

PREDVIĐANJE TEHNIČKOG STANJA SISTEMA U BUDUĆNOSTI

PREDICTING THE CONDITION OF THE TECHNICAL SYSTEM IN THE FUTURE

Dr sc. Hasan Avdić, vanr.prof.
Mašinski Fakultet u Tuzli
Tuzla

Alma Avdić, dipl.ecc
Remex, d.o.o, Tuzla

REZIME

Ukoliko su poznate sve veličine stohastičkog uticaja na tehničko stanje sistema, onda se uz pomoć računa vjerovatnoće mogu izvesti odgovarajući matematički odnosi za predviđanje trajanja preostalog vremena korištenja dijelova i/ili sistema.

Uslov za praktičnu primjenu prognoze trajanja preostalog vremena korištenja, pored primjene dovoljno tačnih metoda predviđanja, jeste i primjena odgovarajućih postupaka dijagnoze i poznavanja tokova oštećenja dijelova tehničkog sistema.

Zadatak predviđanja stanja radne sposobnosti u opštem slučaju se sastoji u slijedećem: po dobijanju rezultata dijagnoze tehničkog stanja sistema treba ocijeniti njegovu radnu sposobnost u preostalom periodu korištenja.

U ovom radu, na osnovu empirijskih podataka i primjenom odgovarajućih metoda predviđanja, na primjeru opreme u RMU Banovići je urađeno prdviđanje tahničkog stanja u budućnosti.

Ključne riječi: predviđanje, tehničko stanje, sistemi

ABSTRACT

If all the values of the stochastic influence to the technical condition of the system are known, all appropriate mathematical relations for the prediction of the duration of the remaining time of use of parts and/or systems can be predicted with the use of the probability calculation.

The requirement for the practical application of the duration prediction of the remaining time of use, in addition to the application of sufficient methods of prediction, is also the application of appropriate diagnostic methods and the knowledge of the flow of defects of the technical system parts.

The task of predicting the state of the operative readiness in a general state consists of the following: the operative readiness in the remaining period of use should be assessed after obtaining the diagnostic results of the technical system condition.

This work deals with the prediction of the technical condition in the future according to empirical data and by application of appropriate methods of prediction in one example of equipment in the Brown Coal Mines Banovići.

Keywords: predicting,technical condition,systems.

1. UVOD

Prognoza tehničkog stanja sistema je posljednja faza u primjeni modela održavanja po stanju sa kontrolom parametara, koja daje odgovor na pitanje šta će biti sa sastavnim dijelom *i*/ili sistemom u daljem procesu eksploatacije, poslije izvršene dijagnostike, s ciljom obezbjeđenja potrebne efektivnosti procesa eksploatacije.

Određivanje rezerve upotrebljivosti sastavnog dijela *i*/ili sistema je neophodno u smislu njenog optimalnog smanjivanja, kao i određivanje momenta slijedećih dijagnostičkih kontrola tehničkog stanja ili određivanja momenata sprovođenja neophodnih aktivnosti održavanja. Znači, rezultati prognoze tehničkog stanja sistema predstavljaju osnovu za donošenje odluka [1].

2. TEORIJSKA ISTRAŽIVANJA

Ukoliko su poznate sve veličine stohastičkog uticaja, onda se uz pomoć računara vjerovatnoće mogu izvesti odgovarajući matematički odnosi za prognozu trajanja preostalog vremena korištenja dijelova sistema:

$$t_R = f(\varepsilon_2, \varepsilon_0, \varepsilon_M, t_K, \Delta t, \mu_A, \alpha) \quad \dots(1)$$

gde je:

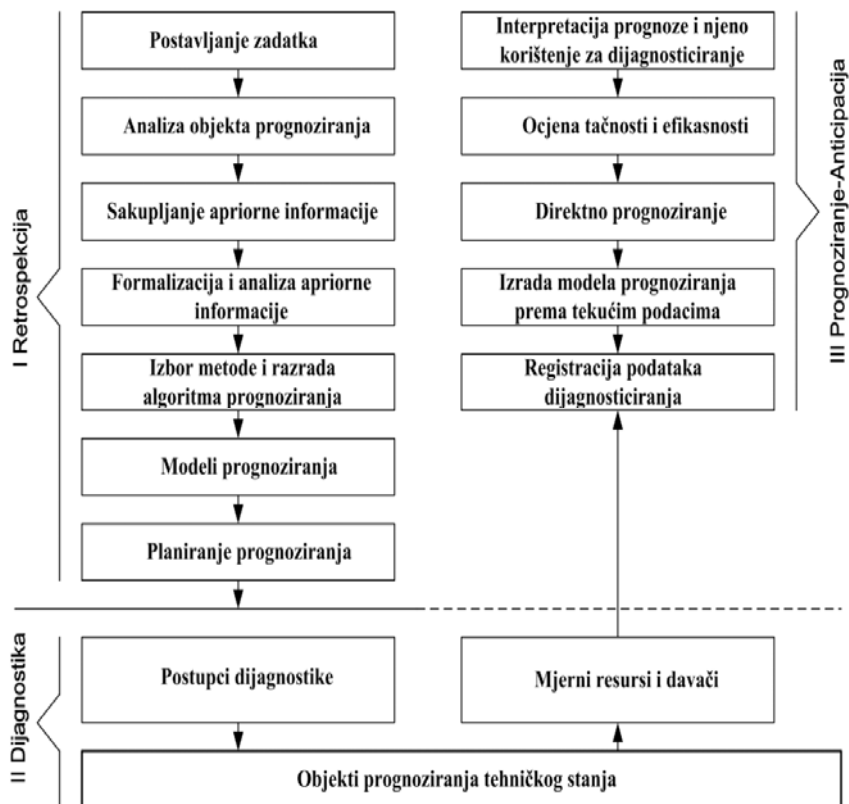
- ε_2 - granična vrijednost tehničkog stanja,
- ε_0 -početna vrijednost tehničkog stanja,
- ε_M -izmjerena vrijednost tehničkog stanja,
- t_K -vrijeme kontrolisanja dijagnosticiranja,
- Δt -interval kontrolisanja,
- μ_A -prosječna granica trajanja korištenja,
- α -eksponent za tok promjene tehničkog stanja

Jedan podatak očekivane vrijednosti trajanja preostalog vremena korištenja nije dovoljan za praktično korištenje, pošto na osnovu stohastičkih uticaja mogu da nastupe znatni neplanirani zastoji prije isteka trajanja ostatka korištenja. U svakom slučaju potrebna je prognoza (dovoljna je jedna) koja bi obezbijedila određenu pouzdanost rada bez zastoja.

Da bi još bolje utvrdili stanje tehničkog sistema ipak je potrebno uraditi dodatnu analizu kako bi utvrdili samo ispravnost prethodne analize, još bolje bi bilo kada bi slijedeću analizu provodio drugi tim stručnjaka. Obrazlaganje mogućnosti prognoze trajanja preostalog korištenja pokazuje do kakvih sve komplikacija može da dovede prognoza trajanja korištenja. Za praktičnu primjenu potrebno je da se po mogućnosti koriste proste prognostičke metode, koje odgovaraju najmanjem stepenu informacija o štetnom ponašanju i zahtjevima za jednostavno rukovanje.

Za prognozu trajanja preostalog korištenja podaci moraju biti u jednostavnoj formi i lako dostupni. Jedan mjerodavan problem za prognozu trajanja preostalog korištenja jeste dobijanje primarnih podataka o toku oštećenja. Zbog toga je trenutno najprije moguća prognoza za tokove habanja. Dobijanje primarnih podataka je veoma teško. Pri tome nisu pogodna ispitivanja na ispitnom stolu zbog jakih individualnih rasipanja tokova habanja. Najsvrsishodnija forma sastoji se u obuhvatanju i procjenjivanju u praksi prilikom dijagnostičkih mjera. Tačnije rezultate daju specijalna ispitivanja većih „Štih proba“, u kojima će pomoću češćih dijagnostičkih mjera biti praćene i obuhvaćene izmjene stanja. Uslov za praktičnu primjenu prognoze trajanja preostalog korištenja, pored izrade dovoljno tačnih metoda prognoze, jeste i primjena tačnih postupaka dijagnoze i poznavanja tokova oštećenja

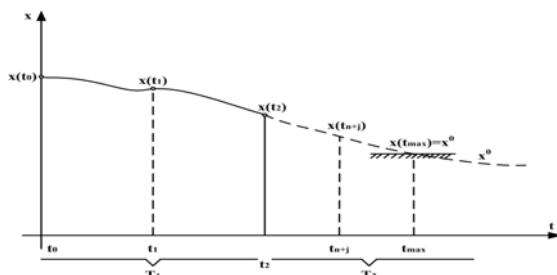
da se kod korištenja tehničkog sistema tačno obuhvate nalazi pojedinačnih dijagnostičkih mjera i trajanje korištenja svake mašine kako je prikazano na slici 1[2,3].



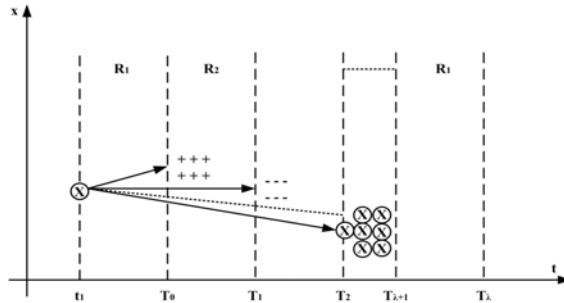
Slika 1 – Model procesa prognoziranja tehničkog stanja sistema

Zadatak prognoziranja stanja radne sposobnosti u opštem slučaju sastoji se u slijedećem: nakon što se dobiju rezultati dijagnoze stanja sistema treba ocijeniti njegovu radnu sposobnost u preostalom periodu funkcionisanja. Za ovo se mogu koristiti dva osnovna algoritma prognoziranja [2]:

- algoritam ekstrapolacije (slika 2),
- algoritam statističke klasifikacije (slika 3),



Slika 2 – Određivanje algoritma ekstrapolacije



Slika 3 – Određivanje algoritma statističke klasifikacije

Tehničko stanje sistema predstavlja se u obliku mnogomijerne funkcije $Q(\vec{X}, t)$, gdje je vrijednost $\vec{X}(t)$:

$$\vec{X}_{(3)} = \{x_1(t), \dots, x_2(t), \dots, x_k(t), \dots\} \quad \dots(2)$$

koja u periodu $[t_0 - t_n]$ u oblasti T_1 , ima značenje $\vec{X}(t_0), \vec{X}_{(3)}, \dots, \vec{X}(t_i), \dots, \vec{X}(t_n)$ u momentima vremena $(t_0, t_1, \dots, t_i, \dots, t_n) \in T_1$

Tako se pomoću modela prognoziranja $W(\vec{X}, t)$ za značenje $\vec{X}(t_i)$ opredjeljuje značenje funkcije $\vec{X}(t_{n+1}), \dots, \vec{X}(t_{n+j}), \dots, \vec{X}(t_{n+m})$ u momentima vremena $(t_{n+1}, \dots, t_{n+j}, \dots, t_{n+m}) \in T_2$ gdje je: T_2 - oblast vremena u budućnosti.

Za algoritam ekstrapolacije može se zapisati:

$$\vec{X}(t_{n+j}) = W(\vec{X}, t)\vec{X}(t_i); t = \overline{1, n_j}; j = \overline{1, m} \quad \dots(3)$$

Algoritam statističke klasifikacije može se definirati na slijedeći način: Model prognoziranja $W(\vec{X}, t)$ po parametrima $\{x_s\}$, $s = \overline{1, k}$, $\vec{X}(t_0)$ treba da da rješenje $R^\lambda(\lambda = \overline{1, \mu})$ gdje R^λ može biti (po stanju radne sposobnosti): $R_x^1 = x_0 + x^1$, $R_x^2 = x^1 + x^2$, ... ili vremenski (po bezotkaznosti): $R_T^1 = 0 + T$, $R_T^2 = T + 2T$.

Statistički metod pod nazivom "Trend" može biti izuzetno koristan i pomoći da se shvati kako se može postati "GOSPODAR VREMENA". Ovaj metod omogućava da se na osnovu prošlosti spozna budućnost – da se odgovori na vječno pitanje šta nas čeka sutra. Dakle, bez analiziranja prošlosti nije moguće graditi ni planove za budućnost, nije moguće dovoljno dobro predviđati i kreirati strategiju razvoja, bilo vlastitog, bilo procesa kojim se upravlja, bilo organizacije koju vodimo. Trend je funkcija koja predstavlja rezultantu opštih i specifičnih uticaja na pojavu koji joj daju smjer i determinišu oblik njenog kretanja. Trend može pomoći da se dobiju odgovori na slijedeća pitanja [3]:

- Šta će se dešavati u budućnosti?
- Kojim putem krenuti – na kojim osnovama kreirati strategiju?
- Kako se pojava ponaša tokom vremena?
- Kojom će se brzinom razvijati?
- Koji obim pojave se može očekivati u jednom definisanom vremenskom okviru?
- Šta se možemo očekivati u budućnosti – pesimistički i optimistički scenarij?
- Prosječan trend razvoja pojave?
- Kako će se pojava razvijati tokom vremena?

Metod trenda omogućava da se sagleda variranje pojave tokom vremena i da se na osnovu tog variranja donesu bitni zaključci o samoj pojavi, zakonitostima u njenom razvitku, brzini njenog razvitka, obimu pojave. Metoda trenda omogućava da se detaljno upozna način odvijanja pojave i da se na osnovu tih spoznaja bude u stanju procijeniti kako će se pojava odvijati u budućnosti ili da se rekonstruiše kako se pojava odvijala u prošlosti. Metoda trenda se bazira na utvrđivanju najprilagođenije linije, odnosno utvrđivanju funkcije (ovisnosti) koja će na najbolji način opisati zakonitost odvijanja pojave tokom vremena. Dakle metodom trenda se utvrđuje centralna tendencija, pokušavajući definisati funkciju koja s najmanjom greškom, odnosno onu za koju je kvadrat odstupanja svakog podatka od nje najmanji. Korištenje spoznaja o načinu odvijanja pojave tokom vremena za predviđanje budućnost, odnosno načina ponašanja pojave u budućnosti naziva se proces ekstrapolacije.

3. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

3.1. Plan eksperimenta

Istraživanje je obavljeno u Rudniku mrkog uglja „Banovići“, na tehničkom sistemu -bageru Terex RH-120-E sa kapacitetom kašike 15 m³ interne oznake 1.

Za realizaciju funkcije cilja urađeno je slijedeće:

- definiran tehnički sistem,
- analiza zastoja bagera TEREX RH 120E,
- ekstrapolacija vijeka trajanja bagera TEREX RH 120E,
- zaključna razmatranja.

3.2. Definiranje tehničkog sistema

Tehnički sistemi predstavljaju skupove elemenata i relacija između njih i njihovih karakteristika povezanih međusobno u cjelinu, na način pogodan za vršenje korisnog rada. To znači da je za funkcionisanje sistema, pored kvaliteta elemenata u cjelini, neophodna određena veza između njih. Dosadašnja razmatranja odnose se ne samo na elemente nego i na sisteme. Osnovni razlog leži u činjenici da svaki složeni sistem objedinjuje veći ili manji broj sastavnih elemenata (podсистема, sklopova, podsklopova, elemenata), te se o njegovoj pouzdanosti može suditi samo ako se analiziraju i analitički obuhvate pouzdanost svakog detalja pojedinačno. U cilju omogućavanja analize ove vrste u teoriji pouzdanosti se posebno analiziraju načini povezivanja elemenata sistema sa stanovišta oblikovanja strukturne šeme (bloka) pouzdanosti na osnovu koje treba izvesti analitičke izraze za izračunavanje pouzdanosti sistema. Načini povezivanja mogu biti [4]:

- redna
- paralelna
- pasivna paralelna
- djelimično paralelna
- specifična (kvaziredna ili kvaziparalelna)
- kompleksna (kombinacija prethodno navedenih veza elemenata u sistemu).

RMU „Banovići“ d.d. raspolaže sa dva hidraulična bagera TEREX O&K RH 120E sa čeonom kašikom, zapremine 15 m³. Ovo je elektro varijanta modela RH-120, koji je opremljen sa jednim pogonskim elektromotorom snage 1000 KW. Izgled bagera TEREX RH 120 E prikazan je na slici 4.



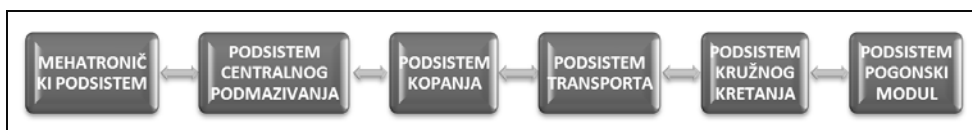
Slika 4 – Izgled bagera TEREX RH 120E

Ako se bager TEREX RH 120E posmatra kao sistem koji na ulazu ima energiju, materijal i informacije a kao izlaz se dobija kapacitet, efektivnost i kvalitet onda se taj sistem može podijeliti u nekoliko pod sistema koji su u međusobnoj vezi a čija ispravnost direktno utiče na izlazne veličine (slika 5).



Slika 5– Tehnički sistem bagera TEREX RH 120E sa podsistemima

Svi navedeni podsistemi bagera TEREX RH 120E su u serijskoj vezi, što znači da u slučaju stanja "U OTKAZU" bilo kojeg podsistema tehničkog sistema bagera TEREX RH 120E cijeli sistem je u stanju "U OTKAZU", kako je prikazano na slici 6.



Slika 6– Prikaz serijske veze podsistema tehničkog sistema bagera TEREX RH 120E

3.3. Analiza zastoja bagera terex RH 120E (1)

U RMU „Banovići“ d.d. je uvedeno vođenje karte zastoja pomoću koje se dobija vremenska slika stanja postrojenja koja predstavlja ponašanje sistema u posmatranom periodu.

3.4. Ekstrapolacija vijeka trajanja bagera TEREX RH 120E

Ekstrapolaciju vijeka trajanja bagera TEREX RH 120E je vršena na osnovu zastoja tehničke prirode i ostalih zastoja (tabela 1). Na osnovu poznatih vrijednosti zastoja tehničke prirode u vremenu od jedne godine postavljen je dijagram rasturanja. Poslije postavljanja tog dijagrama određena je liniju trenda koja najbolje opisuje zadate tačke tj. ima najmanju sumu kvadrata odstupanja od linije trenda. Prema tome je određena eksponencijalna liniju trenda sa jednačinom:

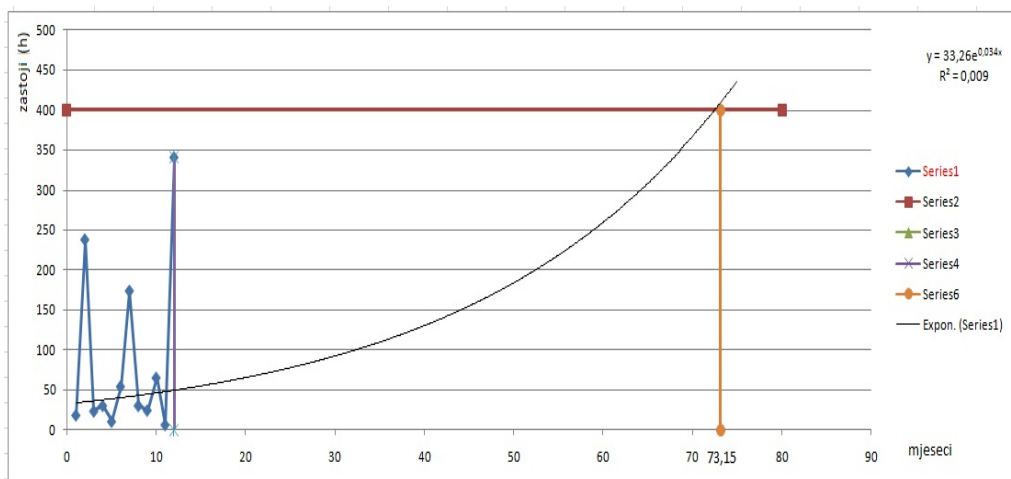
$$y = 33,26 e^{0,034x} \quad \dots 4$$

i sumom kvadrata odstupanja: $R^2 = 0,009 \rightarrow R = 0,094$. To znači da će predviđeni vijek trajanja bagera na osnovu poznatih podataka biti tačan 90.6%. Zatim je postavljena granična vrijednost zastoja od 400 sati. Uz pomoć programa Maple 12 (slika 8) određen je vijek trajanja bagera na osnovu poznatih podataka u iznosu od 73.15 mjeseci. Interval povjerenja za vrijednost 73.15 iznosi:

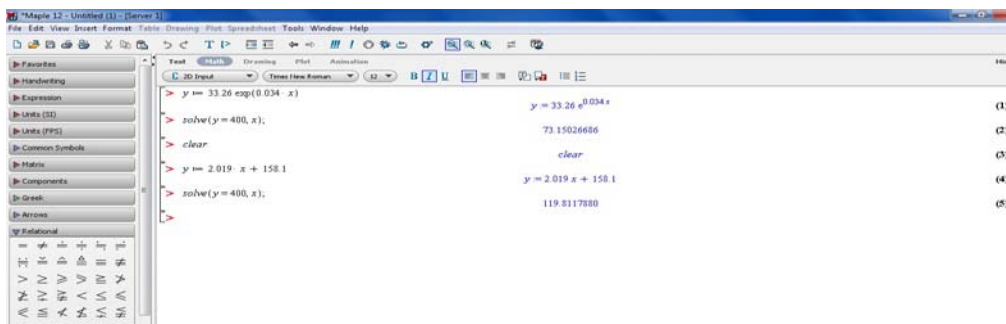
$$73.15 - 2 \cdot 0.188 \cdot 0.094 \leq 73.15 \leq 73.15 + 2 \cdot 0.188 \cdot 0.094 \quad \dots 5$$

$$73.11 \leq 73.15 \leq 73.18 \quad \dots 6$$

Pri vjerovatnoći od 95 % radni vijek bagera će biti 73.15 mjeseci, s tim da će u najgorem slučaju vijek trajanja bagera biti 73.11 mjeseci, a u najboljem slučaju će biti 73.18 meseci. To je određeno tako što je nađeno mjesto presjeka linije trenda sa graničnom vrijednosti zastoja, i spušten pravac iz te tačke presjeka paralelno sa y osom do mjesta presjeka sa x osom (slika 7). To mjesto presjeka sa x osom određuje vijek trajanja bagera.



Slika 7. Ekstrapolacija vijeka trajanja bagera na osnovu tehničkih zastoja



Slika 8. Izgled proračuna u Maple12

4. ZAKLJUČAK

Održavanju tehničkih sistema u procesu proizvodnje još uvijek se ne daje odgovarajući značaj. Mnogi ga još uvijek smatraju nužnim zlom i da je to mjesto nastanka troškova. Održavanju, kao funkciji u procesu proizvodnje, se mora posvetiti mnogo veća pažnja u budućnosti. Mnogi misle da je budućnost svijeta održavanje. Onog trenutka kada se kupe tehnički sistemi oni postaju problem održavaoca. Tri su činjenice bitne za uspješno održavanje tehničkih sistema. Prva stvar je poznavanje geneze događaja (istorijat ponašanja) u prošlosti na bazi vremenske slike stanja. Druga stvar je dijagnoza trenutnog stanja ispravnosti tehničkih sistema. Utvrđivanje stanja je moguće primjenom odgovarajućih, kako subjektivnih tako i objektivnih, metoda tehničke dijagnostike. I treća, po mnogima najvažnija stvar, je prognoza ponašanja tehničkog stanja sistema u budućnosti. Dobro poznavanje ponašanja sistema u prošlosti i dijagnoza trenutnog stanja daje dobre osnove za kvalitetnu prognozu i poduzimanje odgovarajućih mjera za smanjenje zastoja i produžetka vijeka trajanja tehničkih sistema.

U ovom radu je, na primjeru jednog tehničkog sistema u RMU Banovići, prikazana samo jedna od metoda prognoziranja tehničkog stanja odnosno vijeka trajanja sistema.

5. REFERENCE

- [1] Adamović Ž., Radovanović Lj.: Modeli održavanja na bazi tehničke dijagnostike, Časopis Tehnička dijagnostika (broj 3, strana 29-35), Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Srbija, 2008.,
- [2] Adamović Ž.: Tehnička dijagnostika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, Srbija, 1998.,
- [3] Avdić H., Tufekčić Dž.: Terotehnologija I, Univerzitet u Tuzli, Tuzla, BiH, 2007.
- [4] Todorović J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Institut za istraživanje i projektovanje u privredi, Beograd, Srbija, 2006.