

**IZRADA BAZE PODATAKA U SVRHU PROVEDBE STATISTIČKE
ANALIZE SLOŽENOG TEHNIČKOG SUSTAVA**

**DATABASE FOR THE PURPOSES OF STATISTICAL ANALYSIS
IMPLEMENTATION AT COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS**

Jakov Batelić, dipl. ing.
HEP - Proizvodnja d.o.o.
TE - Plomin
Plomin

Prof. dr. sc. Dario Matika, dipl. ing.
MORH - Institut za istraživanje i
razvoj obrambenih sustava
Zagreb

Marko Fabić, dipl. ing.
INA d.d., Rafinerija nafte
Rijeka

REZIME

Za potrebe provedbe statističkih analiza pri složenim tehničkim sustavima, nužno je posjedovati bazu relevantnih podataka. Stoga u ovom radu provedeno je istraživanje s ciljem utvrđivanja i verifikacije izvora podataka, na primjeru sustava mlinova u termoelektrani Plomin 2. Rezultati istraživanja izdvajaju sljedeće entitete relevantnih podataka za i-ti sustav (podsustav, sklop, podsustav, komponenta) mlina: vrijeme čekanja pristupu održavanja, aktivno vrijeme korektivnog održavanja, vrijeme preventivnog održavanja, vrijeme nerada ispravnog sustava do kvara, vrijeme rada sustava do kvara, vrijeme čekanja pristupu održavanja u radu, aktivno vrijeme održavanja u radu, vrijeme nerada ispravnog sustava do pojave greške, vrijeme rada sustava do pojave greške, raspoloživost elektrane, broj održavatelja, trošak održavatelja, opis izvedenih aktivnosti održavatelja. Baza podataka, s navedenim entitetima, omogućuje provedbu raznih statističkih analiza s ciljem određivanja bitnih podataka za potrebe donošenja odluka menadžmentu TE Plomin 2.

Ključne riječi: Baza podataka, termoelektrana, statistička analiza, entitet, kvar

ABSTRACT

For the purposes of statistical analysis implementation at complex technical systems it is necessary to have a basis of relevant information. Therefore, a research was conducted with the aim of establishment and verification of information sources on the example of mills system at the thermal power plant Plomin 2. The results of the research extracted following entities of relevant data for the i-th system (subsystem, set, subset, component) of the mill: waiting time, time to repair, preventive maintenance down time, idle time, operational time, waiting time of accessing maintenance, time to repair a fault, inactivity time of a correct system until a fault occurs, idle time until a fault occurs, availability of a thermal power plant, the number of maintainers, the cost of maintainers, description of performed maintenance activities. The database with mentioned entities enables the implementation of different statistical analysis with the aim of defining relevant data for the purposes of making decisions to the management of the thermal power plant Plomin 2.

Key words: Database, thermal power plant, statistical analysis, entity, failure

1. UVOD

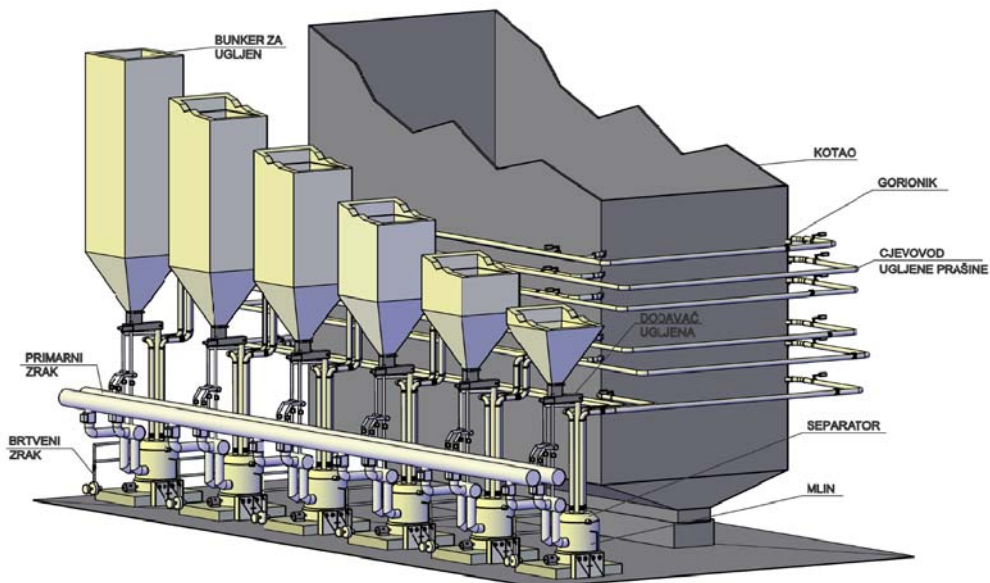
Provedba statističkih analiza pri složenim tehničkim sustavima omogućuje određivanje podataka bitnih za donošenje odluka o: planiranim budućim zahvatima održavanja, zamjeni ili rekonstrukciji pojedinih sklopova (slabih mjesta), asortimanu i količinama doknadnih dijelova, obliku zahtjeva za ponudu pri nabavi nove opreme, rangiranju pojedinih dijelova i sklopova u odnosu na intenzitet kvarova i očekivanih vremena rada do zastoja i dr. Upravo radi toga, od iznimnog je značaja kvantiteta i kvaliteta uzorka. Stoga u ovom radu provodi se istraživanje s ciljem utvrđivanja i verifikacije izvora podataka, na primjeru sustava mlinova u termoelektrani Plomin 2, te se na koncizan način prikazuje postupak izrade baze podataka.

2. SUSTAV MLINOVA TE PLOMIN 2

2.1. Opis sustava

Termoelektrana Plomin 2 kao primarni energent koristi kameni ugljen. Ugljen se transportira iz lokalne deponije do bunkera mlina sustavom za internu opskrbu ugljenom. Za potrebe procesa u TE Plomin 2, koriste se šest identičnih vertikalnih kugličnih mlinova tipa: EM59-585 proizvodnje Claudius Peters. Funkcija sustava mlina je da proizvodi, sukladno potrebama procesa, ugljenu prašinu granulacije 50 - 60 μm , i temperature 85 °C te transportira u ložište kotla, slika 1. Da bi se osigurala 100 % raspoloživost elektrane, uz maksimalnu efikasnost, nužna je raspoloživost svih šest mlinova. Proces proizvodnje ugljene prašine odvija se na način da pomoću podsustava dodavača ugljena, kontinuirano dozira se ugljen, granulacije do 80 mm, u mlin, gdje se nakon usitnjavanja, ugrijava i transportira u cjevovodima ugljene prašine do gorionika, odnosno kotla. Usitnjavanje ugljena vrši se pomoću kugli u prstenu te dinamičkim separatorom, čija je uloga osigurati dozvoljenu granulaciju ugljene prašine. Upuhivanjem vrućeg zraka u mlin, nastaje mješavina vrućeg zraka i ugljena odnosno ugljena prašina.

Zrak koji upuhava zračni sustav naziva se još primarni zrak. Za dobavu primarnog zraka, koriste se dva ventilatora vrućeg i dva ventilatora hladnog zraka, čiji transportni vodovi se sjedinjuju, u mješačkoj glavi, neposredno ispred svakog mlina. Miješani zrak naziva se transportni zrak. Količine vrućeg i hladnog zraka reguliraju se regulacijskim zaklopkama. Zaklopka vrućeg zraka regulira količinu, a zaklopka hladnog zraka temperaturu transportnog zraka. Prema svakom mlinu za ugljen vrši se mjerenje protoka transportnog zraka. U svakom vodu transportnog zraka nalazi se jedna pneumatski upravljana brzozatvarajuća zaklopka, koja se kod isključenja mlina u slučaju nužde zatvara. Svaki mlin pri radu koristi ventilator brtvenog zraka koji upuhavanjem brtvenog zraka u mlin, sprječava izlaz ugljene prašine na svim rotirajućim prolazima vratila.



Slika 1. Pojednostavljeni 3D prikaz sustava mlina za ugljen u TE Plomin 2

Svakom od šest mlinova za ugljen dodijeljen je jedan dodavač s predspojenim bunkerom. Radi se o koritastom lančanom transporteru u izvedbi s duplim lancem, pogonjenim, frekventno upravljanim, asinkronim motorom. Kotao je opremljen s 24 gorionika ugljene prašine koja se u 4 ugla ložišta dijele na 6 razina gdje svaka razina pripada jednom mlinu [1].

2.2. Postupak određivanja funkcionalne strukture sustava mlina

Funkcionalna struktura sustava je opis funkcionalnih i hijerarhijskih uvjetovanosti rada sustava, podsustava, sklopova, podsklopova i komponenti. Uvjetovanost rada sustava mlina definira se kao izvršavanje zahtijevane funkcije procesa uz odgovarajuću kvalitetu. Stanje kada promatrani sustav, podsustav, sklop ili komponenta pri procesu ne izvršava zahtijevanu funkciju i/ili narušava očekivanu kvalitetu nazivamo otkaz. S obzirom na oblik otkaza, na sustavu mlinova za ugljen u TE Plomin 2 klasificirani su sljedeći oblici: potpuni otkaz i postepeni otkaz. Potpuni otkaz opisuje potpuni gubitak zahtijevane funkcije dok postepeni otkaz se detektira pregledom i ispitivanjem sklopa i/ili podsklopa i/ili komponente. Kvar koji je uzrok postepenog otkaza može biti popravljen a da sustav ne gubi zahtijevanu funkciju procesa, takav scenarij naziva se sanacija za vrijeme rada sustava.

Specifičnost svakog složenog tehničkog sustava karakterizira: Struktura sastavljena od funkcionalnih cjelina (sustav, podsustav, sklop, podsklop i komponenta), međusobna povezanost funkcionalnih cjelina i visok stupanj složenosti struktura sustava. Podjelom složenog tehničkog sustava na podsustave, odnosno podsustave na sklopove te sklopove na podsklopove i podsklopove na komponente a sve sukladno s zahtijevanim funkcijama procesa stvorena je podloga za izradu funkcionalne strukture sustava. Kako svaki mlin u TE Plomin 2 predstavlja jedan složeni tehnički sustav u nastavku dana je podjela podsustava mlina:

A_1 - Podsustav bunkera - 2 HFA*

A_2 - Podsustav dodavača - 2 HFB*

A_3 - Podsustav za usitnjavanje ugljena - 2 HFC*

A_4 - Podsustav cjevovoda ugljene prašine - 2 HFE*

A₅ - Podsustav za mjerenje diferencijalnog tlaka između transportnog zraka i ugljene prašine - BHFE4XCP012

A₆ - Podsustav za mjerenje diferencijalnog tlaka između transportnog zraka i brtvenog zraka - BHFE4XCP021

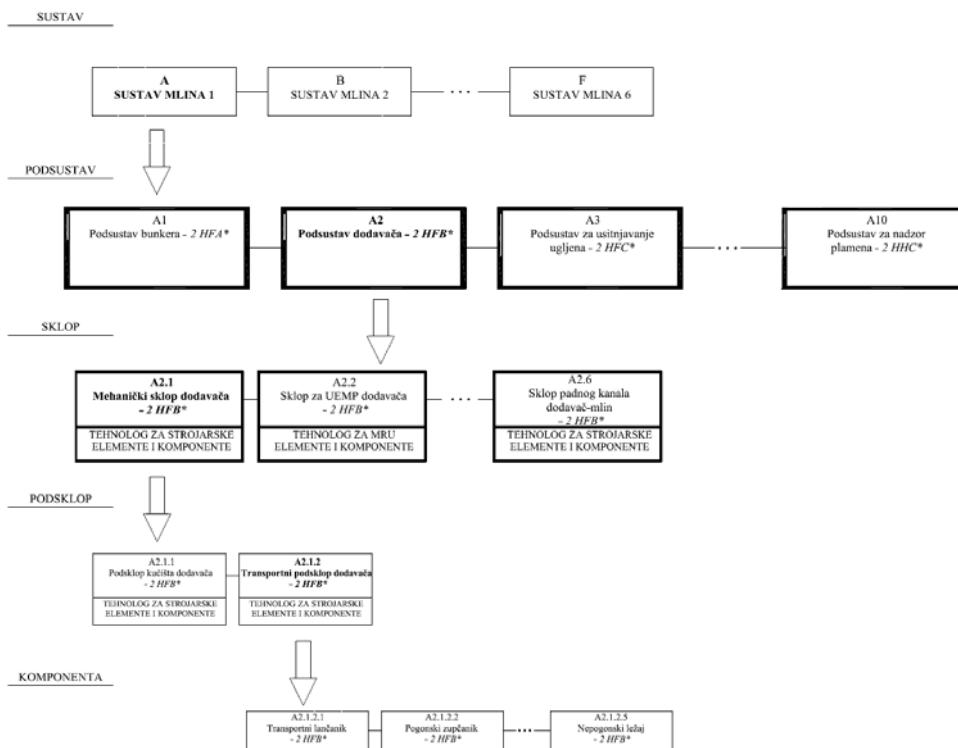
A₇ - Podsustav transportnog zraka - 2 HFE*

A₈ - Podsustav brtvenog zraka - 2 HFW*

A₉ - Podsustav sekundarnog zraka - 2 HHL*

A₁₀ - Podsustav za nadzor plamena - 2 HHC*

S obzirom da svaki od navedenih podsustava posjeduje n-podsklopova s m-podsklopova i k –komponenti, radi pojednostavljenja na slici 2 prikazan je reducirani prikaz funkciograma sustava mlina za ugljen u TE Plomin 2.



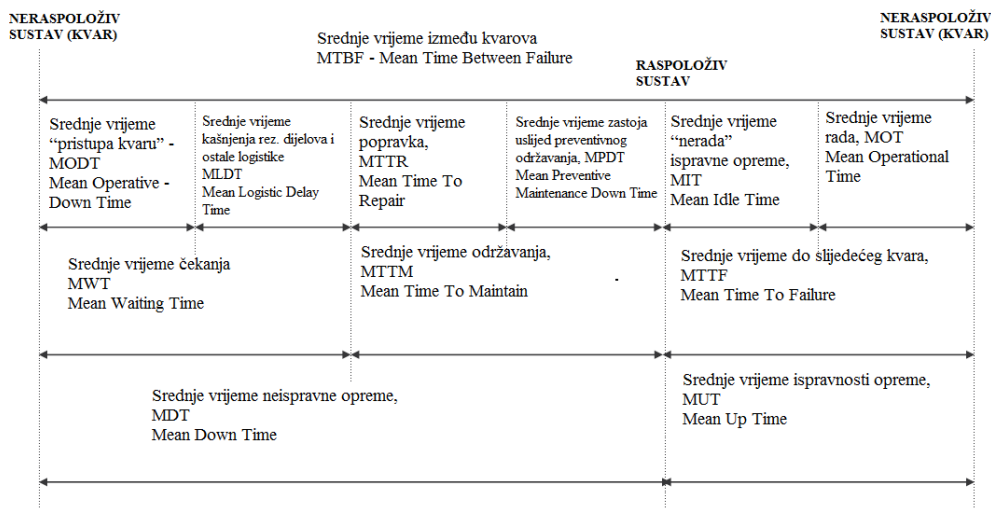
Slika 2. Reducirani funkciogram sustava mlina za ugljen TE Plomin 2

Otkaz jednog od deset podsustava uzrokuje zastoje mlina. Kako se radi o identičnim mlinovima omogućena je primjena jednakog funkciograma za preostale mlinoe.

Definiranjem funkciograma za sustav mlina, stvorena je podloga za prikupljanje karakterističnih vremena uzrokovana promjenom stanja sustava.

3. KARAKTERISTIČNA VREMENA ZA PROVEDBU STATISTIČKE ANALIZE SLOŽENOG TEHNIČKOG SUSTAVA

Karakteristična vremena definirana su događajima pri promjeni stanja tehničkog sustava. U nastavku dan je pregled vremena, slika 3, [2].

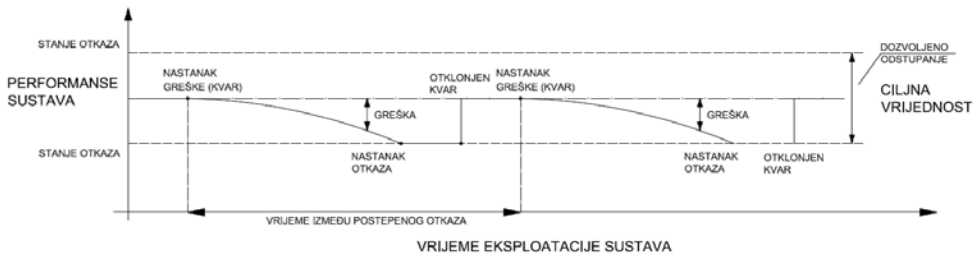


Slika 3. Grafički prikaz karakterističnih vremena uzrokovan promjenom stanja sustava, [2]

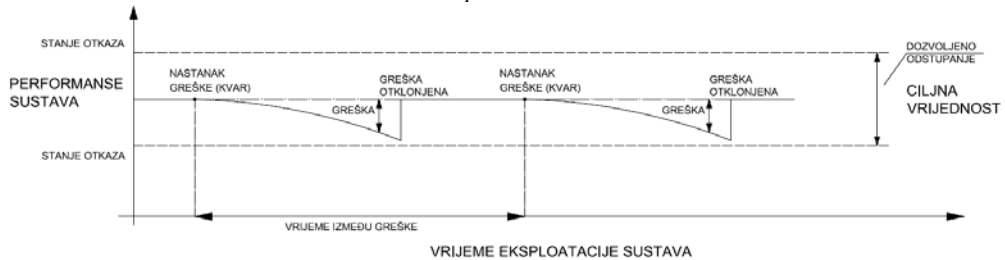
Srednje vrijeme između dva otkaza (MTBF) sačinjava algebarski zbroj dviju vremenskih komponenti i to: srednje vrijeme neispravnog sustava (MDT) i srednje vrijeme ispravnosti sustava (MUT) ili srednje vrijeme do otkaza (MTTF). Sustav može biti u stanju ispravnosti a da ne obavlja zahtijevanu funkciju, takvo stanje definirano je srednjim vremenom „nerada“ ispravne opreme (MIT).

Srednje vrijeme neispravne opreme (DT) opisuje stanje sustava u zastoju uzrokovan otkazom ili provedbom preventivnih aktivnosti. Upravo radi toga srednje vrijeme neispravne opreme sačinjavaju dvije vremenske komponente i to: srednje vrijeme čekanja (MWT) i srednje vrijeme održavanja (MTTM). Srednje vrijeme čekanja čine algebarski zbroj dviju komponenti: srednje vrijeme pristupa kvaru (MODT) i srednje vrijeme kašnjenja rezervnih dijelova i ostale logistike (MLDT). Srednje vrijeme održavanja (MTTM) također sačinjava algebarski zbroj dviju komponenti i to: srednje vrijeme popravka (MTTR) i srednje vrijeme zastoja uslijed provedbe preventivnih aktivnosti (MPDT).

Osim navedenih karakterističnih vremena i stanja sustava kojim su definirana, na sustavu mlina za ugljen uvodi se stanje postepenog otkaza. Pri nastanku postepenog otkaza razlikujemo dva scenarija: postepeni otkaz je detektiran ali kvar nije moguće otkloniti dok sustav obavlja zahtijevanu funkciju, a karakteristično vrijeme je vrijeme između dva kvara koja su uzrokovala postepeni otkaz (MTTF-DT) slika 4., te postepeni otkaz je detektiran, odnosno greška pri procesu, ali kvar, koji je uzrok nastale greške, je otklonjen dok sustav obavlja zahtijevanu funkciju, karakteristično vrijeme naziva se vrijeme između dviju greški (MTTF-E), slika 5.



Slika 4. Postepeni otkaz bez mogućnosti otklona kvara za vrijeme obavljanja zahtijevane funkcije procesa



Slika 5: Postepeni otkaz i sanacija kvara za vrijeme obavljanja zahtijevane funkcije procesa

Za oba scenarija pri provedbi aktivnosti održavatelja vrijede karakteristična vremena dana slikom 3.

4. IZVORI ZA PRIKUPLJANJE KARAKTERISTIČNIH VREMENA DEFINIRANA PROMJENOM STANJA TEHNIČKOG SUSTAVA

Za potrebe provedbe statističkih analiza pri složenim tehničkim sustavima, nužno je posjedovati bazu relevantnih podataka o karakterističnim vremenima definirana promjenom stanja sustava. Da bi podaci u bazi bili „prihvatljivi“ potrebno je egzaktno definirati izvore u kojima su upisani zapisi o promjeni stanja promatranog tehničkog sustava u toku eksploatacije. U nastavku navedeni su izvori u kojima su evidentirani zapisi o promjeni stanja sustava mlina u TE Plomin 2:

a) Računalni sustav za upravljanje poslovima održavanja (SUPO), potječe od izvornog programa MP2 Oracle Edition 6.0 američke tvrtke Infor. U TE Plomin 2 implementiran je od 2001. godine. U svrhu evidentiranja promjena stanja sustava uzrokovana kvarom ili provedbom preventivnog održavanja, princip korištenja programskog alata SUPO je sljedeći: procesni inženjer pri prijavi kvara ispunjava formu sljedećeg sadržaja: nadnevak i vrijeme prijave kvara, opis kvara, oznaku komponente i odgovornog tehnologa. Tehnolog po primitku prijave kvara obrađuje zahtjev te izrađuje radni nalog. Na temelju radnog naloga tehnolog s timom održavatelja pristupa popravku kvara, uz prethodno otvaranje dozvole za rad od strane procesnog inženjera. Svrha otvaranja dozvole za rad je osiguranje mjesta rada. Nakon obavljenih korektivnih ili preventivnih aktivnosti od strane tehnologa s timom održavatelja, procesni inženjer zatvara istu dozvolu za rad. Pri otvaranju i zatvaranju dozvole za rad također je potrebno ispuniti formu s nadnevkom i vremenom otvaranja kao i pri zatvaranju iste. Nakon izvršenih korektivnih ili preventivnih radnji tehnolog ispunjava dodatnu formu radnog naloga u kojoj navodi utrošeno vrijeme popravka, broj održavatelja, lista zamijenjenih dijelova te specifikacija troškova. Prijava i-tog kvara, radni nalog i-tog kvara i dozvola za rad na i-tom kvaru imaju istu identifikacijsku oznaku.

b) PI Data Link

PI Data Link (Plant Information Data Link) je aplikacija kojom je omogućen transfer podataka iz baze TXP – Siemens u MS Office Excel. Sustav TXP – Siemens omogućuje nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka svih sustava TE Plomin 2.

c) Dnevnik operatera kotlovskeg postrojenja

U dnevniku operatera evidentiraju se sve poduzete radnje tijekom smjene na kotlovskom postrojenju.

d) Dnevni izvještaj pogona

Dnevni izvještaj pogona je formular u kojem osim evidencije svih provedenih dnevnih aktivnosti u pogonu i promjene stanja sustava, bilježe se sati rada konciznih sustava gdje pripada i sustav mlina.

e) Mjesečni izvještaj proizvodnje TE Plomin 2

Za svaki mjesec podnosi se izvještaj proizvodnje TE Plomin 2. U izvještaju se rezimiraju svi nastali događaji odnosno promjene stanja sustava te se navodi ostvarena raspoloživost elektrane, utrošenost energenata, ostvarena proizvodnja električne energije, nusprodukata i dr. Primjenom navedenih izvora, u skladu sa definiranim funkciogramom, slika 3, omogućeno je određivanje sljedećih karakterističnih vremena za komponente, podsklopove, sklopove, podsustave sustava mlina koristeći sljedeće relacije:

$OT_{j,i}$ - Vrijeme rada j-te: komponente ili podsklopa ili sklopa, između i-tog kvara

$$OT_{j,i} = COUNTIF(T_{PK,i-1}; T_{PK,i}; "1") [h] \quad (1)$$

$IT_{j,i}$ - Vrijeme „nerada“ ispravne j-te: komponente ili podsklopa ili sklopa, između i-tog kvara

$$IT_{j,i} = COUNTIF(T_{PK,i-1}; T_{PK,i}; "0") [h] \quad (2)$$

gdje je: i – redni broj kvara, $T_{PK,i}$ – nadnevak i sat prijave kvara, COUNTIF – programska funkcija brojača sati. Da bi se olakšalo brojanje sati rada odnosno „nerada“ ispravnog sustav uveden je algoritam koji konvertira analogni signal u binarni. Analogni signal predstavlja kontinuirano mjerenje struje pogonskog motora mlina. Korištenjem izvora TXP Siemens, aplikacije IP Dana Link i MS Office Excel omogućena je konverzija signala na način da ukoliko mlin izvršava zahtijevanu funkciju, struja pogonskog motora je veća od nule i to predstavlja logičku jedinicu inače logičku nulu. Relacije (1) i (2) koriste se i pri određivanju vremena rada i „nerada“ ispravne opreme u slučaju nastanka postepenih otkaza.

$PDT_{j,i}$ – vrijeme zastoja mlina uslijed i-tog preventivnog održavanja

$$PDT_{j,i} = T_{ODP,i} - T_{ZDP,i} [h] \quad (3)$$

gdje je: i – redni broj preventivnog održavanja, $T_{ODP,i}$ – nadnevak i sat otvaranja dozvole za rad uslijed preventivnog održavanja, $T_{ZDP,i}$ – nadnevak i sat zatvaranja dozvole za rad uslijed preventivnog održavanja.

$TTR_{j,i}$ – vrijeme i-tog popravka j-te: komponente ili podsklopa ili sklopa

$$TTR_{j,i} = T_{ODK,i} - T_{ZDK,i} [h] \quad (4)$$

gdje je: i – redni broj korektivnog održavanja, $T_{ODP,i}$ – nadnevak i sat otvaranja dozvole za rad uslijed korektivnog održavanja, $T_{ZDP,i}$ – nadnevak i sat zatvaranja dozvole za rad uslijed korektivnog održavanja.

Vrijeme pristupu kvaru (ODT) i logističko vrijeme (LDT), na temelju izvora podataka ne mogu se egzaktno odrediti, već njihov algebarski zbroj odnosno vrijeme čekanja i-tog popravka j-te: komponente ili podsklopa ili sklopa

$$WT_{j,i} = T_{PK,i} - T_{ODK,i} [h] \quad (5)$$

Korištenjem navedenih izvora omogućeno je egzaktno određivanje onih karakterističnih vremena uzrokovana promjenom stanja komponente, podsklopa ili sklopa za promatrani sustav mlina u TE Plomin 2 za period od 2001. godine do danas.

5. ZAKLJUČAK

U radu je na koncizan način prikazan postupak izrade baze podataka za sustav mlinova na ugljen u TE Plomin 2. Postupak obuhvaća: izradu funkciograma, egzaktno definira izvore u kojima se bilježe promjene stanja sustava te način prikupljanja i obrade istih. Provedbom istraživanja internih zapisa, u kojima se bilježe promjene stanja sustava, za sustav mlinova u TE Plomin 2, omogućena je izrada baze podataka sljedećih entiteta: vrijeme čekanja pristupa korektivnom održavanju, aktivno vrijeme korektivnog održavanja, vrijeme preventivnog održavanja, vrijeme nerada ispravnog sustava do kvara, vrijeme rada sustava do kvara, vrijeme čekanja pristupu održavanja u radu, aktivno vrijeme održavanja u radu, vrijeme nerada ispravnog sustava do pojave greške, vrijeme rada sustava do pojave greške, neraspoloživost elektrane, broj održavatelja, trošak održavatelja, opis izvedenih aktivnosti održavatelja. Baza podataka, s navedenim entitetima, omogućuje provedbu raznih statističkih analiza s ciljem određivanja bitnih podataka za potrebe donošenja odluka menadžmentu TE Plomin 2.

6. LITERATURA

- [1] Uputstva za upravljanje i održavanje sustavima TE Plomin 2, Plomin, 1998.
- [2] HRN EN 13306:2011: Održavanje - Nazivlje u održavanju (EN 13306:2010), Hrvatski zavod za norme, 2011.
- [3] Devore, J.L.: Probability and statistics for engineering and the scientists, BOSTON, 2012.
- [4] Vujanović N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Beograd, 1990.
- [5] SUPO: Sustav upravljanja podacima održavanja, TE Plomin, 2001.
- [6] Interni dokument: Dnevni izvještaj pogona, TE Plomin 2.
- [7] Interni dokument: Mjesečni izvještaj proizvodnje, TE Plomin 2.