

**PRILOG ISTRAŽIVANJU POUZDANOSTI VALJAČKIH STANOVA
KAO SVOJSTVA KVALITETA TEHNIČKOG SISTEMA**

**A CONTRIBUTION TO A RESEARCH ON ROLLING MILL STAND
RELIABILITY AS A CHARACTERISTIC OF THE TECHNICAL
SYSTEM QUALITY**

Mr Mustafa Imamović, dipl.inž.maš.
«BH Steel Željezara» Zenica,d.o.o.
Zenica

asis. Sabahudin Jašarević, dipl.inž.maš.
Mašinski fakultet u Zenici
e-mail: sjasarevic@mf-ze.unsa.ba

Ključne riječi: pouzdanost, valjački stan, struktura sistema, funkcija pouzdanosti

REZIME

U radu je prezentirana metodologija i način utvrđivanja funkcija pouzdanosti valjačkih stanova kao složenih tehničkih sistema. Istraživanje je obavljeno na dvije valjačke pruge i došlo se do rezultata koji pokazuju ponašanje valjačkih stanova u procesu rada.. Na kraju je dat prijedlog mogućeg korištenja dobijenih rezultata i metoda istraživanja.

Key words: reliability, rolling mill stand, system structure, reliability function

ABSTRACT

The paper presents the methodology and manner of establishing the reliability function of rolling mill stands as complex technical systems. The research has been conducted on two rolling mill tracks and the results show the behaviour of the rolling mill stands in operation. At the end of the paper, there is suggestion for a potential application of the results and the research methods.

1. UVOD

Pouzdanost valjačkih stanova, kao složenih tehničkih sistema, je jedna od osnovnih eksploataciono - tehničkih karakteristika sistema i predstavlja osnovnu komponentu kvaliteta procesne opreme. Ona se može predvidjeti, mjeriti i kontrolisati.

Danas u literaturi postoji nekoliko definicija pouzdanosti. Međutim može se reći da sljedeća definicija najpotpunije objašnjava šta je pouzdanost. «Pouzdanost je vjerovatnoća, na određenom nivou povjerenja, da će sistem uspješno obavljati funkciju za koju je namjenjen, bez otkaza i unutar specificiranih granica performansi, uzimajući u obzir prethodno vrijeme korištenja sistema u toku specificiranog vremena trajanja zadatka, kada se koristi na propisan način i u svrhu za koju je namjenjen pod specificiranim nivoima opterećenja [1]. Pouzdanost je dakle vjerovatnoća i može poprimiti vrijednosti $0 \div 1$, odnosno u procentima $0 \div 100\%$.

Prvi korak pri utvrđivanju pouzdanosti valjačkih stanova je definisanje strukture sistema. To podrazumijeva definisanje podsistema, sklopova, podsklopova i elemenata koji čine strukturu kao i formiranje strukturnih blok dijagrama veza.

Kako je vrijeme rada i otkaza, ulazna veličina za definisanje funkcija koje karakterišu pouzdanost to je **drugi korak** u istraživanju pouzdanosti, utvrđivanje vremenske slike stanja valjačkih stanova u procesu rada.

Rezultat provedenog postupka prvog i drugog koraka je utvrđivanje osnovnih funkcija pouzdanosti. Osnovne funkcije pouzdanosti su: funkcija (gustina) raspodjele otkaza, funkcija pouzdanosti, funkcija nepouzdanosti i funkcija intenziteta otkaza. Među ovim funkcijama postoje matematičke relacije, a sve se mogu koristiti za ocjenu pouzdanosti sistema. Na osnovu istih je moguće donijeti zaključke o posmatranim tehničkim sistemima kao i predvidjeti dešavanja u budućnosti za njih kao i njima slične sisteme.

2. UTVRĐIVANJE STRUKTURE TEHNIČKOG SISTEMA I NJENA ANALIZA

Struktura tehničkog sistema je rezultat postupka projektovanja na osnovu zadane funkcije kriterija i utvrđenog postupka rada. Pri tome je cilj projektovanja dobivanje izvedbenog projekta tehničkog sistema minimalne složenosti uz ispunjenje funkcije kriterija.

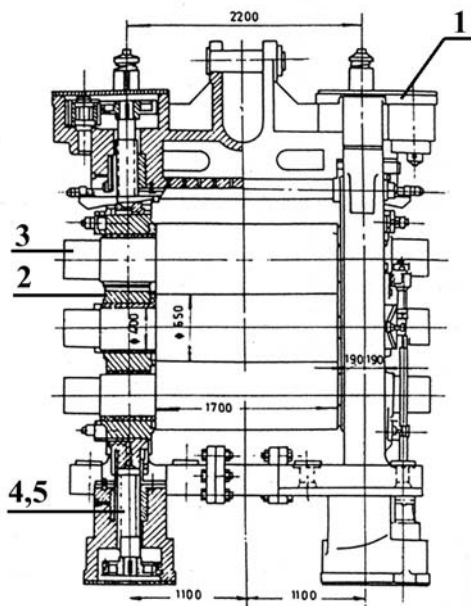
Razmatranja različitih struktura su pokazala da se sve strukture mogu svrstati u tri osnovna slučaja [2] i to :

- ❑ strukture sistema sa rednom vezom podsistema, sklopova, podsklopova i elemenata,
- ❑ strukture sistema sa paralelnom vezom i
- ❑ struktura sistema sa kompleksnom paralelno – radnom vezom.

Pri ovome se iz samih naziva može zaključiti što podrazumijeva koja vrsta strukture.

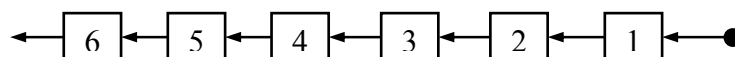
Utvrdjivanje strukture tehničkog sistema znači opredjeljenje kojoj vrsti strukture posmatrani sistem pripada.

2.1. Struktura analiza valjačkog stana



SLIKA 1. VALJAČKI STAN

Valjački stan je tehnički sistem u sklopu valjačke pruge na kojem se vrši plastična deformacija (valjanje) materijala. U osnovi se sastoji od dva stalka (1) u obliku zatvorenog okvira u kojima su ugrađene kolijevke sa ležajevima (2) i valjcima (3) te uređaji za učvršćivanje (4) i podešavanje valjaka (5). (Vidjeti sliku 1). Zadatak tj. funkcija valjačkih stanova je da svojim radnim članovima – valjcima izvrše valjanje materijala koji se nađe između valjaka. Tu su takođe prisutni elementi koji uvode i pridržavaju valjani materijal u toku valjanja. Svaki od ovdje navedenih podsistema se sastoji od više elemenata.

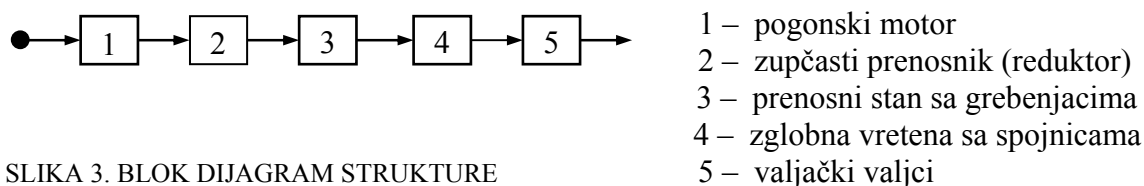


SLIKA 2. BLOK DIJAGRAM STRUKTURE VALJAČKOG STANA

Sa blok dijagrama na slici 2. može se utvrditi da su valjački stanovi koncipirani kao strukture sa rednom vezom podsistema, te da otkaz u radu, bilo kod podsistema iz strukture uslovljava i otkaz valjačkog stana.

2.2. Struktura glavnog pogona valjačkog stana

Glavni pogon valjačkog stana čine mehanizmi kojima se ostvaruje prenos snage i promjena smjera i broja okretaja valjaka te time realizuje proces valjanja. U suštini svi ovi pogoni se sastoje od: pogonskog motora, prenosnog mehanizama i valjačkih valjaka [3]. Za posebne namjene glavni pogoni mogu imati i nešto različite koncepcije. Razlike proističu iz vrsta valjačke pruge (linijska, kontinuirana, cik-cak,...), vrste stana (horizontalni, vertikalni, duo, trio, dvojni duo,) načina pogona svakog valjka te ostalih konceptijskih rješenja. Na slici 3. je prikazana struktura glavnog pogona valjačkog stana koji se najčešće susreće u praksi kao izvedba.



SLIKA 3. BLOK DIJAGRAM STRUKTURE
GLAVNOG POGONA VALJAČKOG STANA

Sa blok dijagrama na slici 3. se može zaključiti da je glavni pogon valjačkog stana koncipiran kao struktura sa rednom vezom podsistema, te da otkaz u radu bilo kog podsistema iz strukture uslovljava i otkaz kompletnog glavnog pogona. Ukoliko otkaze glavni pogon automatski i valjački stan kao sistem dolazi u stanje otkaza. Zbog toga su u ovom radu analizirani glavni pogoni.

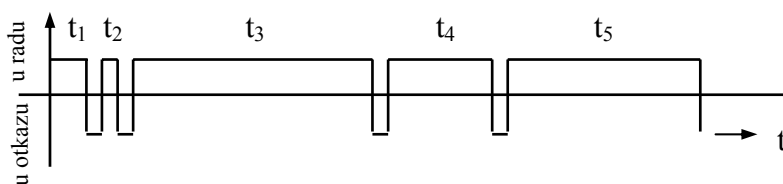
3. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE POKAZATELJA POUZDANOSTI GLAVNIH POGONA VALJAČKIH STANOVA

Podaci koji nastaju kao rezultat ponašanja glavnih pogona valjačkih stanova (GPVS) su slučajnog karaktera i nastaju pod dejstvom velikog broja faktora. Zato je pronalaženje adekvatnog matematičkog modela, kojim se može predstaviti zakonitost ponašanja sa aspekta pojave neispravnosti jedan od osnovnih elemenata prognoziranja i optimizacije. Utvrđivanjem modela raspodjele pouzdanosti mogu se planirati mjere održavanja, predviđati vijek trajanja pojedinih elemenata, plan nabavke rezervnih dijelova, a time povećati kvalitet opreme. Na osnovu utvrđenog oblika raspodjele može se suditi o uzrocima pojave otkaza. Tako npr. logaritamsko normalna raspodjela pojave otkaza upućuje na mogućnost njihove pojave usljed zamora, normalna raspodjela na pojavu otkaza usljed habanja, hiperekspencijalne na pojave otkaza usljed neefikasnog održavanja itd. Određivanje najprikladnijeg modela na osnovu parametara statističkog skupa, je kompleksan zadatak i on se često rješava primjenom odgovarajućeg algoritma. U cilju određivanja pokazatelja pouzdanosti GPVS-a neophodno je provođenje sljedećih aktivnosti: prikupljanje podataka o ponašanju GPVS-a u toku rada, određivanje teorijski zakona raspodjele otkaza koji se realizuje u tri koraka (procjena pokazatelja pouzdanosti određivanje teorijskog modela i testiranje pokazatelja), te ocjena rezultata.

3.1. Vremenska slika ponašanja glavnih pogona valjačkih stanova

Vremenska slika ponašanja GPVS je utvrđena na dva valjačka stana jedne kontinuirane valjačke pruge instalisane u fabrici BHSŽ B&H. Proces rada na toj valjačkoj pruzi se obavlja 24 sata dnevno, te se vremenska slika registrovala u toku svih 24 sata/dan rada. To su valjački

stanovi \varnothing 730 duo, namijenjeni za valjanje gredica iz polufabrikata – blumova. Period eksploatacije ovih valjačkih stanova prije utvrđivanja vremenske slike ponašanja je šest godina rada, a vremenski period u kome se formirala slika ponašanja je period između dva godišnja remonta valjačke pruge. Dio rezultata praćenja ponašanja GPVS je dat u tabeli 1.



SLIKA 4. GRAFIČKI PRIKAZ PONAŠANJA GPVS \varnothing 730 U TOKU RADA.

TABELA 1. VREMENSKA SLIKA PONAŠANJA SISTEMA GPVS \varnothing 730/1

R.b. stanja	Vrijeme u radu, h				
	1 – 5	4,0	2,0	48,7	13,15
5 – 10	15,0	58,7	7,75	30,7	3,5
10 – 15	2,5	53,75	54,75	45,8	122,5
15 – 20	19,5	5,3	61,75	11,0	17,5
20 – 25	7,15	19,5	19,3	13,75	70,15
25 – 30	52,5	57	1,0	33,0	2,15
255-257	98,5	15,0	9,5	8,5	29,5

Utvrđena vremena u radu analiziranog sistema su očito stohastički promjenljive veličine te je njihovu daljnju obradu moguće provesti samo primjenom metoda teorije vjerovatnoće i matematičke statistike.

3.2. Procjena vrijednosti pokazatelja pouzdanosti glavnog pogona valjačkog sistema.

Procjeni vrijednosti pokazatelja pouzdanosti prethodi izbor zakona raspodjele. To je postupak provjere, koji od poznatih zakona, najviše odgovara rezultatima tj. sa kojim zakonom raspodjele se mogu najbolje interpretirati rezultati iz tabele 1. Ova provjera se može izvršiti na više načina ali je najjednostavniji grafička metoda. Ista se sastoji u tome da se za svaku raspodjelu može konstruisati vjerovatnosni papir, čije će koordinatne ose biti takve da usvojeni zakon raspodjele u njima opisuje se kao prava linija. Ako uneseni podaci u vjerovatnosnom koordinatnom sistemu opisuju pravu liniju znači da je pretpostavka ispravna. Pri tome mogu se tolerisati određena odstupanja bez obzira iz kojih izvora potiču. Kako bi se u ocjeni ovih odstupanja dobila potrebna sigurnost koriste se statistički testovi. Ovakvih testova ima više, a među najčešće korištene spadaju testovi: Kolmogorov-Smirnova, test Pirsona i test Romanovskog.[2]. Podaci iz tabele 1. su uneseni u vjerovatnosni papir te su dobiveni sljedeći rezultati.

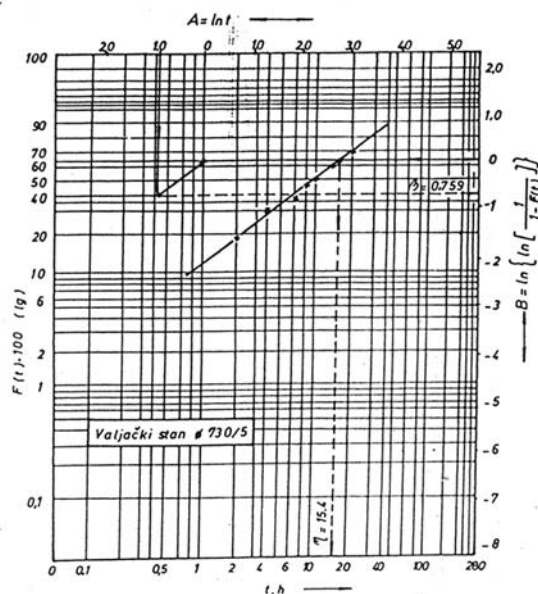
TABELA 2. PARAMETRI VEJBUL-OVE FUNKCIJE.

Vrsta stana	Parametri Vejbulove funkcije	
	β	η
valjački stan \varnothing 730/1	0,759	15,40
valjački stan \varnothing 730/2	0,739	15,26

Za podatke iz tabele 1. koji poprimaju stohastički karakter promjene, je pretpostavljeno da se ponašaju po Vejbulovom zakonu. Podaci za slične sisteme i procese upravo se ponašaju po ovom zakonu [5].

Provjera koliko utvrđeni podaci o vremenskoj slici stanja (u radu) odgovaraju Weibulovoj raspodjeli je provedena grafičkim postupkom – metoda vjerovatnosnog papira a postupak rada je dat u literaturi [4].

Rezultati provjere pretpostavke su dati na grafičkom prikazu, slika 5.



SLIKA 5. GRAFIČKI PRIKAZ ODREĐIVANJA PARAMETARA β i η VEJBULOVE FUNKCIJE.

Analička metoda određivanja parametara oblika (β) i parametra razmjere (η) zasnovana je na metodama najmanjih kvadrata i određuje se prema izrazima:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^{s-1} y_i x_i - \frac{1}{s-1} \sum_{i=1}^{s-1} y_i \sum_{i=1}^{s-1} x_i}{\sum_{i=1}^{s-1} x_i y_i - \frac{1}{s-1} \sum_{i=1}^{s-1} x_i \sum_{i=1}^{s-1} y_i} \quad (1)$$

$$\eta = \exp \left[\frac{1}{s-1} \left(\sum_{i=1}^{s-1} y_i - \beta \sum_{i=1}^{s-1} x_i \right) \right] \quad (2)$$

Prihvatajući Weibulovu dvoparametarsku raspodjelu za stohastičke veličine utvrđene praćenjem ponašanja GPVS u radu, mogu se napisati izrazi za funkcije koje prikazuju ponašanje istraživanih sistema.

Valjački stan Ø 730/1

- Funkcija gustine pojave stanja u otkazu
 $f(t) = 0,049 (t/15,4)^{-0,241} \exp (- (t/15,4)^{0,759}) \quad (1)$

- Funkcija intenziteta otkaza
 $\lambda(t) = 0,049 (t/15,4)^{-0,241} \quad (2)$

- Komulativna vjerovatnoća ispravnog rada
 $R(t) = \exp [-(t/15,4)^{0,759}] \quad (3)$

Valjački stan Ø 730/2

- Funkcija gustine pojave stanja u otkazu
 $f(t) = 0,048 (t/15,26)^{-0,264} \exp [- (t/15,26)^{0,739}] \quad (4)$

- Funkcija intenziteta otkaza
 $\lambda(t) = 0,048 (t/15,26)^{-0,264} \quad (5)$

- Komulativna vjerovatnoća ispravnog rada
 $R(t) = \exp [- (t/15,26)^{0,739}] \quad (6)$

Grafički prikazi funkcija $f(t)$, $\lambda(t)$ i $R(t)$ su prikazani na slici 6. a brojčane vrijednosti u tabeli 3.

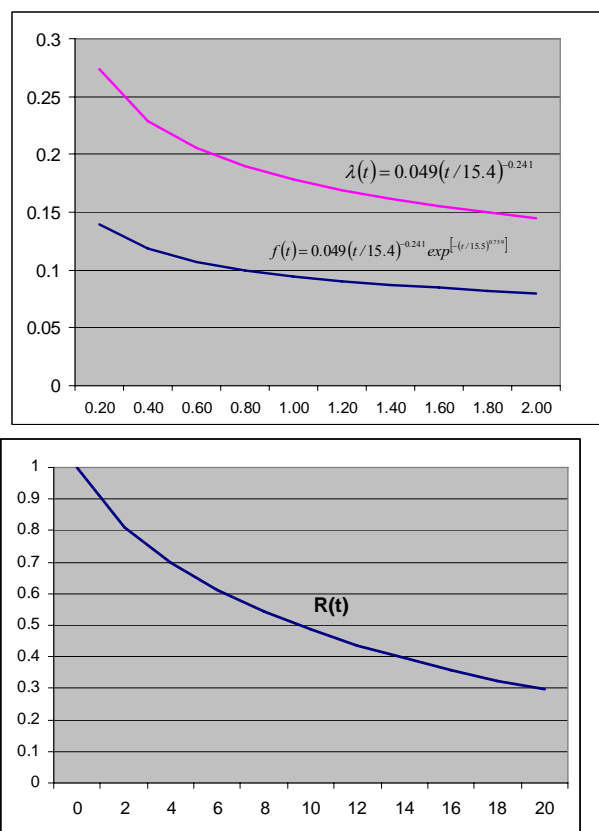


TABELA 3. VRIJEDNOSTI FUNKCIJA $R(t)$, $\lambda(t)$ i $f(t)$ ZA VALJAČKI STAN $\varnothing 730/1$.

t	R(t)	F(t)	t	$\lambda(t)$	f(t)
0.0	1.0000	0.0000	0.0	0.0000	0.0000
2.0	0.8086	0.1914	0.2	0.1396	0.1345
4.0	0.6981	0.3019	0.4	0.1181	0.1109
6.0	0.6133	0.3867	0.6	0.1071	0.0984
8.0	0.5443	0.4557	0.8	0.0999	0.0899
10.0	0.4865	0.5135	1.0	0.0947	0.0835
12.0	0.4371	0.5629	1.2	0.0906	0.0784
14.0	0.3945	0.6055	1.4	0.0873	0.0743
16.0	0.3572	0.6428	1.6	0.0846	0.0707
18.0	0.3244	0.6756	1.8	0.0822	0.0676
20.0	0.2954	0.7046	2.0	0.0801	0.0648

SLIKA 6. GRAFIČKI PRIKAZ FUNKCIJA $R(t)$, $\lambda(t)$, $f(t)$ VALJAČKOG STANA $\varnothing 730/1$.

4. ZAKLJUČAK

Provedenom analizom, utvrđena je metodologija istraživanja pouzdanosti valjačkih stanova i njihovih glavnih pogona. Strukturnom analizom je potvrđena složenost tehničkog sistema koga čini valjački stan, te da podsistemi, sklopovi, podsklopovi i elementi valjačkih stanova formiraju strukture sa rednom vezom elemenata. To znači da otkaz bilo kog podsistema ili elementa uzrokuje otkaz cijelog sistema. Vajbulova dvo parametarska funkcija kvalitetno opisuje funkcije koje karakterišu pouzdanost ovakvih sistema.

Utvrđene funkcije $R(t)$, $f(t)$ i $\lambda(t)$ mogu poslužiti za utvrđivanje optimalnog vremena za periodične preventivne zamjene, generalne revizije te zalihe rezervnih dijelova..

Provedeno istraživanje i rezultati do kojih se došlo mogu biti kvalitetni putokaz za podizanje eksploataciono tehničkih karakteristika valjačkih stanova tj. kvaliteta proizvodnih sistema.

5. LITERATURA

- [1] Nikola Vujanović; «Teorija pouzdanosti tehničkih sistema», Beograd 1987.
- [2] Todorović J., Jelenović D.; «Efektivnost sistema u mašinstvu» Naučna knjiga Beograd 1981.
- [3] Čaušević M.; «Obrada metala valjanjem», Veselin Masleša, Sarajevo 1983.
- [4] Imamović M.; «Istraživanje pouzdanosti valjačkih sistema», Magistarski rad, Mašinski fakultet u Zenici 1990.