

ANALIZA STEPENA KRITIČNOSTI TEHNOLOŠKIH SISTEMA

Milan Đurić, Rafinerija ulja Modriča, 74000 Modriča, Republika Srpska,
e-mail: milandj@modricaoil.com

mr Mile Stojilković, NIS Rafinerija nafte Novi Sad, 21000 Novi Sad, Put Šajkaškog odreda 4,
e-mail: miles@ptt.yu

Apstrakt: *Da bi se ocenila kritičnost nekog tehničkog sistema neophodno je sprovesti postupke analize kritičnosti delova sistema sa aspekta mogućnosti nastanka i posledica pojave otkaza. Analize otkaza, koje se sprovode tokom celog životnog veka nekog proizvoda, najčešće se vrše sa ciljem utvrđivanja i izolovanja uzročnika otkaza, kao i za definisanje preventivnih i naknadnih intervencija.*

Pod pojmom analiza otkaza smatra se postupak koji ima za cilj utvrđivanje nekih od navedenih karakteristika:

- *otkaza nastalih usled degradacije maziva,*
- *otkaza usled nepravilnog podmazivanja,*
- *otkaza zbog neodgovarajućeg kvaliteta maziva,*
- *mehanizma nastajanja otkaza,*
- *otkaza zbog greške u konstrukciji,*
- *uzroka, oblika i posledice otkaza*

Jedna od najpogodnijih metoda za analizu otkaza je analiza stabla otkaza (FTA-Fault Tree Analysis).

Ključne reči: *1. Kritičnost sistema, 2. Stablo otkaza, 3.*

ANALYSIS OF THE CRITICALITY LEVEL OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Apstrakt: *In order to evaluate the criticality of a technological system it is necessary to apply a procedure of the criticality analysis of system parts from the point of view of a possible development and fault effects. Fault analysis, performed throughout a lifecycle of a product, are mostly conducted with the purpose to determine and isolate the cause of the fault, as well as to define precaution measures and subsequent interventions.*

Under the term fault analysis we understand the procedure for determining some of the following characteristics:

- *faults due to degradation of the lubricant,*
- *faults due to incorrect lubrication,*
- *faults due to poor quality of the lubricant,*
- *mechanism of fault development,*
- *fault due to construction error,*
- *cause, type and effect of fault*

One of the optimal methods of fault analysis is FTA-Fault Tree Analysis.

Key words: *1. Criticality of the system, 2. Fault tree*

UVOD

Pri projektovanju efikasne funkcije podmazivanja, osnovni ciljevi podmazivanja se mogu ostvariti pravilnim podmazivanjem elemenata svih tribomehaničkih sistema koji se kao osnovne jedinice nalaze u sastavu podsklopova i sklopova mašina i opreme industrijskih sistema. Pravilno podmazivanje podrazumeva snabdevanje svakog mesta za podmazivanje:

- odgovarajućim mazivom,
- određenom količinom maziva
- u određenim intervalima i
- pomoću određenih uređaja.

Za odvijanje proizvodnog procesa svi tehnološki sistemi nisu od podjednake važnosti, odnosno jedni su više a drugi manje kritični. Neophodan uslov za projektovanje sistema podmazivanja je upoznavanje tehnološkog procesa, načina funkcionisanja, kao i njihovih karakteristika.

Svaki sistem ili deo sistema može se naći u jednom od dva osnovna stanja:

- Stanje U RADU, koje podrazumeva da sistem uspešno vrši postavljenu funkciju kriterijuma, odnosno da su parametri funkcije kriterijuma unutar granica dozvoljenih odstupanja i
- Stanje U OTKAZU, koje označava neizvršavanje postavljene funkcije kriterijuma, odnosno funkcionisanje sistema izvan granica dozvoljenih odstupanja funkcije kriterijuma.

OCENA STEPENA KRITIČNOSTI

Postupak ocene stepena kritičnosti sprovodi se analizama:

- karakteristika tehnološkog sistema,
- direktnih i indirektnih troškova podmazivanja,
- zahteva za sigurnost tehnoloških sistema i procesa

Analiza karakteristika tehnološkog sistema

Ocena kritičnosti tehnoloških sistema podrazumeva analizu karakteristika:

- učinaka tehnoloških sistema, koji se razlikuju kako u pogledu projektom zahtevanih veličina, tako do realno izvedenih i stvarno ostvarenih učinaka,
- kapaciteta tehnoloških sistema, koji može biti: *potencijalni* (izražava maksimalnu količinu rada koju jedan tehnološki sistem može dati u posmatranom vremenskom periodu), *raspoloživi* (vremenski izražena količina rada tehnološkog sistema po odbitku vremena potrebnog za aktivnosti remonta i godišnji odmor zaposlenih) i *efektivni* (vremenski izražena količina rada tehnološkog sistema u datim uslovima i datom režimu rada pogona, pri čemu su uzeti u obzir i stepen iskorišćenja tehnološkog sistema i planirani zastoji opreme).

Ocena kritičnosti tehnoloških sistema, sa aspekta troškova podmazivanja, podrazumeva rangiranje opreme na osnovu nivoa ukupnih troškova podmazivanja u posmatranom periodu. Ukupni troškovi podmazivanja tehnološkog sistema se iskazuju u:

- apsolutnom iznosu,
- odnosu na tekuću vrednost tehnološkog sistema,
- odnosu na nabavnu vrednost opreme,
- odnosu na prihod i dobit itd.

pri čemu se obuhvataju:

- direktni troškovi (rad na podmazivanju, maziva, administracija i organizacija podmazivanja),
- indirektni troškovi (gubici nastali usled neostvarene proizvodnje, koji su posledica pojave stanja u otkazu)

Mera rizika od pojave neočekivanih otkaza, u velikoj meri zavisi od prirode tehnološkog procesa i kvaliteta podmazivanja. Proizvodni procesi sa visokim stepenom rizika pojave otkaza, najčešće se analiziraju

još u fazi projektovanja sistema, kada su isti dokumentovani u pogledu mogućih uzroka i posledica neispravnosti i neophodnih mera zaštite. Takođe su, zakonskim i internim propisima, definisane mere provera i zaštita elemenata sistema, što može poslužiti za ocenu kritičnosti u pogledu sigurnosti. Procesi, ili delovi procesa, kod kojih je visoka verovatnoća pojave otkaza sa katastrofalnim posledicama (po izvršioce, okolinu ili u pogledu nastale štete), zahtevaju sprovođenje verovatnosne analize rizika i sigurnosti rada sistema pomoću, za tu namenu, razvijenih metoda.

Analiza stepena kritičnosti delova sistema

Nakon analize kritičnosti tehnoloških sistema sprovodi se postupak analize kritičnosti delova sistema sa aspekta mogućnosti nastanka i posledica pojave otkaza. Analize otkaza, koje se sprovode tokom celog životnog veka nekog proizvoda, najčešće se vrše sa ciljem utvrđivanja i izolovanja uzročnika otkaza, kao i za definisanje preventivnih i naknadnih intervencija.

Pojam analiza otkaza podrazumeva i analizu troškova podmazivanja, uticaj ljudskog faktora na otkaz sistema i slično. Pod pojmom analiza otkaza smatra se postupak koji ima za cilj utvrđivanje nekih od navedenih karakteristika:

- otkaza nastalih usled degradacije maziva,
- otkaza usled nepravilnog podmazivanja,
- otkaza zbog neodgovarajućeg kvaliteta maziva,
- mehanizma nastajanja otkaza,
- otkaza zbog greške u konstrukciji,
- uzroka, oblika i posledice otkaza

Da bi se ocenila kritičnost delova nekog tehnološkog sistema, neophodno je odrediti navedene parametre. Postupak podmazivanja je dinamički proces kontrole i analize stanja maziva i sistema za podmazivanje, sa merama koje treba preduzeti pre nego što se javi katastrofalno oštećenje ili otkaz. To znači da savremena strategija podmazivanja uključuje upravljanje procesom kao dinamičkim sistemom, što je posebno značajno za tribomehaničke sisteme.

Analiza stabla otkaza

Jedna od najpogodnijih metoda za analizu otkaza je analiza stabla otkaza (FTA-Fault Tree Analysis). To je deduktivna metoda koja se često primenjuje u dijagnostici s obzirom da omogućuje predviđanje najverovatnijih uzroka otkaza sistema. Neželjeni efekti (vršni događaji), određuju se induktivnim metodama. Cilj konstruisanja stabla otkaza je modeliranje uslova koji rezultuju pojavu vršnog, neželjenog otkaza. To znači da se ova procedura koristi za analizu potencijalnih defekata i njihovih uzročnika.

Analiza počinje kvalitativnim definisanjem neželjenog događaja, a zatim se dedukcijom, prolazeći kroz konfiguraciju sistema, pronalaze otkazi elemenata sistema i proceduralne greške koje mogu dovesti do neželjenog događaja.

Metodologija analize stabla otkaza obuhvata, slika 1:

- a) određivanje vršnog događaja,
- b) upoznavanje načina rada sistema koji se analizira,
- c) konstrukciju stabla otkaza,
- d) usvajanje stabla otkaza,
- e) ocenu stabla otkaza i
- f) obezbeđenje preporuka i alternativa za donošenje odluka

Određivanje vršnog događaja. Kada se analiza otkaza vrši sa ciljem određivanja kritičnosti delova sistema, za vršni događaj se bira otkaz sistema, pri čemu se isti mora u potpunosti definisati, da bi se događaji koji dovode do vršnog stanja mogli jasno prepoznati.

Upoznavanje načina rada sistema koji se analizira. Logička i kompletna analiza, kojom se povezuju svi potrebni i dovoljni uslovi za realizaciju vršnog događaja, može se izvršiti samo ukoliko se upozna način

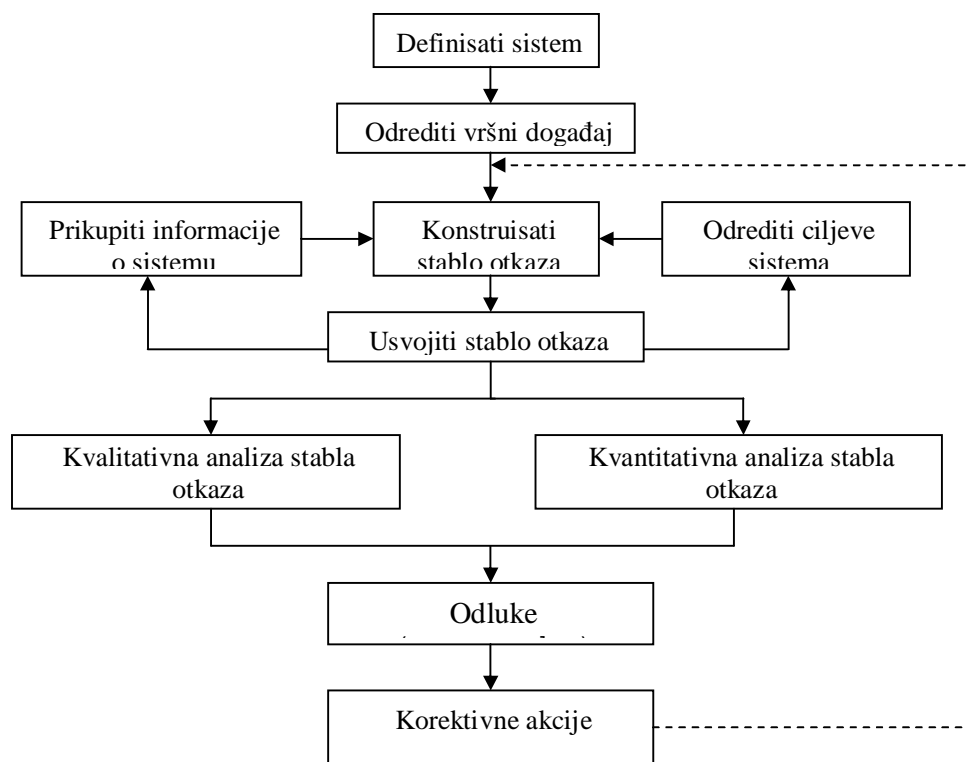
rada sistema, elemenata sistema, kao i međusobnih odnosa i veza. Osnovne informacije se mogu dobiti iz: tehničkih crteža, šema, dijagrama, priručnika za rukovanje, održavanje i podmazivanje. Pored toga, kao podaci iz procesa, koriste se izveštaji o podmazivanju i karte otkaza tehnoloških sistema.

Konstrukcija stabla otkaza vrši pomoću standardizovanih simbola događaja i prenosa, prikazanih na slici 2.

Usvajanje stabla otkaza. Nakon završetka konstrukcije stabla otkaza, pristupa se proveru tačnosti i kompletnosti stabla, sa ciljem utvrđivanja propusta i/ili eventualnih grešaka s obzirom da mora biti zadovoljena: namena stabla, funkcionalna uslovljenost i logika realizacije vršnog događaja, što pretpostavlja da događaji na ulazu u logičke kapije moraju biti potrebni i dovoljni.

Ocena stabla otkaza. Posle usvajanja, vrši se kvalitativna i kvantitativna analiza stabla otkaza. Kvalitativna ocena predstavlja određivanje minimalnog preseka skupa događaja, koji uslovljava pojavu vršnog događaja. Kvantitativnoj oceni stabala otkaza prethodi određivanje ili procena srednjeg vremena do pojave otkaza i srednjeg vremena trajanja otkaza, a nakon ove procene, simuliraju se otkazi, odgovarajućim statističkim postupkom, sa ciljem određivanja verovatnoće pojave neželjenog događaja, obuhvatajući pri tome sve moguće puteve u stablu otkaza.

Slika 1: Metodologija analize stabla otkaza

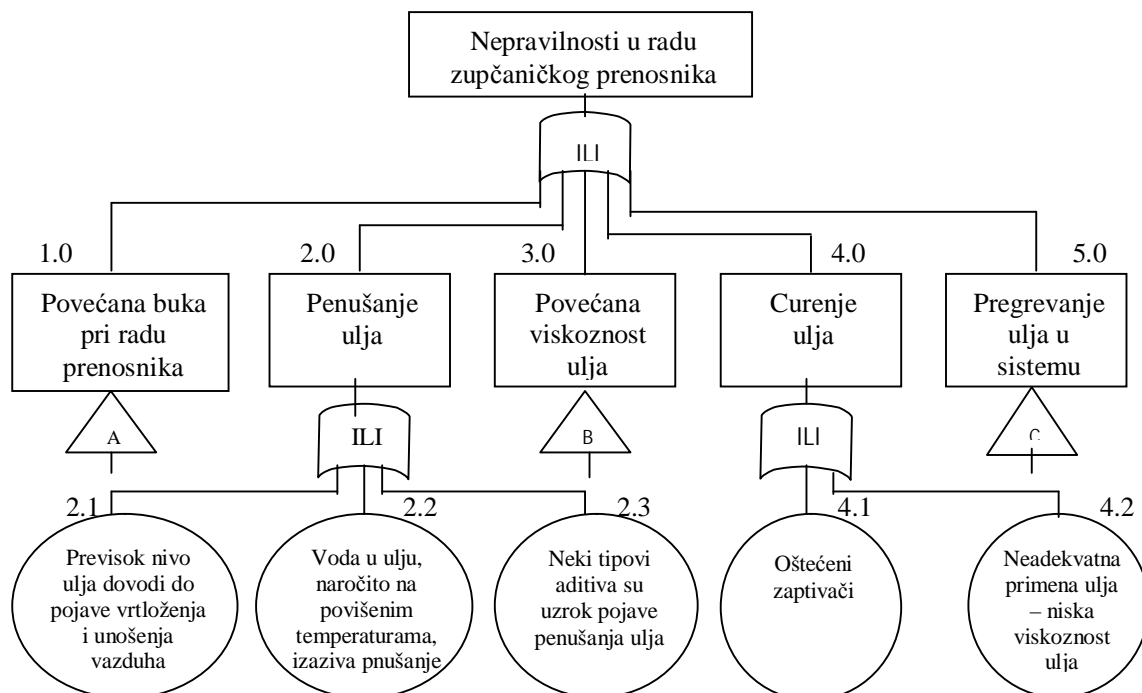


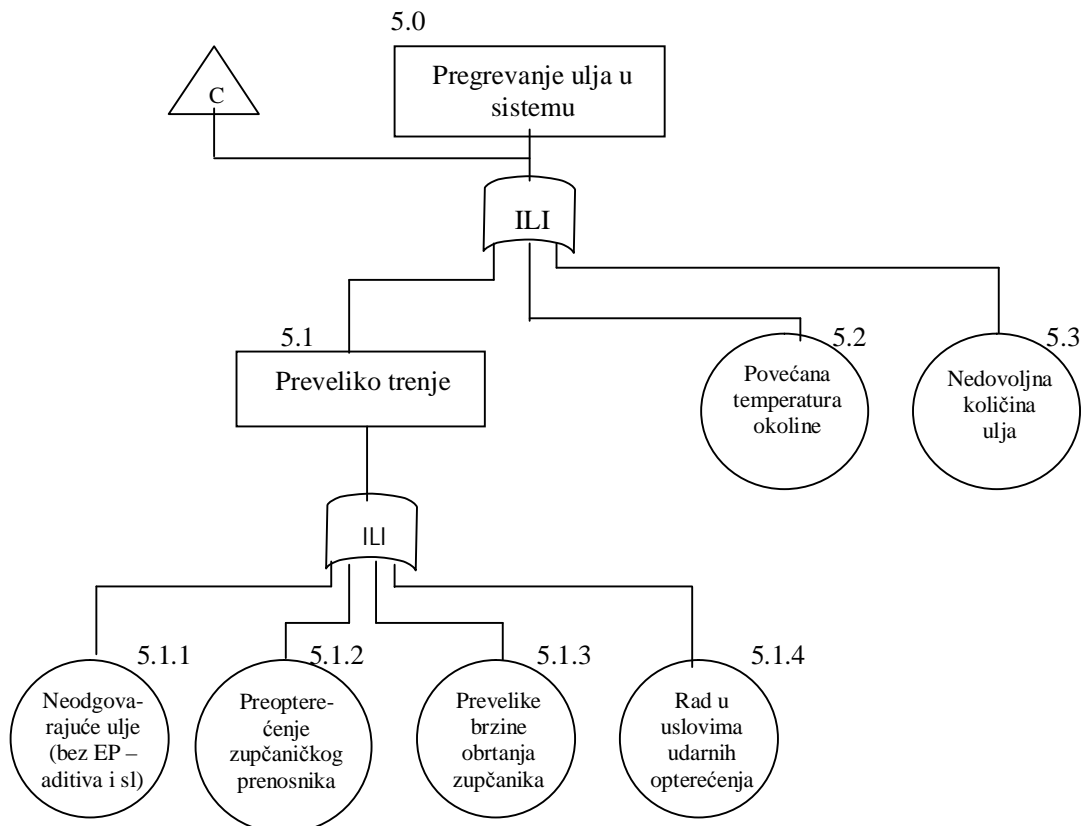
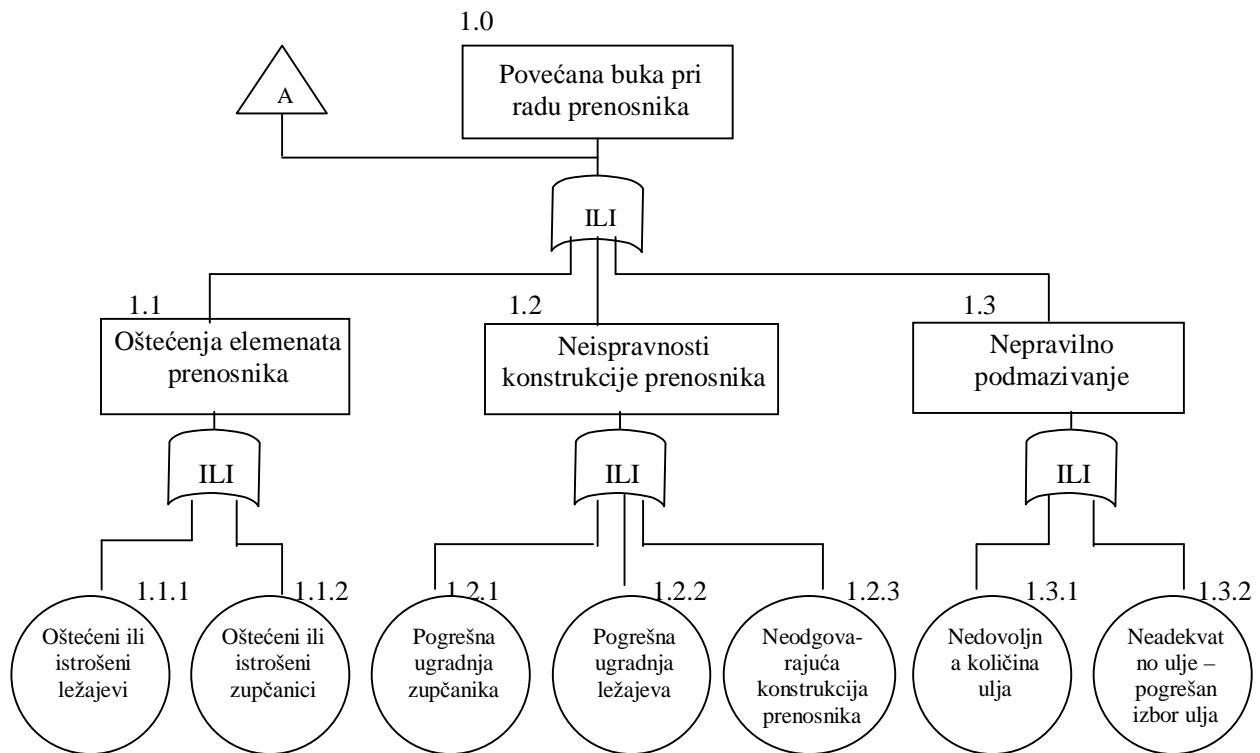
Slika 2: Standardni simboli FTA metode

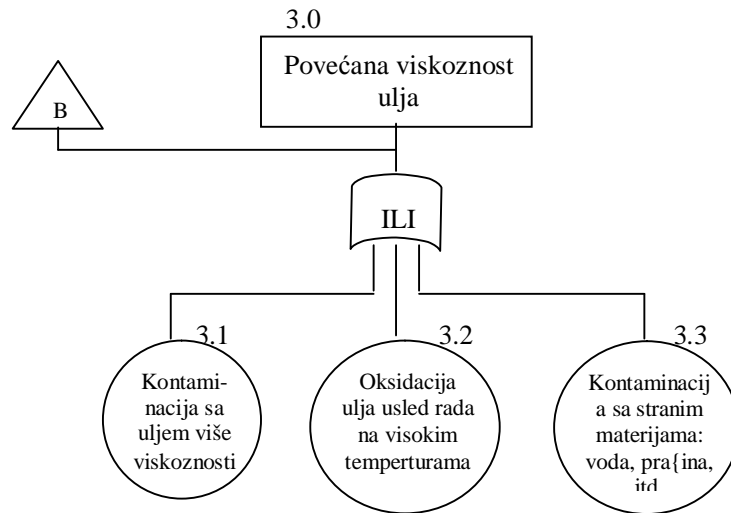
NAZIV	SIMBOL	OPIS
Događaj na izlazu iz kapije ili opšti događaj		Događaj koji se javlja kao posledica logičke kombinacije ulaznih događaja koji deluju kroz logičku kapiju.
Bazični događaj		Događaj koji ne zahteva dalje razvijanje. To je nezavisan događaj koji se koristi samo kao ulaz u logičku kapiju.
Nerazvijeni događaj		Događaj koji nije razvijen do sopstvenog uzroka. Razvoj je prekinut zbog nepostojanja raspoloživih informacija ili sredstava, ili zbog niskog rizika.
Normalno očekivani događaj		Događaj čije se pojavljivanje prirodno očekuje tokom normalnog funkcionisanja sistema.
Zadovoljavajući događaj		Događaj na izlazu iz logičke kapije koji u sistem jednostavno postoji, a koristi se da pokaže upotpunjenost logičke analize.
I kapija		Logička kapija koja proizvodi izlaz samo ukoliko se dese svi ulazni događaji. Sadrži identifikacionu reč "I".
ILI kapija		Logička kapija koja proizvodi izlaz ukoliko se desi jedan ili više ulaznih događaja. Sadrži identifikacionu reč "ILI".
Uslovna kapija		Uslovni događaj koji neke uslove ili ograničenja primenjuje na bazičnu logičku kapiju ili izlazni događaj. Uslov koji se nameće upisuje se u elipsu, npr. definisanje redosleda pojavljivanja ulaznih događaja.
Osnovni prenos		Koristi se za prenošenje podstrukture iz neke druge grane ili druge stranice. Posедуje identifikaciono veliko slovo. Za prenose unutar iste grane koriste se mala slova.
Prenos sa druge stranice		Vertikalna strelica usmerena prema bazi simbola označava prenos iz grane koja se nalazi na naznačenoj stranici
Prenos pretpostavljenog rizika		Koristi se za prenos pretpostavljenog rizika sa bilo kog mesta na stablu na događaj pretpostavljenog rizika. Broj pretpostavljenog rizika upisuje se u simbol.

Primer stabla otkaza (FTA) zupčaničkog prenosnika prikazan je na slici 3.

Slika 3: Primer stabla otkaza (FTA) zupčaničkog prenosnika







ZAKLJUČAK

Događaj koji izaziva prelaz iz stanja u radu u stanje u otkazu, t.j. koji onemogućava dalje izvršenje zadate funkcije kriterijuma, predstavlja otkaz. Otkaz kao slučajan događaj služi za određivanje verovatnoće prelaza iz stanja u radu u stanje u otkazu, što predstavlja nepouzdanost. Verovatnoća izvršavanja postavljene funkcije kriterijuma u datom vremenu i datim uslovima okoline predstavlja pouzdanost i izračunava se primenom definicije verovatnoće.

Danas postoje jasno definisane klasifikacije otkaza za pojedine i najvažnije korišćene elemente mašina, razvijene su tehnike za njihovo rano otkrivanje, kao i procedure za njihovu analizu.

Prikazan je jedan karakterističan primer stabla otkaza zupčaničkog prenosnika koji dokazuje primenljivost navedene metode. On je izabran iz niza sličnih primera sa ciljem da se prikaže značaj analize stepena kritičnosti delova sistema sa aspekta podmazivanja.

LITERATURA

- [1] Stanivuković, D., Kecojević, S., (1995), Održavanje – prilaz projektovanju i upravljanju, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad
- [2] Stanivuković, D., Milanović, N., (1990), Organizacija sredstava za rad, Novi Sad
- [3] Stojilković, M., (2001), Primena maziva, YUNG, Beograd
- [4] Grupa autora, (1996), Analiza stabla otkaza mašinskih elemenata i mogućnosti primene njenih rezultata, Kragujevac
- [5] Stanivuković, D., Savić, V., Stojilković, M., Beker, I., Đurđević, K., (2000), Procesi podmazivanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad