



## POUZDANOST – FAKTOR KVALITETA ZAVISAN OD VREMENA

### RELIABILITY – QUALITY FACTOR DEPENDENT ON TIME

Predrag Lazarević<sup>1)</sup>

**Rezime:** Jedan od osnovnih problema povišenja konkurentnosti savremenih tehničkih sistema na svetskom tržištu jeste obezbeđenje visokog nivoa njihove pouzdanosti u eksploataciji. Koncept pouzdanosti zastupljen je u svim periodima razvoja i korišćenja sistema, tj. u toku čitavog životnog ciklusa sistema. Kod mnogih vidova tehnike, npr. kod računarskih sistema, otkazi dovode do obezvređivanja ukupnog prethodnog rada, neophodnosti ponavljanja rešavanja problema i zastoja u radu složenih automatizovanih sistema. Sve ovo prouzrokuje značajno povećanje troškova eksploatacije takvih sistema. Izostanak adekvatnog razmatranja pouzdanosti ima posledice izražene ogromnim materijalnim gubicima i usporavanje tehnološkog napretka na raznim nivoima organizovanja ljudskog faktora.

**Ključne reči:** kvalitet, pouzdanost, tehnički sistemi

**Summary:** One of the major issues in increasing the competitiveness of modern technical systems on the world market is to ensure a high level of their reliability in usage. The reliability concept is present in all the periods of development and usage of the systems, i.e., throughout the whole life cycle of the system. With many types of technology, for example with computer systems, a failure devaluates all the previous work, it becomes necessary to repeat the process of the problem solution which brings about a delay in the operation of the complex automatic systems. This causes a significant increase in costs. If the reliability is not considered adequately, the consequences will be huge material loss and a delay in technological development on various levels of organization of human resources.

**Key words:** quality, reliability, technical systems

## 1. UVOD

Značaj pojma pouzdanosti postaje danas sve veći, kako u oblasti proizvoda za potrebe industrije, tako i u oblasti proizvoda široke potrošnje. Pouzdanost predstavlja ključni faktor kvaliteta proizvoda. Međutim, da bi se mogla dati precizna definicija pouzdanosti neophodno je, pre svega, utvrditi jasan odnos pojmova pouzdanosti i kvaliteta.

Kvalitet nekog proizvoda karakteriše se saglasnošću obeležja proizvoda sa specifikacijama i, istovremeno, sposobnošću zadovoljenja potreba korisnika. Pri tome se skoro sve karakteristike proizvoda mogu u potpunosti utvrditi i proveriti pri prijemu proizvoda. Međutim, neka se svojstva proizvoda mogu proveriti samo tokom njegovog korišćenja, kao što je, na primer, svojstvo bezotkaznog funkcionisanja proizvoda, u nekom

intervalu vremena. To svojstvo se naziva pouzdanost proizvoda.

Po definiciji, pouzdanost nekog proizvoda je verovatnoća njegovog ispravnog funkcionisanja, u datom vremenskom intervalu, pri definisanim uslovima rada.

## 2. PREDVIĐANJE POUZDANOSTI

Predviđanje pouzdanosti je kontinuirani proces koji počinje predviđanjem na papiru, zasnovanom na konstrukciji i informacijama o ranijim kvarovima, a završava se merama pouzdanosti, zasnovanim na podacima korisnika koji su proizvod koristili. Ne treba smatrati da je predviđanje pouzdanosti samo sebi cilj. Proces predviđanja pouzdanosti je opravdan samo ako se pokaže korisnim u pružanju pouzdanijeg krajnjeg proizvoda.

1) Predrag Lazarević, dipl.ing., Zastava automobili,a.d., Direkcija kvaliteta, 34000 Kragujevac, Trg Topolivaca 4, tel./fax: 034/323-124, e-mail: pplazarevic@yahoo.com

Za predviđanje pouzdanosti nekog uređaja (opreme) koriste se matematički modeli, koji se određuju na osnovu dugotrajnih eksperimentalnih ispitivanja. Na osnovu takvih predviđanja mogu se, u komercijalnim ugovorima, postaviti ciljevi u pogledu pouzdanosti. Najveći izazov za projektanta pouzdanosti, a time i za ceo projektantski tim, su početne aktivnosti procesa projektovanja sistema, kada je moguće vršiti izmene i modifikacije bez značajnih materijalnih ulaganja i gubitka vremena.

U slučajevima kada pouzdanost nekog uređaja ugovorom nije specificirana, mora se tokom projektovanja voditi računa o pouzdanosti komponenata i nastojati da se postigne maksimalno moguća pouzdanost proizvoda. To je neophodno, jer pouzdanost predstavlja komercijalni faktor primarnog značaja, naročito za proizvode široke potrošnje, kao što su automobili i aparati za domaćinstvo.

Međutim, pouzdanost se ne može osigurati samo prognozama i proračunima tokom faze projektovanja, jer pouzdanost nekog uređaja zavisi u istoj meri, kako od projektovanja, tako i od njegove izrade. Proračun pouzdanosti ne može uzeti u obzir loše lemljenje, loše zategnute zavrtnje, prekomerna zagrevanja itd. Ovakve greške treba eliminisati što je pre moguće, primenom programa poboljšanja kvaliteta, u kome se pouzdanost razmatra sa više aspekata. Isto tako, u fazi eksploatacije nekog uređaja javljaju se neke nepredvidive greške koje mogu ozbiljno uticati na stvarnu vrednost pouzdanosti uređaja, iako proračun pouzdanosti, baziran na pouzdanosti komponenata, ukazuje na visoku verovatnoću dobrog funkcionisanja. Pouzdanost uređaja, dakle, ne zavisi samo od pouzdanosti komponenata, već i od drugih činilaca, kao što su:

- dobro projektovanje proizvoda, verifikovano kvalifikacionim ispitivanjima,

- brojne provere i ispitivanja tokom izrade proizvoda, koje omogućuju otkrivanje grešaka pre upotrebe proizvoda.

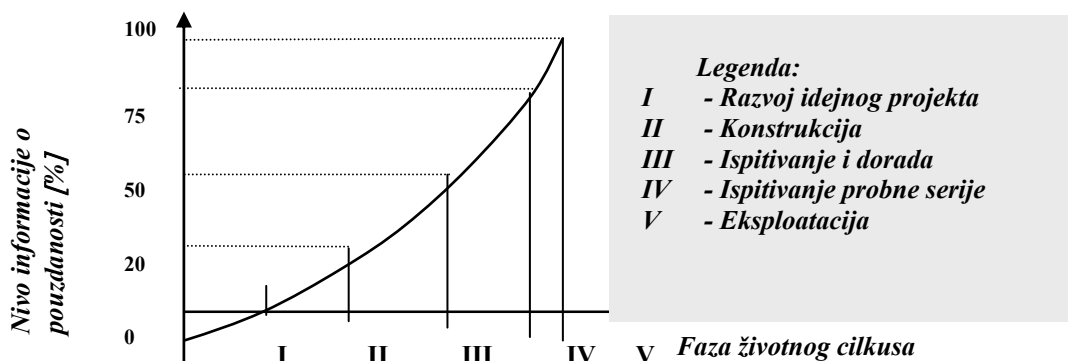
Teorija pouzdanosti se bavi interdisciplinarnom primenom verovatnoće, statistike i stohastičkog modeliranja, u kombinaciji sa inženjerskom pronicljivošću u konstruisanju i naučnim shvatanjem mehanizma grešaka, a u cilju izučavanja različitih aspekata pouzdanosti. Delatnosti teorije pouzdanosti su:

- modeliranje pouzdanosti,
- analiza i optimizacija pouzdanosti,
- inženjering pouzdanosti,
- nauka o pouzdanosti,
- tehnologija pouzdanosti i
- upravljanje pouzdanošću.

### 3. ISPITIVANJA ZA OCENU POUZDANOSTI

Postupci ispitivanja za ocenu pouzdanosti sistema imaju poseban značaj jer oni, s jedne strane, predstavljaju jedinstvene izvore polaznih podataka koji se koriste za analitički proračun ili stohastičko modeliranje. S druge strane, ispitivanje je, u većini slučajeva, osnovni način utvrđivanja ili potvrde nivoa pouzdanosti sistema. Karakteristika postupka ispitivanja je pretpostavka o postojanju određene veličine uzorka ispitivanog sistema. Pri tome to treba da budu realni sistemi koji zadovoljavaju sve tehničke uslove iz eksploatacije. Ocena pouzdanosti sistema može biti realizovana na dva načina: organizacijom specijalnih ispitivanja ili tzv. eksploatacionim posmatranjima.

U početnim fazama stvaranja sistema postoji veoma malo informacija o pouzdanosti, ali u narednim fazama "obaveštenosti" postepeno raste (slika 1) i zavisi od načina i intenziteta ispitivanja



Slika 1 - Dijagram promene količine informacije o pouzdanosti po fazama životnog ciklusa

Pri razvoju idejnog projekta i konstruisanju sistema rezultati proračuna kombinovani sa podacima o analognim sistemima predstavljaju jedine izvore informacija za ocenu očekivane

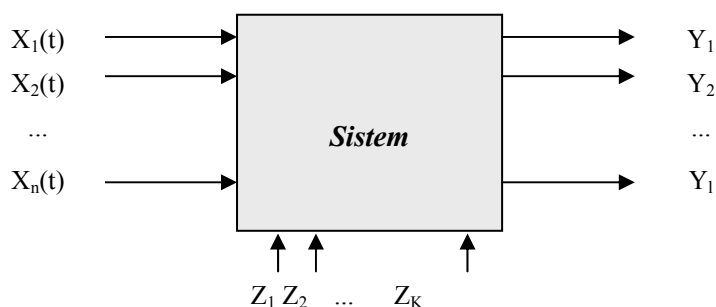
pouzdanosti. Posle izrade probne serije sistema mogu se eksperimentalnim ispitivanjima odrediti opterećenja, naprezanja i drugi faktori koji utiču na pouzdanost, što omogućava korekciju rezultata

prethodnih proračuna i delimično povišenje tačnosti ocene. Dakle, od ove faze glavni izvor informacija o pouzdanosti sistema predstavljaju ispitivanja. Čak i u fazi serijske proizvodnje informacije o pouzdanosti sistema retko dostižu željeni nivo. U cilju prikupljanja podataka o pouzdanosti konstrukcije i provere stabilnosti tehnološkog procesa, ispitivanja sistema se nastavljaju i posle početka njihove serijske proizvodnje, kada se kombinuju sa eksploatacionim posmatranjima. Pri korišćenju (faza eksploatacije) neprekidno se javljaju nova pitanja uslovljena pojavom otkaza, zahtevima korisnika sistema ili ekonomskim razlozima. Zato je celishodno dopunjavanje informacija putem

organizacije dopunskih ispitivanja za ocenu pouzdanosti sistema.

Ispitivanjima za ocenu pouzdanosti nazivaju se takva ispitivanja sistema na osnovu kojih se dobijaju ocene parametara:  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  (slika 2).

Simbolima  $X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)$  označeni su faktori koji deluju na sistem, kao što su: opterećenje, učestanost radnog ciklusa, karakteristike radne sredine i dr. Skup vrednosti kontrolisanih faktora kao slučajnih funkcija vremena  $t$ , naziva se režimom ispitivanja, takođe deluju poremećajni nekontrolisani faktori  $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$ , koji utiču na rasipanje rezultata ispitivanja. Ukoliko se svaka od komponenti režima ispitivanja  $X$  nalazi u granicama dozvoljenih odstupanja, režim se naziva normalnim.



**Slika 2 - Uz razmatranje definicije ispitivanja za ocenu pouzdanosti sistema**

Ubrzavanje ispitivanja za ocenu pouzdanosti postiže se korišćenjem prilaza koji obezbeđuju dobijanje potrebne količine informacija u najkraćem roku u odnosu na predviđene uslove i režime eksploatacije sistema.

Planovi skraćenih ispitivanja za ocenu pouzdanosti tretiraju skraćene veličine uzoraka koji se podvrgavaju ispitivanjima u odnosu na veličinu osnovnog skupa. Skraćena ispitivanja za ocenu pouzdanosti odvijaju se u tri koraka:

- planiranje ispitivanja,
- sprovođenje ispitivanja i
- obrada rezultata i donošenje odluka.

Uticajni faktori, čije uzimanje u obzir omogućuje formiranje naučno zasnovanih planova skraćenih ispitivanja za ocenu pouzdanosti su:

- količina objekata koja se podvrgava ispitivanjima,
- redosled funkcionalne kontrole u procesu ispitivanja,
- redosled obnavljanja (zamene),
- redosled stupanja na ispitivanja.

#### **4. POVIŠENJE POUZDANOSTI NA OSNOVU MODERNIZACIJE TEHNIČKIH SISTEMA**

Zahtevi za visokom pouzdanošću, koji se postavljaju pred savremene tehničke sisteme, imaju za posledicu da su njihova ispitivanja za ocenu pouzdanosti u uslovima realne eksploatacije

povezana sa velikim utroškom vremena, materijala i novčanih sredstava. Zato se intenzivno istražuju i dobijaju praktičnu primenu različiti postupci ubrzanih ispitivanja, čiji je krajnji cilj sniženje troškova eksploatacije sistema. U svetu, troškovi ispitivanja iznose do 75% od troškova razvoja sistema, što odražava savremenu tendenciju ka povišenju informativnosti analiza. Zato preduzeća treba da budu zainteresovana za sniženje neproizvodnih troškova uslovljenih niskom pouzdanošću tehničkih sistema. Ovo se može postići uvođenjem relativno jeftinih metoda ispitivanja i analize pouzdanosti koje omogućavaju sniženje navedenih troškova. S druge strane, rast troškova ispitivanja za ocenu pouzdanosti dovodi do povišenja troškova eksploatacije i sniženja konkurentnosti tehničkih sistema na svetskom tržištu. Troškovi ispitivanja za ocenu pouzdanosti sistema veoma su značajni. Prema tome, sniženje troškova ispitivanja, što se može postići ubrzavanjem ispitivanja, predstavlja veoma aktuelan problem pri eksploataciji tehničkih sistema. To znači da je važno posedovati takve metode ubrzanih ispitivanja za ocenu pouzdanosti koje bi omogućile, bez gubitka tačnosti analize, dobijanje informacije o pouzdanosti sistema sa manjim utrošcima novčanih sredstava. Pri sprovođenju ubrzanih ispitivanja, za ocenu pouzdanosti nije obavezno podvrgavati ispitivanjima sve celine (elemente) ili kompletan tehnički sistem. Ubrzanim ispitivanjima je

dovoljno podvrgnuti, prema prioritetu, samo one celine ili elemente koji limitirajuće deluju na kvantitativne i kvalitativne parametre pouzdanosti tehničkih sistema.

Postoji niz zastoja i otkaza kod tehničkih sistema koji u toku eksploatacije mogu biti identifikovani postojećim postupcima, kao što su: ručni postupak, mehanizovani postupak i poluautomatski postupak. Međutim, veliki broj zastoja i otkaza ili ostaje neregistrovan (npr. zbog kratkog trajanja) ili se registruje sa greškom (greška usled nepreciznog fiksiranja trenutka pojave otkaza i nastavka rada, greška očitavanja vremena, greška upisivanja podataka u kartu otkaza otkaza,...) ili se ne registruje pravovremeno, što umanjuje objektivnost ocene i analize pouzdanosti tehničkih sistema.

Povišenje efektivnosti ispitivanja za ocenu pouzdanosti ostvaruje se zahvaljujući automatskom on-line registrovanju otkaza, što predstavlja najsavremeniju koncepciju ubrzanih ispitivanja. Razvojem automatskog on-line postupka registrovanja otkaza, sa automatizovanim funkcijama: upravljanja, kontrole stanja, dijagnostike otkaza i generisanja parametara pouzdanosti za eksperimentalna ispitivanja postižu se najviše vrednosti faktora ubrzavanja ispitivanja. Istovremeno, ostvaruje se povišenje tačnosti merenja parametara kroz eliminisanje nabrojanih grešaka registrovanja otkaza tehničkih sistema. Povišenje efektivnosti tehničkih sistema, zasnovano na sniženju troškova eksploatacije, može se postići smanjenjem učestalosti, odnosno skraćanjem trajanja zastoja i otkaza u eksploataciji.

## 5. EKONOMSKI ASPEKTI POUZDANOSTI

Za korisnika, ukupni troškovi posedovanja opreme, u posmatranom trenutku, obuhvataju troškove nabavke, troškove funkcionisanja i troškove održavanja ispravnog stanja.

Troškovi održavanja su utoliko veći, ukoliko je pouzdanost manja; međutim, prodajna cena obično raste sa pouzdanošću, ili sa reputacijom koju konstruktor ima u vezi sa pouzdanošću svojih proizvoda. Stoga, minimalni troškovi posedovanja odgovaraju obično nekoj pouzdanosti što se nalazi između vrlo visoke, koja se skupo plaća, i neke osrednje, koja se ponekad prihvata kod jeftinijih proizvoda.

Sa gledišta konstruktora, troškovi vraćanja proizvoda sa tržišta zavise od njegove pouzdanosti. Naime, povećanje pouzdanosti često zahteva investicije i dodatne izdatke, ali ovi troškovi mogu biti kompenzovani smanjenjem troškova servisiranja proizvoda u garantnom roku. Razmatranje troškova vraćanja proizvoda sa tržišta u funkciji pouzdanosti predstavlja sastavni deo analize vrednosti. Korisna marža, koja se odnosi

na dati proizvod, a predstavlja razliku prodajne cene i troškova vraćanja, menja se u zavisnosti od pouzdanosti. Pri razvoju novog proizvoda konstruktor može da bira nivo pouzdanosti koji mu donosi maksimalni profit. To nije tako jednostavno, jer mora da uzme u obzir da se u zavisnosti od pouzdanosti i cene, menja i obim prodaje. U vezi prethodnog moramo istaći dva važna zapažanja:

- ekonomski optimum, koji određuje konstruktor, ne poklapa se obavezno sa korisnikovim optimumom
- razvoj tehnike i tehnologije često omogućuje poboljšanje pouzdanosti bez povećanja troškova.

## 6. ZAKLJUČAK

Polazeći od postavljenog cilja da proizvod treba da zadovolji funkciju kojoj je namenjen u definisanim uslovima okoline, uz najekonomičniji utrošak materijala i najviši stepen pouzdanosti, dolazimo do zaključka da je analiza pouzdanosti neophodna za dobijanje kvalitetnog proizvoda. Posledice nerazumevanja pouzdanosti su ogromni materijalni gubici i usporavanje tehnološkog napretka u mnogim vitalnim oblastima. Potreba za praćenjem pouzdanosti se sve više nameće. Cena nepouzdanosti ne predstavlja samo cenu proizvoda koji je otkazao, već uključuje i posledice koje je taj otkaz proizveo.

Svi proizvođači moraju proizvoditi pouzdane sisteme i razvijati adekvatan sistem održavanja, koji će korisniku obezbediti minimalne troškove korišćenja, da bi ostali konkurentni na slobodnom tržištu. Pouzdanost sistema direktno utiče na troškove životnog ciklusa. Zato zahtev za pouzdanošću sistema i komponenti nikada nije bio veći, posebno među organizacijama koje imaju za cilj viši stepen konkurentnosti na slobodnom tržištu.

## LITERATURA

- [1] Juran J.M., Frank M Gryna: Planiranje i analize kvaliteta; Privredni pregled, Beograd
- [2] M.Mijanović: Pouzdanost i održavanje; 7. međunarodna konferencija Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću DQM 2004.
- [3] Lj. Papić: Razvoj i automatizacija postupaka efektivnih ispitivanja za ocenu pouzdanosti tehnoloških sistema u industriji, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1992.
- [4] Lj. Radosavljević: Ocenjivanje usaglašenosti programa pouzdanosti proizvoda rizičnih sa aspekta sigurnosti i bezbednosti, 8. međunarodna konferencija Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću DQM 2005.
- [5] Prof.dr Ilija Nikolić: Pouzdanost tehničkih sistema i ljudskog faktora, FON, Beograd, 2003-2004. god.