Uvod

Savremena elektronska sredstva su modularno građena. Takva konstrukcija omogućava da se popravljaju na nižim nivoima održavanja, zamenom njihovih viših modularnih celina. Ispravna modularna celina, koja se stavlja na mesto neispravne celine, uzima se iz jednog od kompleta u kojima se nalazi kao rezervni deo. Ako potrebne modularne celine nema u kompletima rezervnih delova, vrši se popravak neispravne celine na određenom nivou održavanja. Vremenski period od pokretanja nabavke modularne celine do trenutka njenog dopremanja predstavlja vreme zastoja sredstva zbog snabdevanja rezervnim delom. Za popravak popravljive modularne celine takođe su potrebni rezervni delovi. Snabdevanje ovim rezervnim delovima indirektno utiče na vreme zastoja sredstva.

Poznavanjem srednjeg vremena zastoja sredstva zbog snabdevanja svim rezervnim delovima može se odrediti uticaj procesa snabdevanja na operativnu gotovost uređaja. U ovom članku pokazan je matematički model snabdevanja popravljivim rezervnim delovima sa jednog i dva nivoa snabdevanja. Na početku su dati opšti izrazi za određivanje srednjeg vremena zastoja modularno građenog elektronskog sredstva zbog snabdevanja svim vrstama rezervnih delova. Posebno su dati iz-

razi za određivanje srednjeg vremena zastoja elektronskog sredstva zbog nedostatka popravljivog rezervnog dela, kada se snabdevanje izvodi sa jednog i sa dva nivoa snabdevanja. Za svaki slučaj snabdevanja data je grafička zavisnost vremena zastoja sredstva od nekih parametara procesa snabdevanja.

Opšti izrazi

Modularno građeno elektronsko sredstvo korektivno se održava na više nivoa održavanja. Na svakom nivou održavanja dolazi do zastoja sredstva zbog snabdevanja rezervnim delovima. Opšti izraz za ukupno srednje vreme zastoja elektronskog sredstva zbog snabdevanja rezervnim delovima dato je izrazom:

$$t_p = \sum_{i=1}^N q_i t_{pi} \quad (1)$$

gde je:

- q_i — verovatnoća opravke sredstva na i-tom nivou održavanja;
- N — broj nivoa održavanja;
- t_{pi} — srednje vreme zastoja sredstva zbog nedostatka rezervnih delova na i-tom nivou održavanja, koje je dato izrazom:

$$t_{pi} = \sum_{j=1}^M q_{ij} t_{pij} \quad (2)$$

gde je:

t_{pij} — srednje vreme zastoja sredstva na i-tom nivou održavanja zbog nedostatka j-tog rezervnog dela;

M — broj vrsta rezervnih delova;

q_{ij} — verovatnoća opravke sredstva j-tim rezervnim delom, koja je data izrazom:

$$q_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_{iuk}} \quad (3)$$

gde je:

λ_{ij} — intenzitet otkaza j-tog sastavnog dela;

λ_{iuk} — ukupni intenzitet otkaza svih delova koji se menjaju na i-tom nivou.

$$\lambda_{iuk} = \sum_{j=1}^M \lambda_{ij} \quad (4)$$

Srednje vreme zastoja sredstva na i-tom nivou održavanja zbog nedostatka j-tog rezervnog dela zavisi od mnogo faktora. Obnavljanje neispravnog popravljivog sastavnog dela vrši se u kompletu rezervnih delova koji je na nivou na kojem se popravlja sredstvo ili u jednom od kompleta na višim nivoima snabdevanja, zaključno sa kompletom koji je na nivou na kojem se popravlja potreban rezervni deo. Ako u kompletima rezervnih delova tog dela nema on se obnavlja u radionici nivoa održavanja koji je nadležan za popravak tog dela. Radionica u kojoj se vrši popravak dela može se posmatrati kao najviši nivo snabdevanja u kojem se deo sigurno obnavlja. Poznavanjem verovatnoća otkaza kompleta rezervnih delova, iz kojih se elektronski uređaj snabdeva j-tim rezervnim delom i srednjih vremena obnavljanja tog sastavnog dela u tim kompletima rezervnih delova, može se odrediti srednje vreme zastoja elektronskog sredstva zbog nedostatka tog rezervnog dela. U opštem slučaju, može se zapisati:

$$t_{pj} = \sum_{s=1}^Q t_{jos} R_j^s \quad (5)$$

gde je:

t_{pj} — srednje vreme zastoja sredstva zbog nedostatka j-tog rezervnog dela;

t_{jos} — srednje vreme obnavljanja j-tog sastavnog dela u kompletu na s-tom nivou;

R_j^s — verovatnoća obnavljanja j-tog sastavnog dela u kompletu na s-tom nivou;

Q — broj nivoa snabdevanja.

U nastavku su određena srednja vremena zastoja elektronskog sredstva zbog nedostatka rezervnog dela, za slučajeve da se snabdevanje vrši sa jednog i sa dva nivoa snabdevanja.

Snabdevanje sa jednog nivoa snabdevanja

Elektronsko sredstvo i njegovi popravljivi sastavni delovi snabdevaju se potrebnim popravljivim rezervnim delovima sa jednog nivoa snabdevanja u slučaju kada se taj deo popravlja na nivou na kojem se i zamenjuje (sl. 1).

Sl. 1 Snabdevanje popravljivim rezervnim delom sa jednog nivoa snabdevanja

Obnavljanje neispravnog sastavnog dela sredstva ili njegovih popravljivih sastavnih delova vrši se u kompletu rezervnih delova. Srednje vreme obnavljanja j-tog sastavnog dela u kompletu rezervnih delova jednako je vre-

menu potrebnom da se ispravni deo dopremi iz kompleta do radionice za održavanje:

$$t_{jII} = t_{j0} \quad (6)$$

Ako potrebnog dela nema u kompletu rezervnih delova, njegovo obnavljanje se vrši u radionici za održavanje vanrednom popravkom neispravnog sastavnog dela. Srednje vreme takvog obnavljanja je:

$$t'_{jIR} = t_{jao} + t'_{ja} + t'_{jp} \quad (7)$$

gde je:

t_{jao} — srednje vreme opravke sastavnog dela;

t'_{ja} — srednje vreme zastoja sastavnog dela zbog administrativnih razloga, pri vanrednoj popravci tog dela;

t'_{jp} — srednje vreme zastoja sastavnog dela zbog nedostatka rezervnih delova, pri vanrednoj popravci tog dela.

Izuzeti rezervni deo, iz kompleta rezervnih delova, obnavlja se u radionici za održavanje redovnom opravkom zamenjenog dela. Srednje vreme ovog obnavljanja dato je izrazom:

$$t_{jIR} = t_{jao} + t_{ja} + t_{jp} \quad (8)$$

gde je:

t_{ja} — srednje vreme zastoja sastavnog dela zbog administrativnih razloga, pri redovnoj popravci tog dela;

t_{jp} — srednje vreme zastoja sastavnog dela zbog nedostatka rezervnih delova pri redovnoj popravci tog dela.

Kod popravljivih sastavnih delova, koji se u radionici redovno popravljaju (vraćaju se u komplet rezervnih delova), njihov j-ti popravljivi sastavni deo

u radionici se redovno obnavlja i vreme tog obnavljanja dato je izrazom (8).

Na osnovu izraza (5) dobija se da je srednje vreme zastoja sredstva i njegovih popravljivih sastavnih delova, koji se u radionici vanredno popravljaju, zbog nedostatka j-tog popravljivog rezervnog dela:

$$t'_{p,II} = t_{j0} (1 - P_{jI}) + t'_{jIR} P_{jI} = t_{j0} + (t'_{jIR} - t_{j0}) P_{jI} \quad (9)$$

Srednje vreme zastoja sastavnih delova sredstva, koji se u radionici redovno opravljaju, dato je izrazom:

$$t_{p,II} = t_{j0} + (t_{jIR} - t_{j0}) P_{jI} \quad (10)$$

U izrazima (9) i (10) P_{jI} predstavlja verovatnoću otkaza kompleta rezervnih delova u slučaju potrebe j-tog popravljivog rezervnog dela:

$$P_{jI} = \frac{A_j^{n_j}}{n_j! \sum_{z=0}^{n_j} \frac{A_j^z}{z!}} \quad (11)$$

gde je:

n_j — broj j-tih delova u kompletu.

$$A_j = t_{jIR} \lambda_{juk} \quad (12)$$

U izrazu (12) λ_{juk} predstavlja ukupni intenzitet otkaza svih j-tih sastavnih delova, koji se obnavljaju u kompletu. U slučaju da se u radionici popravljaju samo sredstva zamenom j-tog sastavnog dela, ukupni intenzitet otkaza je:

$$\lambda_{juk} = \lambda_j b \quad (13)$$

gde je:

λ_j — intenzitet otkaza j-tog sastavnog dela;

b — broj sredstava koji se održavaju u radionici.

Na slici 2 prikazana je zavisnost srednjeg vremena zastoja sredstva zbog

nedostatka rezervnog dela ($t'_{pl}[h]$) od broja tih delova u kompletu rezervnih delova (n).

Sl. 2

Na slici 3 prikazana je zavisnost srednjeg vremena zastoja sredstva zbog nedostatka rezervnog dela od srednjeg vremena opravke tog sastavnog dela ($t_{ao}[h]$).

Sl. 3

Snabdevanje sa dva nivoa snabdevanja

Snabdevanje popravljivim rezervnim delom sa dva nivoa izvodi se u slučaju popravke tog dela na neposredno višem nivou održavanja od nivoa na kojem je zamenjen (sl. 4).

Sl. 4 Snabdevanje popravljivim rezervnim delom sa dva nivoa snabdevanja

Obnavljanje neispravnog sastavnog dela izvodi se u kompletu rezervnih delova, koji je na nivou na kojem se deo zamenjuje (komplet I). Srednje vreme obnavljanja dato je izrazom (6).

Ako u kompletu I, dela nema, on se obnavlja u kompletu K, koji je na višem nivou snabdevanja. Srednje vreme ovakvog obnavljanja je:

$$t_{jIK} = t_{jo} + t'_{ji} \quad (14)$$

gde je:

t'_{ji} — srednje vreme vanredne popune rezervnim delom kompleta na I nivou iz kompleta na K nivou.

U slučaju da dela nema ni u kompletu K on se obnavlja u radionici za održavanje na K nivou. Srednje vreme ovog obnavljanja je:

$$t'_{jIKR} = t_{jo} + t'_{ji} + t'_{jKR} \quad (15)$$

gde je:

$$t'_{jKR} = t'_{jtr} + t_{jao} + t'_{ja} + t'_{jp} + t_{joo} \quad (16)$$

gde je:

t'_{jtr} — srednje vreme vanrednog transporta dela od radionice na I nivou do radionice na K nivou održavanja;

t_{j00} — srednje vreme dopremanja dela od radionice do kompleta na K nivou.

Izuzeti deo iz kompleta I redovno se obnavlja u kompletu K ili u radionici na K nivou. Srednje vreme obnavljanja dela u kompletu K je:

$$t_{jIK} = t_{jI} \quad (17)$$

gde je:

t_{jI} — srednje vreme redovne popune rezervnim delom kompleta na I nivou iz kompleta na K nivou.

Srednje vreme obnavljanja dela u radionici je:

$$t_{jIKR} = t_{j0} + t_{jI} + t_{jtr} + t_{jao} + t_{ja} + t_{jp} + t_{j00} \quad (18)$$

gde je:

t_{jtr} — srednje vreme redovnog transporta dela od radionice na I nivou do radionice na K nivou održavanja.

Izuzeti deo iz kompleta K redovno se obnavlja u radionici na K nivou. Srednje vreme obnavljanja je:

$$t_{jKR} = t_{jtr} + t_{jao} + t_{ja} + t_{jp} + t_{j00} \quad (19)$$

Srednje vreme zastoja elektronskog uređaja i njegovih popravljivih sastavnih delova, koji se u radionici vanredno popravljaju, zbog nedostatka j-tog popravljivog sastavnog dela je:

$$t'_{pIK} = t_{j0} + t'_{jI} [P_{jIK} \cdot (1 - P_{jKR}) + P_{jIR} \cdot P_{jKR}] + t'_{jKR} \cdot P_{jIR} \cdot P_{jKR} \quad (20)$$

P_{jIK} predstavlja verovatnoću otkaza kompleta I u slučaju da je na I nivou održavanja potreban j-ti deo, pod uslovom da taj deo postoji u kompletu K:

$$P_{jIK} = \frac{n_j A_{jIK}}{n_j ! \sum_{z=0}^{n_j} A_{jIK}^z / z!} \quad (21)$$

gde je:

$$A_{jIK} = t_{jI} \lambda_{jIuk} \quad (22)$$

gde je:

λ_{jIuk} — ukupni intenzitet svih j-tih sastavnih delova, koji se obnavljaju u kompletu I.

P_{jIR} predstavlja verovatnoću otkaza kompleta I u slučaju da je na I nivou održavanja potreban j-ti deo, pod uslovom da taj deo ne postoji u kompletu K:

$$P_{jIR} = \frac{n_j A_{jIR}}{n_j ! \sum_{z=0}^{n_j} A_{jIR}^z / z!} \quad (23)$$

gde je:

$$A_{jIR} = t_{jIKR} \cdot \lambda_{jIuk} \quad (24)$$

P_{jKR} predstavlja verovatnoću otkaza kompleta K u slučaju potrebe j-tog dela:

$$P_{jKR} = \frac{m_j A_{jKR}}{m_j ! \sum_{z=0}^{m_j} A_{jKR}^z / z!} \quad (25)$$

$$A_{jKR} = t_{jKR} \cdot \lambda_{jKuk} \quad (26)$$

gde je:

m_j — broj j-tih delova u kompletu K;

λ_{jKuk} — ukupni intenzitet otkaza svih j-tih sastavnih delova, koji se obnavljaju u kompletu K.

Srednje vreme zastoja popravljivih sastavnih delova, koji se u radionici redovno popravljaju, zbog nedostatka j-tog popravljivog dela je:

$$t'_{pJK} = t_{jo} + t_{jI} \cdot [P_{jIK} \cdot (1 - P_{jKR}) + P_{jIR} \cdot P_{jKR}] + t_{jKR} \cdot P_{jIR} \cdot P_{jKR} \quad (27)$$

Sl. 5

Na slici 5 prikazana je zavisnost srednjeg vremena zastoja sredstva zbog nedostatka rezervnog dela (t'_{pK} [h]) od broja tih delova u kompletu K (m).

Na slici 6 prikazana je zavisnost srednjeg vremena zastoja sredstva zbog nedostatka rezervnog dela od srednjeg vremena redovnog transporta od radionice na I nivou do radionice na K nivou održavanja (t_{tr} [h]).

Sl. 6

Zaključak

Srednje vreme zastoja elektronskog sredstva zbog snabdevanja rezervnim delovima predstavlja, pored cene snabdevanja, osnovni kriterij za optimizaciju zaliha rezervnih delova. U radu su dati izrazi za srednja vremena zastoja sredstva zbog nedostatka jednog rezervnog dela, u slučajevima snabdevanja sa jednog i dva nivoa snabdevanja. Pomoću izraza (5) to vreme je moguće odrediti i u slučajevima snabdevanja sa više nivoa od dva. Na osnovu tih izraza i opštih izraza, datih na početku rada, moguće je odrediti srednje vreme zastoja bilo koje vrste elektronskih sredstava, za bilo koju varijantu njihovog održavanja.

Literatura:

- [1] Kuljbak L. I.: »Osnovi račeta obesprećenja elektronoj aparaturi zapasnim elementami«, Sovetskoe radio, Moskva, 1970.
- [2] Korolija D.: »Model snabdjevanja modularno građenih elektroničkih uređaja rezervnim dijelovima«, Magistarski rad, Zagreb, ETF, 1988.
- [3] Korolija D.: »Snabdevanje modularno građenih tehničkih sredstava rezervnim delovima, Brioni, Zbornik radova SYMOPIS'88, 1988.
- [4] Blanchard B.: »Logistics engineering and management«, New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1986.