

GOTOVOST BRODOVA U MORNARICI VCG

mr Jelenko Milaković, dipl.ing.brodomaštinstva, VCG, Podgorica, e-mail:
jelenkomil@yahoo.com.

Prof. dr. Miodrag Bulatović, Mašinski fakultet Podgorica, e-mail:
bulatovm@yahoo.com.

mr Radoje Karadžić, dipl. ing. vazduhoplovstva, VCG, Podgorica, e-mail:
radoje.karadzic@yahoo.com

REZIME

Brodovi u Mornarici spadaju u složene tehničke sisteme, sastavljene od velikog broja podsistema. Kao tehnički sistem, brod je složen, dinamički, deterministički, otvoren i realan sistem. On se sastoji od desetina hiljada elemenata veoma različite efektivnosti i pouzdanosti i različite važnosti za ukupnu efektivnost broda. Od brodova kao tehničkih sistema zahteva se visoka efektivnost koja se mjeri kroz gotovost, pouzdanost i pogodnost održavanja.

Gotovost sistema kao vjerovatnoća da će sistem uspješno stupiti u dejstvo u određenom trenutku vremena i uslovima okoline, izuzetno je važna za brodove.

Ključne riječi: brod, gasna turbina, gotovost

1. UVOD

Brodovi u Mornarici VCG spadaju u složene tehničke sisteme, sastavljene od velikog broja podsistema.

Kao tehnički sistem, brod je složen, dinamički, deterministički, otvoren i realan sistem.

On se sastoji od desetina hiljada elemenata veoma različite efektivnosti i pouzdanosti i različite važnosti za ukupnu efektivnost broda.

Od brodova kao tehničkih sistema zahteva se visoka efektivnost koja se mjeri kroz gotovost, pouzdanost i pogodnost održavanja.

Gotovost sistema kao vjerovatnoća da će sistem uspješno stupiti u dejstvo u određenom trenutku vremena i uslovima okoline, izuzetno je važna za brodove, kao i pouzdanost, vjerovatnoća da će brod uspješno izvršavati funkciju cilja u granicama dozvoljenih odstupanja, u projektovanom vremenu trajanja i datim uslovima okoline.

Gotovost je vjerovatnoća da će sistem uspješno stupiti u dejstvo u određenom trenutku vremena i uslovima okoline. Gotovost sistema je direktni pokazatelj sistema da izvrši svoju funkciju cilja, na koji se reflektuju vrednost funkcije pouzdanosti, funkcionalne podobnosti i pogodnosti održavanja. Gotovost sistema se izračunava kao odnos vremena sistema u radu i ukupnog vremena za koje je namijenjen rad sistema:

$$G(t) = \frac{T_i}{T} = \frac{T_i}{T_i + T_o} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{j=1}^m t_{oj}}$$

pri čemu je:

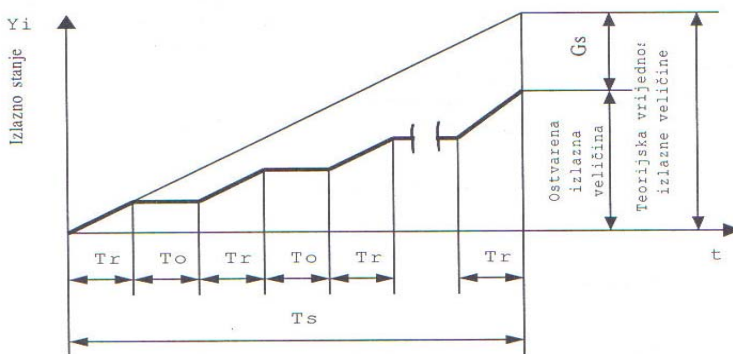
$$t_i = t_{cr} + t_r; t_o = t_{oo} + t_{ol} + t_{oap}$$

Vrijeme sistema u ispravnom stanju t_i , podrazumjeva vrijeme u mirovanju (vrijeme čekanja na rad) t_c i vrijeme u radu t_r . Vrijeme sistema u otkazu t_o ima tri osnovna segmenta: organizaciono vrijeme t_{oo} (vrijeme uočavanja i defektaže otkaza); logističko vrijeme t_{ol} (vrijeme pripreme za otklanjanje otkaza); vrijeme aktivne popravke tj. otklanjanja otkaza t_{oap} .

$$T_r = \sum_{i=1}^n T_{r_i} \quad \text{- ukupno vrijeme rada sistema}$$

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_{o_i} \quad \text{- ukupno vrijeme otkaza sistema}$$

$$T_s = T_r + T_o \quad \text{- ukupno vrijeme trajanja sistema}$$



Slika 1. Dijagram ponašanja izlaznih veličina stanja u zavisnosti od vremena rada sistema

Ako je izlazno stanje definisano nekom mjerljivom veličinom karakterističnom za funkcionisanje sistema, za vreme trajanja sistema T_s pojavljuje se izgubljena vrijednost te veličine G_s .

Prema dijagramu na slici 1. prikazana je izgubljena vrijednost izlazne veličine kao razlika između teorijski moguće i ostvarene vrijednosti te veličine za period trajanja sistema T_s .

Kada je u pitanju brod kao sistem, izgubljena vrednost izlaznih veličina uvijek se može kvantificirati kroz izgubljenu dobit broda zbog zastoja u eksploataciji, bez obzira dali su ti zastoji planirani ili su posledica nekog slučajnog otkaza.

Operativna gotovost je funkcija vremena kada je sistem u radu i otkazu:

$$OG(t) = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ri}}{\sum_{i=1}^n t_{ri} + \sum_{j=1}^m t_{oj}} = \frac{T_r}{T_r + T_o}$$

Bez računanja efektivnosti, daje se sledeći stav o brodu kao tehničkom sistemu:

- 1) po definiciji brod zahtjeva visoku efektivnost, gotovost i pouzdanost kao neophodan uslov za opstanak u borbi;
- 2) brod nije proizvodni sistem, ali njegova namjena nameće visoke troškove održavanja;
- 3) ograničen raspoloživi prostor na brodu nameće vrlo stroga ograničenja po pitanju opremanja r/d i elementima za pojedine uređaje i podsisteme;
- 4) trendovi razvoja brodskih podsistema u svijetu vrlo su česte modernizacije pojedinih brodskih podsistema i elemenata brodske osnovne konstrukcije u funkciji izbjegavanja zastarjelosti;

- 5) sofisticirana tehnika na malom prostoru zahtjeva visoku obučenosn brodske posade na održavanju, a istovremeno smanjuje vrednosni faktor funkcionalne podobnosti brodskih podsistema;
- 6) održavanje b/g dovode do skraćivanja vremena potrebnog za izvođenje pojedinih aktivnosti i poslova održavanja broda i njegovih podsistema;
- 7) ograničen prostor na brodu uzrokuje nisku tehnološkičnost održavanja;
- 8) koncentracija opasnih materija i broskog naoružanja ima za posledicu štetnost po zdravlje za posadu i radnike na poslovima održavanja broda;
- 9) morska voda kao medijum u kom brod živi, vrlo je agresivna, pa u kontaktu sa različitim metalnim dijelovima broskog trupa izaziva pojavu korozije i propadanje, tj zahtijeva čestu obnovu zaštitnih pokrivki i prevlaka.

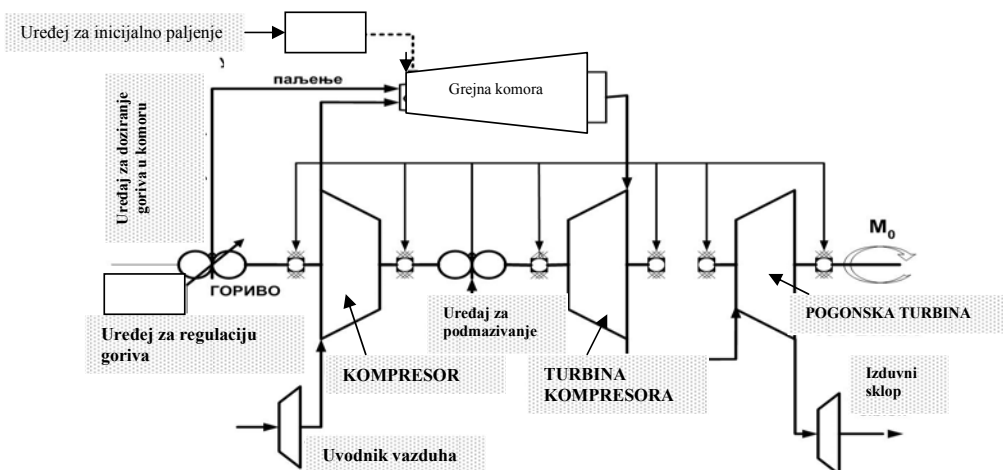
Povećanje efektivnosti broda postizemo mjerama, radnjama brodske posade u aktivnostima održavanja, ugradnjom kvalitetnih dijelova. Kako je brod složen tehnički sistem, ukupnu efektivnost praktično nije moguće izračunati, ali je potrebno stalnim delovanjem na planu održavanja permanentno držati efektivnost broda na što višem nivou.

2. GOTOVOST PROPULZIONOG UREĐAJA GASNE TURBINE M8G NA RAKETNOJ FREGATI RF-33



2.1 Operativna gotovost gasne turbine M8G

Energija sagorevanja unutar gasno turbinskog motora (GTM) se pretvara u mehanički rad na pogonskom (slobodnom) vratilu. Na sl.3 je prikazana principijelna šema GTM. Šema predstavlja glavne dijelove motora (uvodnik vazduha, kompresor, grejna komora i turbina) i glavne sisteme na motoru (gorivo, ulje).



Slika 3. Principijelna šema brodskog gasoturbinskog motora(GTM)

Kompresor uvlači vazduh iz posebno projektovanog prostora na brodu. Parametri na izlazu iz kompresora iznose: temperatura oko 450°K, pritisak $7,561 \cdot 10^5$ Pa (stepen kompresije 7,32) i brzina oko 160m/s.

Sabijeni vazduh iz kompresora ulazi u **grejnu komoru** deleći se na primarni i sekundarni vazduh. Pritisak na izlazu iz komore sagorevanja neznatno se smanjuje, temperatura je oko 850°K, a brzina strujanja gasa oko 400-420m/s.

Zbog strujanja gasova kroz sprovodne aparate (**stator**) i lopatice turbine (**rotor**), nastaje razlika pritisaka čije sile stvaraju obrtni moment na radnim kolima, kompresorskim i pogonskim. Prva dva stepena čine kompresorsku turbinu koja se koristi za pogon kompresora i ugrađenih agregata, dok treći i četvrti stepen čine pogonsku (slobodnu) turbinu koja preko primarnog i brodskog reduktora pogoni propeler broda.

Uočene i moguće neispravnosti delova i sklopova kompresora su:

- oštećenje lopatica (upad stranih čestica, erozija profila lopatica i dr.),
- oštećenje ležajeva (nedovoljno podmazivanje, neizbalansiranost masa na rotoru i dr.).

Uočene i moguće neispravnosti djelova i sklopova grejne komore su:

- prekid plamena (usled pojave pumpanja, nagle promjene režima, pojave vode u gorivu...),
- pregorjevanje zida plamene cjevi (nepravilno sagorjevanje, nataložena garež id.),
- deformacije grejne komore (zbog progorjevanje ili prskotina...)

Tabela 1. Vremenska slika stanja i gotovost propulzionog uređaja gasne turbine na RF-33

Vremenska slika stanja		Period od 1986 do 2007 god.				
Objekat: RF-33, Uredaj: turbina M8G		PERIODI EKSPLOATACIJE	T _u	T _r	T _o	G _(t)
M8G Serijski broj 637832	1986	35.00	35.00	00.00	1	
	1987	52.00	50.00	02.00	0.9615	
	1988	37.25	37.25	00.00	1	
	1989	35.50	35.40	00.10	0.9971	
	1990	13.00	12.45	00.15	0.9576	
	1991	05.35	05.35	00.00	1	
	1992	04.35	04.35	00.00	1	
	1993	03.40	03.40	00.00	1	
	1994	11.10	11.10	00.00	1	
	1995	04.15	04.15	00.00	1	
	1996	10.00	10.00	00.00	1	
	1997	02.25	02.25	00.00	1	
	1998	00.40	00.40	00.00	1	
	1999	01.05	01.05	00.00	1	
	2000	01.20	01.20	00.00	1	
	2001	00.20	00.20	00.00	1	
	2002	01.15	01.15	00.00	1	
	2003	01.45	01.45	00.00	1	
	2004	01.10	01.10	00.00	1	
	2005	01.20	01.20	00.00	1	
2006	03.25	03.25	00.00	1		
2007	06.00	06.00	00.00	1		
Σ 1986-2007		197.15	194.50	02.25	0.9865	

Uočene i moguće neispravnosti djelova i sklopova turbine na brodskom postrojenju su:

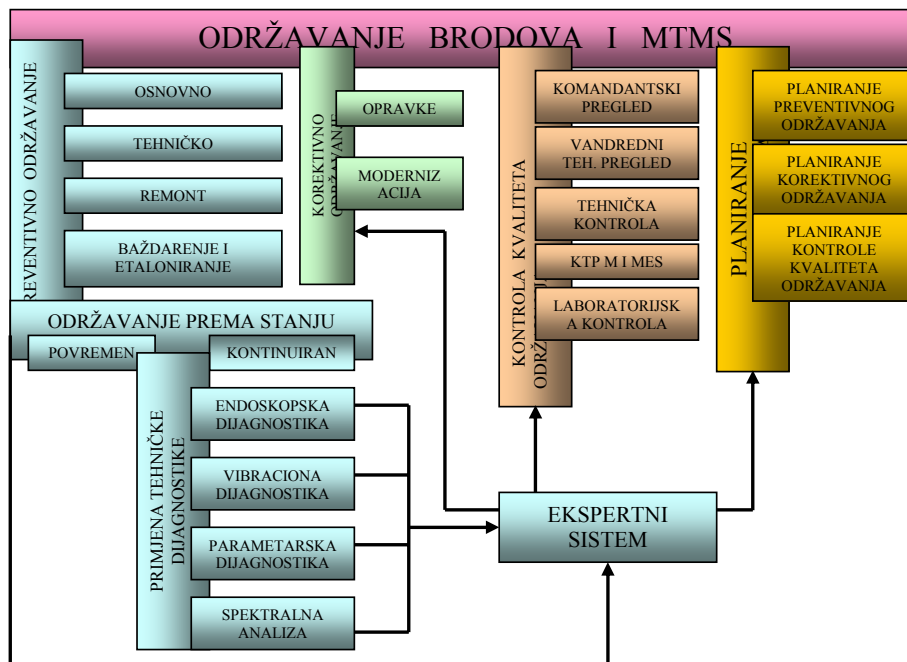
- čupanje lopatica iz diska (kao posledica pucanja materijala i pojavi prskotina),
- pregaranje lopatica sprovodnog aparata i lopatica rotora,
- lom lopatica (nedozvoljene temperature starta, izlazak na velike režime bez zagrevanja, zaustavljanje bez hlađenja, prevelike vibracije).

Uočene i moguće neispravnosti djelova izduvnog sklopa na brodskom postrojenju su:

- prskotine izduvne cevi, na mjestima varenja šavova i priрубnicama, kao posledica pulsacije gasova zbog neispravnog sagorevanja u grejnoj komori i vibracija motora,
- deformacija pojedinih delova izduvnog sklopa, kao posledica termičkih naprežanja (posebno pri startu motora.)

Analiza rezultata je pokazala da je gotovost pogonskog postrojenja gasne turbine tipa M8G, na RF-33 na zavidnom nivou, na što ukazuje vrijednost koeficijenta gotovosti, koja je u periodu od 1986 do 2007 godine iznosila **0.9865**.

Eksplatacija brodova, pogonskih postrojenja kao tehničkih sistema, je jedan period žižnog ciklusa broda, pogonskog postrojenja u kom postoji stalno nastojanje da se održi projektovana funkcija broda i pogonskog postrojenja.



Slika 4. Blok šema inoviranog modela održavanja u Mornarici

Takvu tendenciju moguće je ostvariti novim modelom održavanja na konceptu "Održavanje prema stanju" uvođenjem elemenata tehničke dijagnostike, koji bi predstavljao skup pravila sa ciljem efikasnijeg nadzora nad tehničkim sistemom (brod i njegovi sistemi, MTMS) uz niske troškove u skladu sa sigurnosnim zahtjevima.

Novim modelom održavanja integrišući i elemente postojećeg modela održavanja u Mornarici Vojske Crne postigli bi se višestruki ciljevi:

- racionalnije korišćenje opreme i resursa (t/d, materijal, alat i pribor, sirovine, remontni kapaciteti.....);
- racionalnije korišćenje ljudskih resursa ;
- ulaganje u održavanje u funkciji rentabilnosti i ekonomičnosti kao ekonomskim kategorijama;
- ekoloških faktora u cilju zaštite čovjeka i čovjekove okoline.

Novim modelom održavanja bi se omogućilo donošenje odluka o neophodnosti zamjena ili neophodnosti aktivnosti održavanja na osnovu informacija o stvarnom tehničkom stanju sistem i njegovih dijelova.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu sopstvenog iskustva u radu na održavanju pogonskih kompleksa na brodovima Mornarice, najveći dio tehnološke opreme, uprkos djelovanju poremećajnih faktora sa slučajnim karakterom raspodjele nastanka otkaza u vremenu, svoje radne karakteristike ne gubi odjednom, već u procesu koji se odvija i traje.

Nagovještaj nekog otkaza, prisutan je mnogo prije nastanka značajnih otkaza u eksploataciji tehnološke opreme ili eventualnog otkaza, što je značajno za održavanje po stanju primjenom metoda tehničke dijagnostike.

Tehnička dijagnostika obuhvata niz metoda i postupaka kojima se utvrđuje trenutno stanje u kome se tehnički sistem nalazi, ali isto tako i definiše trend i predviđaju događaji koji slede na osnovu čega se propisuju mjere za korekciju stanja, do nivoa koji je prihvatljiv za optimalnu eksploataciju.

4. LITERATURA

- [1] Bulatović, M., Efektivnost i održavanje tehničkih sistema, predavanja na postdiplomskim studijama, 2005.
- [2] Milaković, J., Modeliranje organizacije funkcije održavanja namjenskih sredstava, magistarski rad, MF Podgorica, 2008.
- [3] Ilić, V., Održavanje brodova sa elementima logistike, Jadransko brodogradilište Bijela, Beograd, maj 2004.