su vršne vrijednosti temperature izduvnih gasova motora, koje nikada ne smiju da pređu određene granice, jer bi to moglo da u letu aviona dovede do otkaza motora i samim tim da prouzrokuje pad aviona. A to je ono što ne smije nikada da se desi i što se upravo sprečava jednim ovakvim ispitivanjem motora na stacionarnoj ispitnoj stanici.

III. ZAKLJUČAK

Značaj ovog programa leži prvenstveno u činjenici da je unaprijeđen postupak ispitivanja TMM VIPER 632 na stacionarnoj ispitnoj stanici u krugu fabrike Orao a.d. Bijeljina. Do sada su se na ovoj ispitnoj stanici mogla raditi samo ispitivanja motora u stacionarnim radnim režimima. U slučajevima kada su se pojavljivali problemi tokom ispitivanja motora, dodatna ispitivanja (među kojima su bila i snimanja dinamičkih parametara motora u prelaznim radnim režimima) su se morala raditi na ispitnoj stanici koja se nalazi u Srbiji. To je značajno produžavalo vrijeme remonta motora, ali i značajno povećavalo cijenu remonta. To povećavanje cijene remonta motora je išlo na štetu Orao a.d. Bijeljina. Tako da očekujemo da će realizovani mjerno-akvizicioni sistem dovesti do boljih finansijskih pokazatelja prilikom remonta motora.

Najveća prednost upotrebe mjerno-akvizicionog sistema za snimanje dinamičkih parametara motora je podizanje nivoa tehnologije ispitivanja motora na stacionarnoj ispitnoj stanici u Bijeljini, sa znanjem i radom sopstvenog kadra. Ovim smo pokazali da posjedujemo znanje za izradu stacionarnih ispitnih stanica za ispitivanje turbomlaznih motora, ali i izradu

potpuno računarski vođenog mjernog sistema za mjerenje i snimanje parametara motora tokom ispitivanja.

Osnovni doprinosi primjene realizovanog merno-akvizicionog sistema za snimanje dinamičkih parametara TMM u prelaznim radnim režimima tokom ispitivanja motora VIPER 632 na stacionarnoj ispitnoj stanici mogu se iskazati u sljedećem:

1) Velika brzina mjerenja

Povećanje brzine mjerenja postignuto je zahvaljujući znatno većoj brzini rada računara u poređenju sa čovjekom kao operatorom. Operatoru koji očitava i ručno zapisuje rezultate mjerenja sa više davača temperature treba daleko više vremena, nego kada to radi računar. Doprinos veće brzine mjerenja ima za posljedicu skraćenje ukupno potrebnog vremena za izvođenje mjerenja, a time i smanjenje troškova ispitivanja.

2) Manja mjerna nesigurnost

Uticaj subjektivnog faktora pri mjerenjima sveden je na najmanju mjeru, isključivanjem mogućih grubih grešaka pri očitavanju, zapisivanju ili obradi rezultata mjerenja. Usrednjavanjem mjernih rezultata značajno je smanjen tip A mjerne nesigurnosti, koji potiče od ponavljanja rezultata mjerenja.

3) Fleksibilnost u izražavanju i predstavljanju rezultata mjerenja

Za sve mjerne signale se mogu prikazivati izmjerene vrijednosti jednosmjernog napona, ali i izmjerene vrijednosti svakog signala u pripadajućoj mjernoj jedinici. Sve izmjerene vrijednosti se prikazuju na jednom ekranu, što je puno preglednije nego posmatranje pojedinačnih instrumenata. Izmjereni signali se kontinualno prikazuju i na grafiku, tako da se lako mogu pratiti trendovi promjene svakog signala, kao i brzina promjene svakog signala. Sve vrijednosti izmjerene mjerno-akvizicionim sistemom mogu se odmah odštampati na štampaču i memorisati u Excel dokumentu. Tako se, poslije završenog ispitivanja, memorisane vrijednosti mogu naknadno obrađivati, analizirati i štampati.

Ovaj program bi se uz određene dorade mogao koristiti i za mjerenje drugih parametara motora na stacionarnoj ispitnoj stanici u Bijeljini. Ovi parametri bi se mogli mjeriti kako u stacionarnim radnim režimima tako i prelaznim radnim režimima. Da bi ova modernizacija ispitne stanice mogla da se realizuje, potrebno je da se na ispitnu stanicu ugrade dodatni mjerni davači i mjerni pretvarači, koji na svom izlazu daju jednosmjerni napon proporcionalan mjernom signalu. Ovo je potrebno uraditi jer je postojeći mjerno-akvizicioni sistem predviđen za mjerenje jednosmjernog napona na šesnaest mjernih kanala po jednoj kartici 34902A. U mjerno akvizicioni sistem Agilent 34970 se mogu ugraditi istovremeno tri ovakve kartice. To znači da bi se istovremeno mogli mjeriti svi mjerni signali, koji mogu da se mjere na motoru, postolju motora i ispitnoj ćeliji.

LITERATURA

- [1] Srđan Damjanović, Predrag Katanić, "Akviziono-merni sistem Agilent 34970A na ispitnoj stanici za turbo-mlazne motore VIPER," *Zbornik radova sa Simpozijuma INFOTEH 2009*, B-II-5, str. 152-155, Jahorina 2009, ISBN 978-99938-624-2-8.
- [2] Srđan Damjanović, Predrag Katanić, "Idejni projekat mjerno-akvizicionog sistema za ispitivanje turbomlaznih motora sa 120 mjernih signala," *Zbornik radova sa Kongresa metrologa Srbije 2009*, Palić 2009, ISBN 978-86-7892-212-1.
- [3] S. Damjanovic, V. Gluhovic, V. Rodic, E. Banjac, "Stationary testing and measurement station for the investigation of turbo-jet engines that are built into the MIG 29 airplane," *4th International scientific conference on difensive technologies OTEH 2011*, pp. 203-208, Beograd 2011.
- [4] Srđan Damjanović, Predrag Katanić, "Program za snimanje temperaturnih polja u pećima," *Zbornik radova sa Simpozijuma INFOTEH 2016*, str. 546-550, Jahorina 2016, ISBN 978-99955-763-9-4, CIP-007:004(082)(0.034.4), COBISS.RS-ID 5794072.

ABSTRACT

This paper presents the program, which is used to record the temperature field homogeneity in the furnace, using measuring and acquisition system Agilent 34970 made in Metrology Laboratories Orao a.d. in Bijeljina. This program was originally used to record the homogeneity of temperature field in vacuum furnaces. In these furnaces installed in Orao a.d. Bijeljina is thermally treated various spare parts for aircraft engines where is of the great importance to good homogeneity of the temperature field in the furnace, in order to avoid proliferation of scrap in the production of spare parts and thus the great financial losses. After that, the program is used for recording temperature field homogeneity in many companies in the Serbian Republic, Federation of Bosnia and Herzegovina, Serbia, Montenegro and Croatia. In addition to furnaces, this program is used to record and homogeneity of temperature fields in sterilizers, refrigerators, freezers and other areas where is significant temperature distribution in space technology on a manufacturing process. After each test performed, we have received very useful information about the temperature distribution in the room and discovered critical points, which was necessary to eliminate. Based on these data, some corrective measures are performed in the furnace in order to ensure better homogeneity of temperature field. In case that is not possible to make corrections in the furnace report the completed set of homogeneous temperature field are used as the basis for determining the optimal volume. The deploy components are heat treated in order to minimize scrap material during heat treatment in the furnace.

Program for the recording dynamic parameters of the Viper 632 aircraft engine

Key words - program; measurement, acquisition; aircraft engine; testing;

Srdjan Damjanovic, Predrag Katanic, Vlastimir Gluhović