Dr Svetozar Minić,
potpukovnik, dipl. inž.
Doc. dr Živan Arsenić,
dipl. inž.
Prof. dr Jovan Todorović,
dipl. inž.

PROGRAMSKI PAKET ZA IZBOR NAJPOVOLJNIJEG MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

Uvod

Teorija i praksa inženjerstva održavanja tehničkih sistema ukazuju na to da se rešenja za optimalno upravljanje procesima promene parametara stanja i održavanja i dobijanje stvarne ocene stanja sistema moraju zasnivati na metodologiji održavanja prema pouzdanosti, i to na metodama kombinovanih koncepcija i složenih modela održavanja. Uz to, neophodno je da se sistem posmatra na nivou sastavnih elemenata, uz optimalno grupisanje pojedinih postupaka preventivnog održavanja. Na taj način znatno se snižavaju i troškovi održavanja [1, 8].

U radu je predložen algoritam za izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja elemenata sistema, na osnovu kojeg je razvijen programski paket »DMPOPS« [8] koji omogućava automatizovanu simulaciju izbora najpovoljnijeg modela održavanja. Za izabrani model programski paket daje optimalne izlazne operacione karakteristike koje predstavljaju relevantne informacije u procesu donošenja odluke korisnika za pravovremeno i efikasno sprovođenje postupaka preventivnog održavanja sistema.

Prikaz algoritma

Koristeći metod »sistemskog prilaza« (postupak izbora »najboljeg« reše-

nja za date okolnosti) razvijen je algoritam za izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja sa stanovišta uticaja definisanih kriterijuma i cilja, koji je prikazan na slici 1 [8].

Izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja u smislu primene preventivnog održavanja prema stanju (POPS), preventivnog održavanja »po vremenu« (engleski »hard time limit«) ili korektivnog održavanja uslovljen je različitim uticajima tehničkog i ekonomskog karaktera. Osnovno opredeljenje, u odnosu na tehničke karakteristike sistema, sprovodi se na osnovu karaktera intenziteta otkaza (λ), tj. ako je intenzitet otkaza u vremenskoj bazi rastuća funkcija, treba primeniti preventivno održavanje. Opredeljenje u odnosu na ekonomske karakteristike sistema vezano je za analizu odnosa odgovarajućih troškova održavanja [2].

Odluka o pogodnosti primene neke koncepcije održavanja mora se doneti za svaki sastavni element posebno, na bazi »dekomponovanja« sistema. Potrebno je, pre svega, odrediti pokazatelje pouzdanosti posmatranog elementa. Analiza uticaja otkaza pojedinih elemenata na pouzdanost sistema započinje strukturnom analizom u kojoj se identifikuju vrste otkaza i parametri stanja merodavni za ocenu stanja. Pri tome je neophodno definisati

i matematičke zakonitosti promene parametara stanja i njihove granične vrednosti.

Područje primene koncepcije preventivnog održavanja »po vremenu« određeno je rastućom funkcijom intenziteta otkaza. Za elemente sa približno konstantnim intenzitetom otkaza primeniće se koncepcija POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti $POPS_{knp}$ [4], a za elemente sa konstantnim intenzitetom otkaza uvek će se primeniti korektivno održavanje. Da bi se primenila koncepcija POPS sa proverom parametara stanja ($POPS_{pps}$) potrebno je da se identifikuje jedan (ili više) parametar stanja, merodavan za stanje posmatranog elementa, i da se on može meriti. Potrebno je, zatim, da se definiše zakonitost promene parametra stanja u funkciji vremena rada, kao i da se ustanovi granica otkaza (X_g), koja se zasniva na prethodnom iskustvu. Ova koncepcija je isključivo primenljiva na elemente sa kontinualnom promenom parametra stanja, tj. kod kojih otkaz nastaje »postepeno«, a ne »iznenada«.

Kriterijum za primenu $POPS_{pps}$ određuje se iz odnosa intervala »provere stanja« (i_p) i srednjeg vremena rada sastavnog elementa sistema između otkaza ($t_m = MTBF$).

Sl. 2 — Promena parametara stanja $X(t)$ za primenu $POPS_{pps}$

Primena $POPS_{pps}$ može da bude efektivna u slučaju kada raspored ponovljenih tokova promene nekog parametra stanja ima široko rasturanje, kao što je prikazano na slici 2. U ovom slučaju dužina intervala »provere stanja« (i_p) znatno je manja od $MTBF$ ($i_p \ll MTBF$) [7].

Nasuprot prethodnoj situaciji, na slici 3 ilustrovan je raspored ponovljenih tokova promene parametra stanja, kod kojeg je malo rasturanje podataka o $MTBF$, a interval preventivnog održavanja »po vremenu« (t_i) nije znatno manji od $MTBF$, pa se u ovom slučaju primenjuje preventivno održavanje »po vremenu« [7].

Sl. 3 — Promena parametra stanja $X(t)$ za primenu preventivnog održavanja »po vremenu«

Sledeći korak algoritma za izbor koncepcije održavanja sprovodi se analizom odnosa troškova održavanja, pri čemu troškovi primenjene koncepcije preventivnog održavanja moraju biti manji od troškova korektivnog održavanja i njegovih posledica ($C_p < C_k + POSLEDICE$).

U skladu sa odabranom koncepcijom održavanja bira se odgovarajući model održavanja, zatim sledi izbor dijagnostičkih metoda, instrumenata i uređaja i, konačno, vrši se optimalno grupisanje periodičnosti pojedinih postupaka preventivnog održavanja.

Opis i praktična primena programskog paketa »DMPOPS«

Na osnovu definisanog algoritma za izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja razvijen je programski paket DMPOPS.

Ovaj programski paket na osnovu poznate vremenske slike stanja o radu i održavanju elemenata sistema vrši statističku obradu podataka, definiše raspodele slučajno promenljive veličine i odgovarajuće funkcije intenziteta otkaza i bira najpovoljniju raspodelu, na bazi kriterijuma Kolmogorova. Na osnovu karaktera intenziteta otkaza i podataka o troškovima preventivnog i korektivnog održavanja, programski paket vrši izbor najpovoljnije koncepcije održavanja. Ako se zaključi da ima osnova za primenu preventivnog održavanja, DMPOPS predlaže najbolji model. Za ovaj model programski paket određuje optimalnu izlaznu operacionu karakteristiku koja daje osnovu za optimalno upravljanje procesom održavanja sistema.

Programski paket DMPOPS predstavlja sintezu sledećih optimalnih matematičkih modela održavanja [3 do 6, 8]: model POPS sa proverom parametara stanja (EKTRAN), model POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti ($POPS_{knp}$), model preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma minimalnih troškova (MINTRO), model preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti (MAXGOT) i model optimalnog grupisanja periodičnosti postupaka preventivnog održavanja (MODOGRUP).

Izlazne operacione karakteristike DMPOPS su: optimalni interval preventivnog održavanja (t_i), ako su u pitanju modeli preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma minimalnih troškova ili kriterijuma maksimalne gotovosti, interval »provere stanja« (i_p) i dozvoljena vrednost parametara stanja (X_d) ako je odabran mo-

del $POPS_{pps}$, gornja granica regulacije nivoa pouzdanosti (GGR) za model $POPS_{knp}$, i optimalni interval preventivnog održavanja grupe elemenata za model optimalnog grupisanja periodičnosti postupaka preventivnog održavanja.

Ilustracije radi, u daljem delu ovog rada prikazani su neki od primera praktične primene programskog paketa DMPOPS u DEMO verziji, koja predstavlja potprograme programskog paketa za simulaciju pojedinačnih modela održavanja.

Koristeći podatke o ulaznim parametrima modela EKTRAN, potprogram programskog paketa simulira ovaj model i grafički ga interpretira. Za izabrani parametar stanja, preko kojeg se ocenjuje stanje elementa sistema, dobijaju se izlazne operacione karakteristike modela EKTRAN: vreme »prve« provere stanja (t_1), dozvoljena vrednost parametra stanja (X_d) i »signalizaciona tolerancija« parametra stanja (Δ_x).

Potprogram za simulaciju modela $POPS_{knp}$ omogućava određivanje gornje granice regulacije (GGR) nivoa pouzdanosti grupe istotipskih elemenata sistema u funkciji od željenih, definisanih veličina. U ovom primeru je, na osnovu unetih ulaznih podataka modela, a za izabrani dijagnostički parametar — tok kretanja otkaza, određena GGR u funkciji srednjeg vremena rada, za razne vrednosti pouzdanosti. Stvarni broj otkaza i dobijena vrednost GGR definišu »signal modela« za preduzimanje aktivnosti održavanja.

Sledeći segment u okviru programskog paketa DMPOPS je potprogram za simulaciju modela MINTRO, i to za model zamene posle određenog vremena rada (MINTRO-1) i model blok-zamene (MINTRO-2).

Na osnovu unetih podataka za broj posmatranih sistema, ukupno vreme rada, parametre Vejbulove raspodele i troškove preventivnog i korektivnog održavanja, automatizovano se dobija

dijagram funkcije troškova u zavisnosti od vremena rada, za razne vrednosti intervala preventivnog održavanja. Optimalni interval preventivnog održavanja je egzaktno definisan minimumom funkcije troškova.

Za simulaciju modela MAXGOT neophodno je unapred uneti u potprogram podatke za srednja vremena preventivnog i korektivnog održavanja i za parametre Vejbulove raspodele. Rezultati simulacije dobijaju se u obliku dijagramskog prikaza funkcije gotovosti, u zavisnosti od vremena rada, čija ekstremna vrednost definiše optimalni interval preventivnog održavanja.

Potprogram modela MODOGRUP zahteva da se definišu ulazni podaci za pojedinačne elemente sistema: ukupna vremena rada, parametri Vejbulove raspodele i troškovi preventivnog i korektivnog održavanja. Kao rezultat simulacije dobija se grafički prikaz funkcije troškova za pojedinačne elemente, kao i za grupu elemenata čiji minimum definiše izlaznu operacionu karakteristiku — optimalni interval preventivnog održavanja grupe elemenata.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema — Maintainability Engineering, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Arsenić, Z., Vasić, B.: Efektivnost tehničkih sistema — Rešavanje karakterističnih problema primenom računara, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [3] Gertsbakh, I. B.: Models of preventive maintenance, North — Holland publishing Company Amsterdam — New York — Oxford, 1977.
- [4] Smirnov, N. N., Icković, A. A.: Obsluživanje i remont aviaacionnoj tehniki po sastojanju, Transport, Moskva, 1980.

Zaključak

Razvijeni programski paket DM-POPS korektno simulira izbor najpovoljnijeg modela održavanja i automatizovano rešava matematičko-modelsku interpretaciju procesa održavanja, dajući optimalne izlazne operacione karakteristike modela koje predstavljaju osnovu za visok nivo procesa odlučivanja korisnika o dinamici sprovođenja postupaka preventivnog održavanja sistema.

Primenom DMPOPS rešava se dinamičko sagledavanje problema izbora i primene najpovoljnijeg modela za optimalno upravljanje procesom održavanja složenih tehničkih sistema i time ostvaruje odgovarajući stepen automatizacije upravljanja održavanjem.

Ovaj programski paket je opšteg karaktera i može biti primenjen na različite tehničke sisteme, pod uslovom da je podržan kvalitetnim informacionim sistemom o radu i održavanju.

Implementacijom DMPOPS mogu se ostvariti značajni efekti — obezbediti zahtevana pouzdanost i gotovost sistema i smanjiti troškovi održavanja.

- [5] Bednjak, M. N.: Modelirovanie procesov tehničkog obsluživanja i remonta avtomobilej, Visšaja škola, Kiev 1983.
- [6] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1990.
- [7] Smit, K.: Why Condition Monitoring? — Condition Monitoring s Part of a Maintenance Concert for Complex Equipment, XIIIth Conference YUMO '86, Belgrade, 1986.
- [8] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.