

FUNKCIJA POGODNOSTI ODRŽAVANJA VEZE REDUKTORA I POGONSKOG BUBNJA NA TRAČNIM TRANSPORTERIMA

FUNCTION OF MAINTAINABILITY ON EXAMPLE OF CONNECTING LINK BETWEEN GEAR BOX AND DRIVE PULLEY ON BELTS CONVEYOR

Mr Miloš Tanasijević, dipl.ing.rudarstva,
 Prof.dr Slobodan Ivković, dipl.ing.mašinstva,
 Mr Predrag Jovančić, dipl.ing.rudarstva,
 Rudarsko-geološki fakultet, Beograd



REZIME:

U radu je iznet model analize konstrukcije veze reduktor – pogonski bubanj, na tračnim transporterima, primenjenim na površinskim kopovima lignita u Srbiji. Analiza se zasniva na vremenima potrebnim za demontažu date veze. U radu se posebno ističe značaj ovakvog istraživanja, sa stanovišta novčanih pokazatelja vremena provedenog u radu, sistema za kontinualnu eksploataciju lignita.

Ključne reči: veza reduktor – pogonski bubanj, demontaža, vreme u otkazu

ABSTRACT:

This article presented a form of analyses connecting link between gear-box and drive pulley, on the belt conveyor, applied on the open step mines of lignite in the Serbia. Analyses are based on times of disassembling that connection. Also, paper especially gives emphasis to considered research, out looking of economical aspect of work these expensive systems of exploitation ignites.

Key words: Connecting link gear box – drive pulley, disassemble, down time

1. UVOD

Dominantan položaj u transportu rasutih materijala zauzimaju transportne trake zahvaljujući nizu prednosti kao što su: njihova ekonomičnost (podrazumeva niske troškove radne snage i male energetske zahteve kao i niske troškove održavanja) i bezbednost u radu, pouzdanost, raznovrsnost, praktično neograničen raspon kapaciteta, takodje su pogodno za obavljanje brojnih procesnih funkcija, njihov rad je u potpunosti usaglašen sa zahtevima zaštite životne sredine i sigurnosti na radu.

Na površinskim kopovima lignita u Elektroprivredi Srbije za transport otkrivke i uglja isključivo se koriste transporteri sa gumenom trakom, čija se širina kreće od 1200 do 2000 mm, brzine od 3,5 do 5,4 m/s i kapaciteta do 8000 m³/h. Ukupna dužina transportera na površinskim kopovima lignita u Srbiji je 117.500 metara, pri čemu je u Kolubarskom basenu instalirano 43.500 metara, Kostolačkom basenu 27.000 metara, i Kosovskom basenu 47.500 metara. Značaj navedenih sistema posebno dolazi do izražaja

ako se zna da u strukturi ukupnih energetske rezervi Srbije, uglj učešćuje sa preko 84%. Pri tome ilustrativno je pomenuti da u zimskom periodu kada je struja i najpotrebnija, oko 75% električne energije proizvode termoelektrane na lignit. Primera radi tokom 2003. godine od ukupno proizvedenih 33.436 GWh, termoelektrane na uglj su proizvele 23.712 GWh, odnosno oko 70%.

Danas su na kopovima još uvek dominantna klasična transportna pogonska postrojenja. U svetu se uočava razvojna tendencija u oblasti projektovanja ovih postrojenja. U poslednje dve decenije pogonski i upravljački deo transportera su posebno unapredjeni. Posebno su intezivirana proučavanja prelaznih procesa koja se javljaju kod pokretanja i zaustavljanja transportera. U razvijenim rudarskim zemljama sve je veći broj transportera sa gumenom trakom opremljeni pogonima sa promenljivom brzinom, baziranim na primeni frekventnih pretvarača. Takodje i istraživanja iz oblasti teorije pouzdanosti i teorije

održavanja, primenjena na tračni transporter kao sistem ili na njegove elemente, predstavljaju bitan aspekt unapredjenja konstrukcije tračnog transportera, odnosno povećanje vremenskog iskorišćenja rada samog sistema BTO (BTU), tj. povećanja intervala vremena u radu, odnosno smanjenja intervala vremena u otkazu.

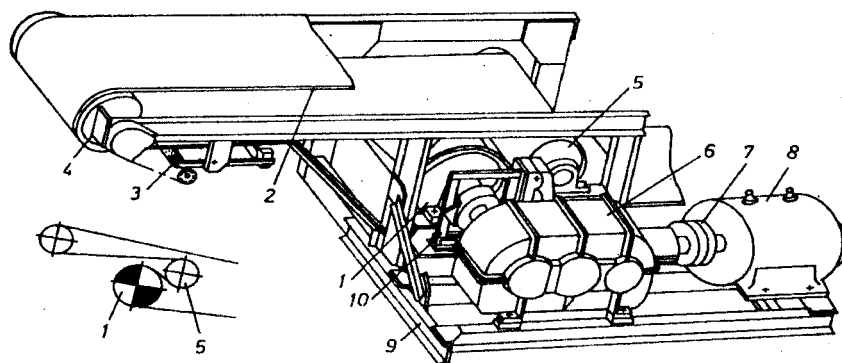
2. ANALIZA POGODNOSTI ODRŽAVANJA KAO VID UNAPREDJENJA KONSTRUKCIJE TRAČNOG TRANSPORTERA

Analiza funkcije pogodnosti održavanja, kao karakteristike vremena u otkazu tehničkog sistema, odnosi se na ukupno dejstvo svih činilaca koji utiču na sistem održavanja i njegov kvalitet. Nedostatak takve analize je nemogućnost izdvojenog dejstva pojedinih činilaca, pa ni dejstva same konstrukcije posmatranog tehničkog sistema na sistem održavanja, odnosno na vreme u otkazu datog tehničkog sistema. Nije sporno da sama konstrukcija utiče u velikoj meri na pogodnost održavanja, što se najbolje dokazuje posmatranjem po funkciji sličnih sistema ali različitog konstrukcijskog izvođenja. Razlike u parametrima pogodnosti održavanja mogu u tom slučaju biti dosta velike. Pogodnost održavanja posmatrana kao skup konstrukcijskih karakteristika koje utiču na vreme otklanjanja otkaza ili na vreme obavljanja drugih postupaka održavanja, predstavljaju »unutrašnje« svojstvo datog tehničkog sistema. Tako da se ova funkcija naziva i Konstrukcijska pogodnost održavanja ili Popravljivost.

Konstrukcijska pogodnost održavanja jednog tehničkog sistema u najvećoj meri može da se iskaže preko pokazatelja: tehnološkičnosti, potrebnih alata i opreme, unifiranosti i standardizovanosti, manipulativnosti, kao i tehnološkičnosti identifikacije i lociranja nastalog otkaza, odnosno mogućnosti prepoznavanja stanja koje traži postupke održavanja – dijagnostici. Primećuje se da navedena obeležja konstrukcijske pogodnosti održavanja u velikoj meri utiču jedna na druge, i da njihova dejstva teško da se ponekad mogu razgraničiti. Sigurno je da su konstruktivnog karaktera, i da o njima treba razmišljati još u postupku projektovanja tehničkog sistema, eventualno u postupku rekonstrukcije.

Postavlja se pitanje koji pokazatelj daje najrealniju sliku o karakteru Konstrukcijske pogodnosti održavanja. Jasno je da analiza funkcije pogodnosti održavanja ne daje pravu sliku konstrukcijske pogodnosti održavanja, bez detaljnog poznavanja uticajnih faktora na analizu, odnosno bez prave slike o celokupnom procesu održavanja datog tehničkog sistema.

Posmatra se analizirani tehnički sistem – tračni transporter, odnosno detalj: veza između reduktora i pogonskog bubnja. Prenos snage tj. obrtnog momenta sa izlaznog vratila reduktora na vratilo pogonskog bubnja tračnog transportera može se ostvariti na više načina. Izlazno vratilo reduktora javlja se u dva konstrukcionana rešenja: kao puno i kao šuplje. Kod varijante sa punim vratilom, prenošenje obrtnog momenta na vratilo bubnja se ostvaruje krutim spojnica, koje su vezane za vratila presovanim sklopom ili steznim prstenima. Prenos obrtnog momenta sa šupljeg na puno vratilo najčešće se ostvaruje preko steznog prstena, a redje preko steznog sloga ili uzdužnim klinom bez nagiba.



Slika 1. Pogonska stanica:

1. pogonski bubanj, 2. traka, 3. čistač trake, 4. pretovarni bubanj, 5. usmeravajući bubanj, 6. reduktor, 7. DETALJ ANALIZIRANE VEZE (na slici spojnica), 8. elektromotor, 9. noseća konstrukcija pogona, 10. kočnica.

Ukoliko se izuzme navedeni detalj veze može se slobodno reći da se transporteri, posmatrani kao tehnički sistemi, ne razlikuju među sobom, ni po konstruktivnim a ni po logističkim parametrima sistema održavanja. Analizom pogodnosti održavanja navedene veze, dolazi se do zaključka da bi se razlika pokazatelja pogodnosti održavanja upravo stvorila zbog razlike u konstrukcijskoj pogodnosti održavanja, pod uslovom da su logistički parametri sistema održavanja konstantni tokom vremena, kroz sve segmente službe održavanja.

Kao karakteristična radnja održavanja može se navesti razdvajanje reduktora od pogonskog bubnja, odnosno demontaža navedene veze. Posmatrajući više modela veze na istim tračnim transporterima, na istom kopu, odnosno koji se održavaju na isti način od strane iste službe održavanja, može se reći da je vreme demontaže te veze potpuno dovoljan podatak za analizu koja je veza najpogodnija sa stanovišta pogodnosti održavanja. Takođe vreme demontaže može da posluži kao osnovni kriterijum eventualne rekonstrukcije date veze, na osnovu potreba pogodnosti održavanja. Sama operacija demontaže je konstrukcijska karakteristika i usko je spregnuta sa navedenim pokazateljima konstrukcijske pogodnosti održavanja. Sigurno da je postupak demontaže spregnut i sa logističkom podrškom održavanju, ali je u navedenom slučaju ona identična za sve modele veze, te se na taj način, uslovno rečeno, praktično poništava.

Navedeni primer predstavlja odgovor na postavljeno pitanje koji pokazatelj daje najrealniju sliku o karakteru konstrukcijske pogodnosti održavanja. Pri analizi pogodnosti održavanja sistema koji rade sa potpuno istom logističkom podrškom održavanju, razlike koje se prave u parametrima pogodnosti održavanja su rezultat upravo konstrukcijske pogodnosti održavanja sistema. Navedeni zaključak posebno je primenljiv kod analize opravdanosti rekonstruisanog rešenja.

3. FUNKCIJA POGODNOSTI ODRŽAVANJA VEZE REDUKTOR – POGONSKI BUBANJ

Eksploataciju tehničkih sistema redovno prate promenljivi radni uslovi, intenzitet opterećenja, kvalitet korišćenja i održavanja, koji posredno ili nepo-

sredno utiču na pokazatelje pogodnosti održavanja. U svetu se danas razvija veliki broj metoda i tehnika za predviđanje pokazatelja pogodnosti održavanja kao i pouzdanosti.

Kao jedna od najpogodnijih metoda može se navesti metoda analize funkcije pogodnosti održavanja, i to upravo na osnovu vremena demontaže veze. Funkcija pogodnosti održavanja se po definicij izražava kao:

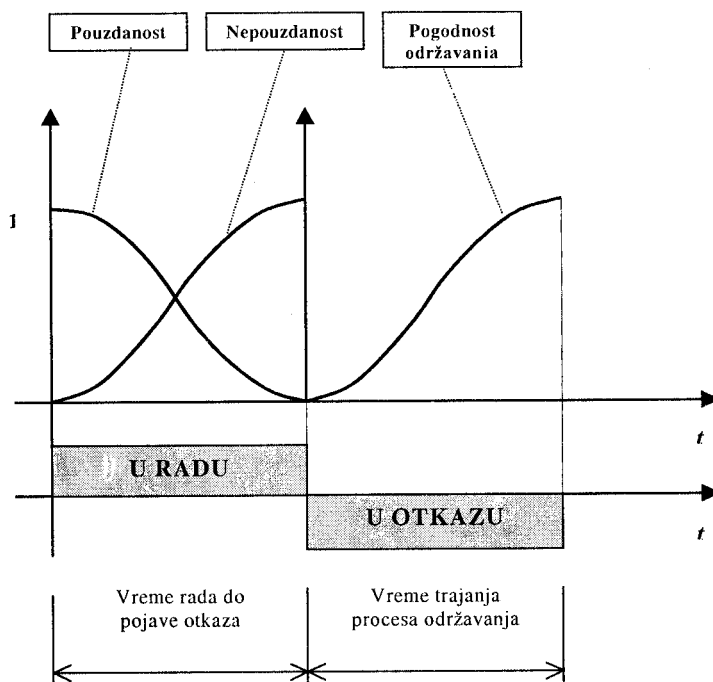
$$M(t) = \int_0^t f(t_0) dt$$

- gde je t_0 vreme trajanja postupka održavanja, a $f(t_0)$ funkcija gustine verovatnoće ovog vremena. Zastoji zbog održavanja tehničkog sredstva.

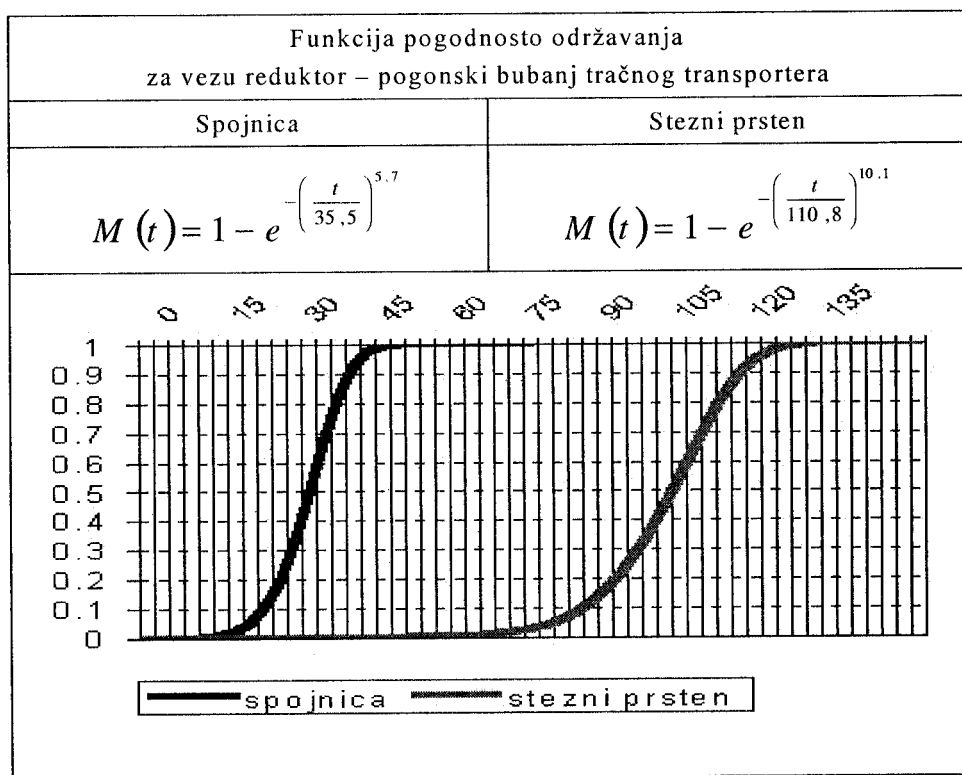
Vreme u otkazu t_0 , odnosno neposredno trajanje održavanja tehničkog sistema, predstavlja slučajnu veličinu, koja podleže nekom zakonu raspodele $f(t_0)$. Navedena raspodela predstavlja karakteristiku celog sistema održavanja i dobro karakteriše sve uticajne činioce i njihovo dejstvo, a time i primenjenu strategiju održavanja. Praktikuje se da se raspodela vremena trajanja postupaka održavanja izražava kao jedna od funkcija verovatnoće, na indentičan način kao i u teoriji pouzdanosti odnosno nepouzdanosti.

Bez detaljnog ulaženja u postupak definisanja navedene funkcije (detaljno razradjeno u [1]), odnosno prikupljanja i obrade podataka o vremenu postupka održavanja (vreme demontaže veze reduktor – pogonski bubanj) na bazi teorije verovatnoće; u ovom radu biće dat samo zaključak analize funkcije pogodnosti održavanja. Kao modeli veze koji su najčešći u primeni i sa stanovišta nauke o opštim mašinskim konstrukcijama su najpogodniji za primenu [1], razmatraju se već opisani model veze sa spojnicom vezanom za vratilo presovanim sklopom i model veze sa steznim prstenom. Kao funkcija koja najbolje aproksimira podatke o vremenu demontaže veze, pokazale se dvoparametarska Weibull-ova funkcija.

slika 2.
Funkcije
pouzdanosti i
pogodnosti
održavanja



Slika 3.
Funkcija
pogodnosti
održavanja,
za
razmatrani
model veze



Funkcija pogodnosti održavanja kao funkcija verovatnoće, predstavlja monotono rastuću funkciju. Za vreme trajanja postupka održavanja $t_o = 0$ funkcija pogodnosti održavanja ima vrednost jednaku nuli $M_o(0) = 0$. Ukoliko je i vreme održavanja duže i vrednost funkcije pogodnosti održavanja biće veća. Pri upoređenju dva sistema održavanja, bolji je onaj koji za isto vreme trajanja procesa održavanja ima

veću vrednost funkcije pogodnosti održavanja. Drugim rečima sistem koji ima veću vrednost funkcije za neko vreme, bolji je utoliko što se u njemu većina postupaka održavanja obave za to vreme, odnosno postupak održavanja se obavlja brže.

Krive sa slike 3. pokazuju koliki procenat operacija demontaže (0-1 "y" osa (=) 0 – 100 %) mogu da se obave za odgovarajuće vreme ("x" osa u mi-

nutima). Vidi se da je sa stanovišta pogodnosti održavanja veza sa spojnicom povoljnija, jer na primer za sat vremena se obave skoro u svim (98 – 99 %) slučajevima operacije demontaže, dok kod veze sa steznim prstenom to jedva 3 – 4 % slučajeva demontaže.

Približno ocena srednje vrednosti vremena demontaže mogla bi jednostavno da se odredi koristeći obrazac za srednju vrednost vremena demontaže:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \text{ za navedene varijantu veze biće:}$$

- za spojnicu 33 minuta;
- za stezni prsten 106 minuta.

U principu ovako određeno srednje vreme nema statistički značaj, jer aritmetička sredina podataka ne daje pravu sliku stanja za nelinearne i nesimetrične raspodele. Medjutim zbog izražene razlike u vremenima demontaže za razmatrana dva modela veze, srednje aritmetičko vreme daje podatak sasvim dovoljan za komparativnu analizu modela veze sa spojnicom i modela veze sa steznim prstenovima.

Srednje vreme može i da se izračuna i po formuli za srednju vrednost Weibullove raspodele:

$$\bar{t} = \eta \cdot \Gamma \cdot \left(1 + \frac{1}{\beta} \right),$$

- gde je : Γ gama funkcija, η parametar razmere i β parametar oblika.

- za navedene varijante veze biće:

- za spojnicu:

$$\bar{t} = 35,498 \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{5,732} \right) = 32,85 \text{ min.},$$

- za stezni prsten:

$$\bar{t} = 110,805 \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{10,131} \right) = 105,49 \text{ min.}$$

Više nego očigledno je da komparativnu prednost ima model veze sa prirubnom spojnicom vezanom za vratilo presovanim sklopom (ili steznim prstenom). Medjutim treba napomenuti da navedena analiza razmatra funkciju pogodnosti održavanja sa stanovišta vremena u zastoju sistema - tračni transporter (odnosno BTO). Drugim rečima uzima se u obzir samo vreme demontaže veze reduktor – pogonski bubanj, a ne i vreme demontaže spojnice – vratilo. Takva analiza je uslovno opravdana, jer se drugo navedena demontaža može obaviti nezavisno od rada tračnog transportera.

4. ZAKLJUČAK

Istraživanja u cilju povećanja ekonomske efikasnosti rada kontinualnih sistema eksploatacije lignita, nesumljivo imaju izuzetan značaj. Kao karakteristično istraživanje u tom smislu, može se navesti definisanje funkcije pogodnosti održavanja, veze reduktora i pogonskog bubnja na tračnim transporterima primenjenim na površinskim kopovima lignita Srbije. Navedena funkcija definisana na bazi vremena demontaže date veze, u velikoj meri određuje karakter vremena u otkazu datog tehničkog sistema – tračni transporter; takodje, tako definisana, može se navesti i kao mera konstruktivne pogodnosti održavanja.

Veza reduktora i pogonskog bubnja klasičnim prirubnim spojkama, predstavlja model veze koji bi trebao da dominira na kopovima. Odnosno, predstavlja model veze koji bi trebalo da se potencira u daljim rekonstrukcijama na pogonskim stanicama tračnih transportera.

5. LITERATURA:

[1] Tanasijević M., Metodologija definisanja optimalne veze reduktor-pogonski bubanj na tračnim transporterima, magistarska teza, RGF, Beograd 2004.

[2] Ivković S., Otkazi elemenata rudarskih mašina, RGF-Beograd, 1997.;

[3] Todorović J., Inženjerstvo odražavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd 1993.

[4] Ivković S., Ignjatović D., Tanasijević M. Jovančić P., Uticaj pogodnosti za održavanje na konstruisanje veze reduktora i bubnja transportera sa gumenom trakom, IRMES Srpsko Sarajevo 2002.