

Mr. sc. **Mato Tudor**
Pomorski fakultet
Studentska 2, Rijeka

Pregledni članak
UDK: 629.5.083.5

ANALIZA POJAVE KVAROVA KOD BRODSKIH SUSTAVA

U ovom radu prikazane su različite vrste kvarova, njihovi indeksi kao i funkcije gustoće. Učestalost i vrijeme pojave kvarova statistički su obrađeni pa se time može odrediti optimalni pristup održavanju brodskih sustava. Održavanje ima za cilj otkloniti, odnosno spriječiti nastanak kvarova. Kako je održavanje značajna stavka u ekonomičnosti poslovanja brodara, provođenjem analize pojave kvarova, pri definiranju plana održavanja, mogu su umnogome smanjiti troškovi održavanja, a istodobno produžiti vijek eksploatacije broda.

Ključne riječi: kvar, vrste kvara, indeks kvara

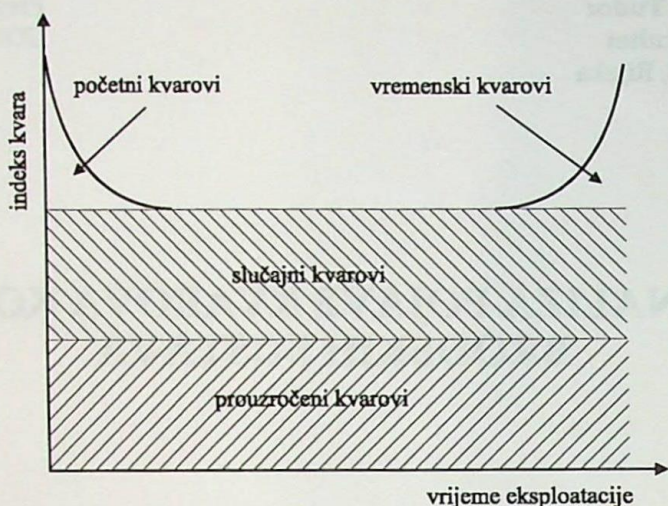
1. UVOD

Troškovi održavanja broda znatna su stavka u poslovanju pa ih brodar nastoji smanjiti. Budući da se održavanje provodi da bi se spriječili i otklonili kvarovi, svaka pojava kvara iziskuje povećanje troškova održavanja, a time i ukupne ekonomičnosti poslovanja. Kod kvarova čija pojava bitno ne utječe na mogućnost broda da normalno obavlja svoju prijevoznčku funkciju i čije otklanjanje ne zahtijeva veća financijska sredstva, primjenjuje se korektivno održavanje. Kod svih ostalih kvarova nastoji se primijeniti preventivno održavanje. Da bi se pravodobno izveli poslovi preventivnog održavanja na pojedinim brodskim sustavima, važno je poznavati učestalost i vrstu pojedinih kvarova te mogućnost predviđanja trenutka pojave kvara. S tog se razloga rade analize pojave kvarova.

Kvar je promjena stanja sustava ili njegovih sastavnih dijelova koje smeta odnosno onemogućuje funkciju tog sustava ili je opasno za okolinu. Kvarovi mogu biti:

- početni
- slučajni (vremenski neovisni kvarovi)
- vremenski
- prouzročeni.

Dijagram pojave kvarova u ovisnosti o starosti sustava prikazan je na slici 1.



Slika 1. Pojava kvarova

2. POČETNI KVAROVI

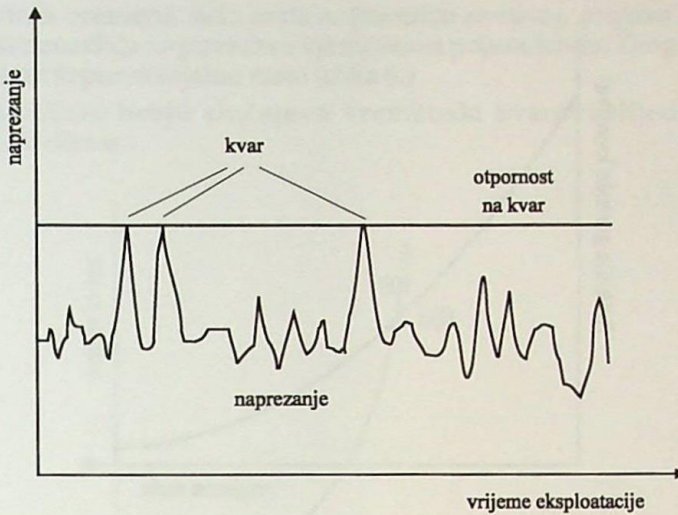
Početni kvarovi nastaju u početnom razdoblju rada sustava. Uzrok je najčešće greška u projektu, izradi, materijalu ili greške nastale pri montaži sustava. Početni kvarovi otklanjaju se u takozvanom razdoblju uhodavanja, tako da se dio sustava s greškom zamijeni novim, odnosno da se pojava svake greške otkloni. Time broj početnih kvarova opada do trenutka kad se više ne pojavljuju. Kod broda ta se vrsta kvarova otklanja u pokusnoj vožnji, odnosno prvim mjesecima eksploatacije, pa nisu zanimljivi glede problematike održavanja.

3. SLUČAJNI KVAROVI

Slučajni kvarovi (slika 2.) mogu se pojavljivati tijekom čitavoga životnog vijeka sustava. Do njih dolazi slučajno. Uzrok im se najčešće ne može sa sigurnošću utvrditi, ali utječe na fizičko-kemijska svojstva pojedinih dijelova sustava. Može se pretpostaviti da je uzrok u nepredviđenim naprezanjima (npr. mehaničkim, termičkim, električnim...) kojima su izloženi dijelovi sustava, a koja nisu predviđena pri projektiranju. Pojava takva kvara ne može se predvidjeti promatrajući stanje dijelova sustava. Zamjena pojedinih dijelova neće otkloniti i uzrok kvara. Zbog toga se ne može unaprijed odrediti vremensko razdoblje u kojemu bi trebalo obaviti zamjenu pojedinog dijela sustava. Slučajni kvarovi ne mogu se izbjeći ni najučestalijim održavanjem jer je besmisleno nasumice mijenjati pojedine dijelove sustava koji rade bez ikakva znaka neispravnosti.

Mjera za pojavu kvara je indeks kvara, a označava broj kvarova u jedinici vremena. Recipročna vrijednost indeksa kvara je prosječno vrijeme između kvara, a označava se sa MTBF (engl. *mean time between failure*).

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

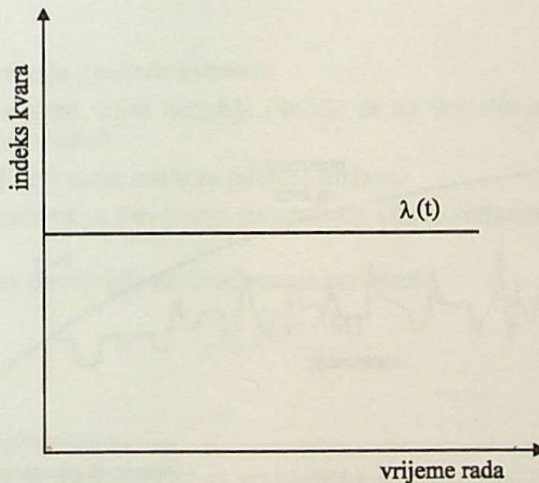


Slika 2. Slučajni kvarovi

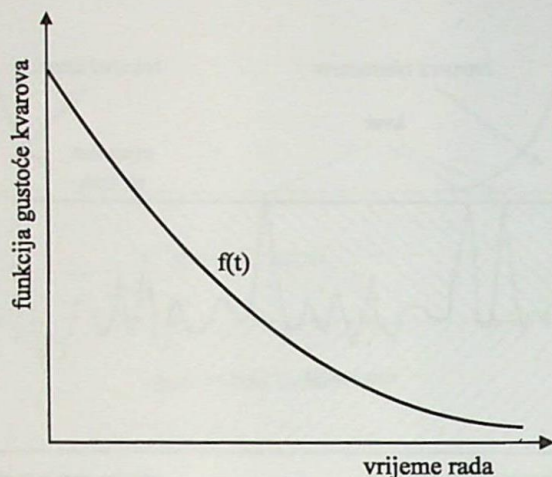
Indeks kvara kod slučajnih kvarova je konstantan (slika 3.). Vjerojatnost pojave kvara u nekom vremenu naziva se gustoća kvarova i označava se sa $f(t)$. Funkcija gustoće kvarova s vremenom eksponencijalno pada:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \text{ za } t \geq 0$$

Funkcija gustoće kvarova za slučajne kvarove prikazana je na slici 4.



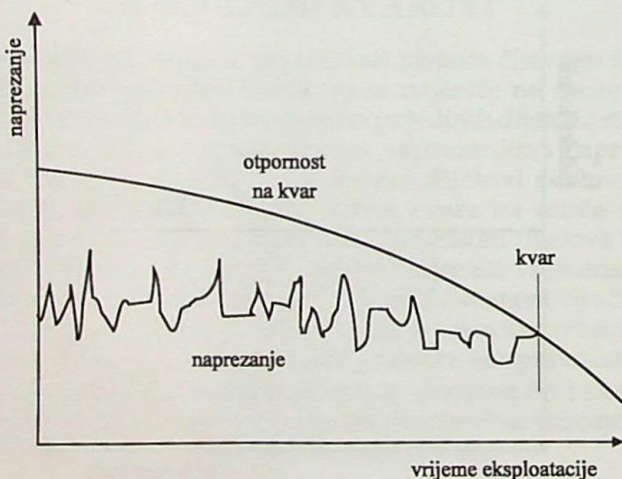
Slika 3. Indeks kvara kod slučajnih kvarova



Slika 4. Funkcija gustoće slučajnih kvarove

4. VREMENSKI KVAROVI

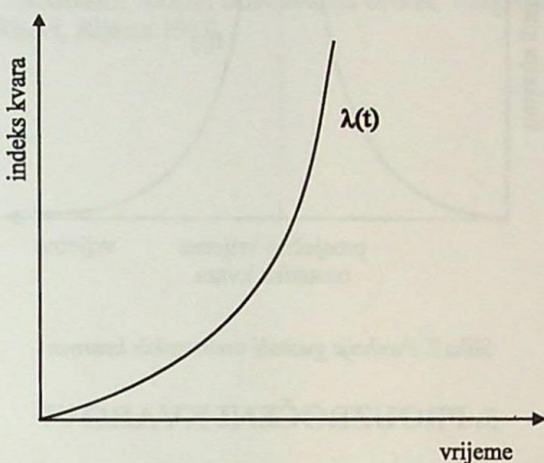
Vremenski kvarovi su kvarovi do kojih dolazi zbog istrošenosti. Uporabom se otpornost na kvar smanjuje zbog npr. trošenje materijala, korozije, nečistoće, erozije i drugog, što je prikazano na slici 5. Ti kvarovi nastupaju samo ako se sustav ne održava. Promatrajući stanje dijelova sustava (poznavajući njihov životni vijek), može se predvidjeti kada će kvar nastupiti, odnosno može se predvidjeti kada treba obaviti održavanje (najčešće zamjenu istrošenog dijela sustava).



Slika 5. Vremenski kvarovi

Porastom vremena rada sustava (starošću sustava), njegova otpornost na kvar pada, što znači da se povećava vjerojatnost pojave kvara. Zbog toga funkcija indeksa kvara eksponencijalno raste (slika 6.).

U najvećem broju slučajeva vremenski kvarovi slijede normalnu (Gaussovu) razdiobu.



Slika 6. Indeks kvara kod vremenskih kvarova

Funkcija gustoće kvarova za vremenske kvarove dana je izrazom:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-M)^2}{2\sigma^2}}$$

gdje je:

$f(t)$ – funkcija gustoće kvarova

M – prosječni vijek trajanja (dobije se na temelju zapisa o prijašnjim kvarovima)

t – vrijeme rada sustava (starost sustava)

σ – standardna devijacija prosječnog vijeka trajanja.

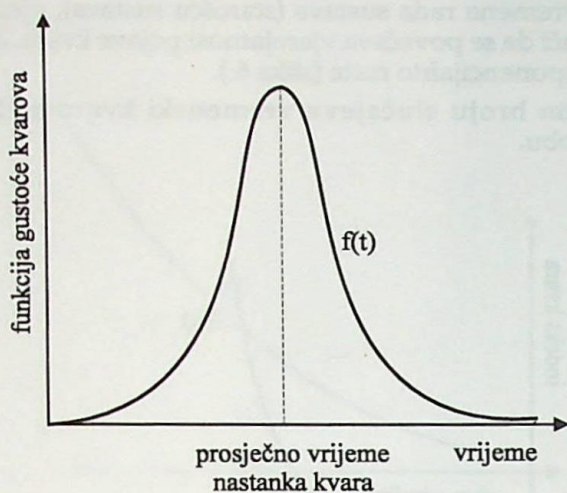
Standardna devijacija se izračunava po izrazu:

$$\sigma = \frac{\sum (\tau - M)^2}{N}$$

gdje je:

N – broj kvarova.

Funkcija gustoća kvarova za vremenske kvarove prikazana je na slici 7. Iz slike je vidljivo da je vjerojatnost nastanka kvara najveća kod prosječnog vremena trajanja uređaja (rada bez kvara).



Slika 7. Funkcija gustoće vremenskih kvarova

5. PROUZROČENI KVAROVI

Posebna vrsta slučajnih kvarova jesu prouzročeni kvarovi. Ti su kvarovi najčešće posljedica nepravilnog rukovanja osoblja koje sustav opslužuje (npr. oštećenje zbog udarca, pada, pogrešne montaže...). Uzrok može biti i posljedica više sile (npr. požar, prodor mora i slično). Po zakonitosti nastajanja, ta vrsta kvarova spada u slučajne kvarove.

6. ZAKLJUČAK

Pojava kvara na brodskom sustavu može utjecati na sposobnost broda da obavlja svoju prijevozničku zadaću te time povećava troškove poslovanja brodara. Da bi se spriječila pojava kvarova, provodi se preventivno održavanje. Pri određivanju plana održavanja tj. učestalosti i vremena kada treba provesti održavanja, veoma je važna analiza pojave kvarova. Tijekom eksploatacije pojavljuju se vremenski i slučajni kvarovi. Vremenski kvarovi mogu se točno vremenski predvidjeti te u skladu s time točno odrediti vrijeme kada treba provesti održavanje. Slučajni se kvarovi ne mogu predvidjeti. Praćenjem i evidentiranjem može ih se staviti u ovisnost o vremenu i time statistički predvidjeti. Na osnovi toga (statističkog predviđanja) može se odrediti kada i kakve poslove održavanja treba provesti.

LITERATURA

- [1] Z. A. Ivković, Matematička statistika, Naučna knjiga, Beograd, 1980.
- [2] J. Lovrić, Osnove brodske terotehnologije, Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet Dubrovnik, Dubrovnik, 1989.
- [3] J. Lovrić, Sposobnost održavanja brodskih sustava, IV simpozij Teorija i praksa brodogradnje, Opatija, 1980.

- [4] G. W. E. Nieuwhof, Risk, A Probabilistic Concept, Reliability Engineering vol. 10, pp. 183-188, Elsevier Applied Science Publishers, London 1985.
- [5] M. R. Spiegel, Probability and Statistics, Schaum's outline series, McGraw-Hill company, Singapore, 1980.
- [6] S. Shields, K. J. Sparshott, E. A. Cameron, Ship Maintenance: a quantitative approach, Marine Media Management Ltd, London, 1975.
- [7] M. Tudor, Računalni model održavanja broda, Magistarski rad, pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka 1997.

Summary

ANALYSIS OF FAULT OCCURENCES IN SHIP'S SYSTEM

The paper aims at presenting different types of faults, their indexes and density functions. The frequency and time of the fault occurrences are statistically analyzed in order to determine the optimum time for the ship's system maintenance. The purpose of maintenance is to eliminate or prevent a fault to occur. Since maintenance represents an important item in the business efficiency of a shipping company, by taking into consideration this analysis when making maintenance plans, the maintenance costs can be very much reduced and, at the same time, the ship's exploitation time extended.

Key words: fault, types of fault, fault index