

Sisteminis informacijos procesų rezervavimas

D. Šinickas

*Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas,
Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva, tel. +370 686 55693, el. p. donatas.sinickas@ktu.lt*

Įvadas

Elektroninių priemonių (EP) efektyvumo lygį lemia jose panaudotų elektroninių įtaisų (EĮ) bei juose vykstančių procesų savybės. Tobulėjant EĮ, jų patikimumo įtaka EP efektyvumui vis mažėja, nors jos dar negalima nepaisyti, ypač tada, kai šie įtaisai sudėtingi (sudaryti iš daugybės komponentų). Procesų įtaka EP efektyvumui nuolat didėja, o jų gausa lemia nedideles jo rodiklių vertes.

Norint padidinti EP efektyvumą, reikia sudaryti EĮ informacijos procesų, laiko, energijos perteklius [1]. Sprendžiant šį uždavinį, sudaromos įvairios rezervavimo schemos, bandoma rasti optimalų rezervavimo lygį. Tačiau literatūros šaltiniuose pateikti rezervavimo metodai [2,3] apsiriboja kurio nors vieno pertekliaus įtakos EP efektyvumui tyrimo rezultatu panaudojimu.

Daugelis perteklių yra tarpusavyje susiję arba net negalimi vienas be kito. Pavyzdžiui, beprasmiška sudaryti įtaisų (rezervuojamų pakeičiant) perteklių, nesudarant laiko pertekliaus. Norint padidinti EP efektyvumą – užduoties įvykdymo tikimybę, galima didinti rezervavimo įtaisų ar (ir) procesų skaičių arba (ir) leistiną užduoties vykdymo trukmę. Kiekvieno pertekliaus sudarymas padidina sąnaudas ir keičia nuostolius.

Akivaizdu, kad susidaro optimalaus sisteminio rezervavimo uždavinys. Šį uždavinį galima spręsti determinuotai (naudojant vidutines rodiklių vertes) arba statistiškai (naudojant pirminių rodiklių verčių skirstinių išraiškas).

Panagrinėkime informacijos procesų sisteminio rezervavimo galimybes. Pirmiausia nustatykite įtaisų (procesų), paskui laiko perteklių įtaką EP efektyvumui ir pagaliau pabandykite parinkti racionalų jų derinį.

Įtaisų (procesų) pertekliaus parinkimas

Sudarant EĮ (procesų) ir (ar) jų sistemas, būtina tinkamai parinkti jų technines galimybes (uždavinio sprendimo spartą, informacijos, atminties apimtį, skaičiavimo galimybes ir kt.). Kiekvieno iš šių uždavinių sprendimo metodai skirtingi, bet principai panašūs. Sprendžiant bet kurį iš tų uždavinių, pirmiausiai [2] suformuluojama komplekso (sistemos) vertės samprata, paskui pasirenkamas komplekso ar sistemos efektyvumo rodiklis, sudaromas sprendimo metodas, įvertinamos

panaudojimo sąlygos, gedimų pasekmės ir galiausiai randamas reikiamas sprendimas.

Panagrinėkime sistemos su lygiagrečiai veikiančiais komponentais sudarymo metodą.

Dažnai dalis EĮ (procesų) sistemų komponentų veikia lygiagrečiai ir atlieka tą pačią funkciją. Tokių sistemų funkcinės galimybės (efektyvumas) priklauso nuo jų struktūros. Tačiau nuo jos priklauso ir kitos savybės: kaina ir patikimumas.

Panagrinėkime tokių sistemų greitaveiką. Kai kuriais atvejais tokiai analizei tinka [2] siūlomas metodas.

Gana bendras sistemos tinkamumo eksploatuoti rodiklis – užduoties įvykdymo per nustatytą laiką tikimybė. Dalį laiko, sistema vykdo užduotį (τ_d), kitą dalį (τ_a), jis atkuriamas (taisomi įtaisai ar atkuriami sutrikę procesai). Jei užduočiai vykdyti skirtas laikas (τ_l) normuojamas, tai

$$\tau_l = \tau_d + \tau_a. \quad (1)$$

Laikas τ_d atvirkščiai proporcingas greitaveikai. Greitaveiką galima didinti didinant EĮ (procesų) apkrovą, didinant veiksmų, signalų intensyvumą arba didinant lygiagrečiai veikiančių ir dalį užduoties atliekančių kanalų skaičių. Pirmuoju atveju daugiau laiko (iš τ_l) lieka EĮ (procesams) atkurti, o antruoju – mažiau apkraunami kanalai. Abu jie didina sistemos patikimumą (palengvina ją atnaujinti). Bet pirmuoju atveju nesutrinkamumas mažėja dėl didesnės apkrovos, o antruoju – dėl papildomų įtaisų panaudojimo (kai kuriais būdais). Dėl padidėjusio gedimų (sutrikimų) srautui atkurti reikia daugiau laiko. Tai mažina užduoties įvykdymo tikimybę. Matyt, optimalia (patikimumo požiūriu) laikytina tokia greitaveika, kai tikimybė įvykdyti užduotį yra didžiausia.

Tariame, kad:

1. greitaveiką galima didinti tik didinant kanalų skaičių;
2. sistemos našumas proporcingas kanalų skaičiui;
3. gedimų (sutrikimų) srauto parametras proporcingas kanalų skaičiui;
4. kanalų gedimo (sutrikimų) srauto parametras ir darbo, ir taisymo režimu yra tas pats;
5. atkuriant bent vieną kanalą, sistema neveikia;
6. sistemos atkūrimo trukmė nepriklauso nuo kanalų skaičiaus.

Užduoties įvykdymo tikimybę galima traktuoti kaip:

- tikimybę, kad per laiką τ_l darbo trukmė bus ne trumpesnė už reikalingą τ_d ;
- tikimybę, kad per laiką τ_l suminė atkūrimo trukmė bus ne ilgesnė kaip τ_a ;
- tikimybę, kad per laiką τ_a pasiseks pašalinti visus per laiką τ_l įvykusius gedimus (sutrikimus).

Toliau naudokime trečiąją sąvoką.

Tarkime, kad sistemos gedimų (sutrikimų) skaičius per laiką τ_l ir atkūrimų (taisymų) skaičius per laiką τ_a yra atsitiktiniai diskretiniai dydžiai.

Diskretinių atsitiktinių dydžių matematinė viltis

$$M[x] = \sum_{i=1}^{\infty} x_i p(x_i); \quad (2)$$

čia $p(x_i) - x_i$ vertės tikimybė.

Tikimybės, kad per laiką τ_a bus pašalinti visi per laiką τ_l įvykę gedimai (sutrikimai), matematinė viltis [2]

$$P_0 = \sum_{i=0}^{\infty} p(n \geq i) p(m = i); \quad (3)$$

čia $p(n \geq i) -$ tikimybė, kad per laiką τ_a atsitiktinių atkūrimų (taisymų) skaičius n bus ne mažesnis už per šį laiką įvykusių gedimų (sutrikimų) skaičių i ; $p(m = i) -$ tikimybė, kad gedimų (sutrikimų) skaičius per laiką τ_l (t. y. m) bus lygus i . Trumpiau tariant, tai tikimybės, kad įvyks i gedimų, o galėsime pašalinti i ar daugiau. Kai gedimų srautas paprasčiausias,

$$p(m = i) = \frac{\bar{m}^i \cdot e^{-\bar{m}}}{i!}; \quad (4)$$

čia $\bar{m} -$ gedimų (sutrikimų) skaičiaus per laiką τ_l matematinė viltis:

$$\bar{m} = \Lambda_S \cdot \tau_l; \quad (5)$$

$$\Lambda_S = \frac{1}{T_S}. \quad (6)$$

$T_S -$ vidutinė sistemos darbo trukmė tarp gretimų gedimų (sutrikimų).

Atsižvelgiant į prielaidas,

$$\Lambda_S = K \cdot \Lambda_1; \quad (7)$$

čia $\Lambda_1 -$ vieno kanalo gedimų (sutrikimų) srauto parametras; $K -$ kanalų skaičius.

Analogiškai, jei sistemos atkūrimo (pataisymo) tikimybė kinta pagal eksponentinį skirstinį, tai

$$p(n \geq i) = \sum_{n=i}^{\infty} \frac{\bar{n}^n \cdot e^{-\bar{n}}}{n!}; \quad (8)$$

čia $\bar{n} -$ atkūrimų (taisymų) skaičiaus per laiką τ_a matematinė viltis.

$$\bar{n} = \mu \cdot \tau_a; \quad (9)$$

$$\mu = \frac{1}{\tau_{av}}; \quad (10)$$

$\tau_{av} -$ vidutinė sistemos atkūrimų (taisymų) trukmė. Atsižvelgiant į prielaidas, sistemos našumas

$$V_S = K \cdot V_1; \quad (11)$$

$V_1 -$ vieno kanalo našumas;

$$V_S = \frac{1}{\tau_d}; \quad (12)$$

$$V_1 = \frac{1}{\tau_{d1}}; \quad (13)$$

čia $\tau_{d1} -$ laikas, per kurį užduotį įvykdytų vienas kanalas.

Įvertinę (1), (11) ir (13), nustatome, per kiek laiko galėsime pašalinti gedimus (sutrikimus):

$$\tau_a^1 = \tau_l - \frac{\tau_{d1}}{K}. \quad (14)$$

Jei tartume, kad $\tau_a^1 = 0$ (t. y. $\tau_l = \tau_d$ be atkūrimo (taisymo) trukmės), tai šiuo atveju gautume, kad sistemos kanalų skaičius turėtų būti ne mažesnis kaip

$$K_{\min} = \left[\frac{\tau_{d1}}{\tau_l} \right]. \quad (15)$$

Kai $\tau_a = 0$,

$$p(n \geq i) = \begin{cases} 1, & \text{kai } i = 0, \\ 0, & \text{kai } i > 0, \end{cases} \quad (16)$$

galioja (1), (3), (4) bei (5) lygybės, tada $p(n \geq 0) = 1$, o

$$p(m = i) = \frac{\bar{m}^0 \cdot e^{-\Lambda_S \cdot \tau_l}}{0!}. \quad (17)$$

Taigi

$$P_0 = e^{-\Lambda_S \cdot \tau_l}. \quad (18)$$

Kai $\tau_a \neq 0$, o $i > 0$, reikia skaičiuoti tikimybės $P(n \geq i)$ ir $P(m = i)$. Taip galima rasti optimalų patikimumo požiūriu sistemos kanalų skaičių, o kartu ir optimalią įtaiso (proceso) greitaveiką.

Tarkime [2], $\tau_l = 1$ h, $\tau_{d1} = 3$ h, $\Lambda_1 = 0,02$ h⁻¹, $\tau_{av} = 0,2$ h, $\mu = 5$ h⁻¹. Raskime greitaveiką, kuri garantuotų didžiausią užduoties įvykdymo per laiką τ_l tikimybę:

$$\Lambda_S = K \cdot \Lambda_1 = 0,02 \cdot K, \quad (19)$$

$$\bar{m} = 0,02 \cdot K \cdot 1 = 0,02 \cdot K, \quad (20)$$

$$\tau_d = \frac{\tau_{d1}}{K} = \frac{3}{K}, \quad (21)$$

$$\tau'_a = 1 - \frac{3}{K}, \quad (22)$$

$$\bar{n} = \mu \cdot \tau'_a = 5 \left(1 - \frac{3}{K} \right) = 5 - \frac{15}{K}. \quad (23)$$

Iš (15) randame, kad $K_{min}=3$. Kai $K > 3$,

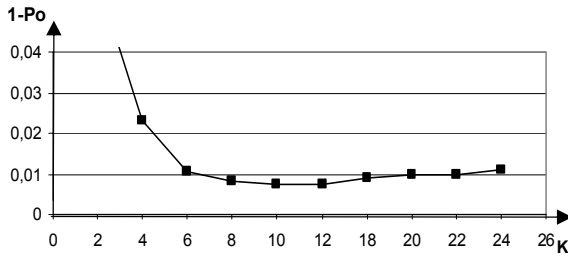
$$\bar{m} = 0,02 \cdot K, \quad (24)$$

$$p(m=i) = \frac{\bar{m}^i \cdot e^{-\bar{m}}}{i!}, \quad (25)$$

apskaičiuojame tikimybes $P(m=0)$, $P(m=1)$, ..., $P(m=\infty)$. Analogiškai apskaičiuojame tikimybes $P(n \geq 0)$, $P(n \geq 1)$, ..., $P(n \geq \infty)$ ir P_0 . Gaunama funkcija:

$$f'(K) = 1 - P_0. \quad (26)$$

Jos grafikas pateiktas 1 pav.



1 pav. Funkcijos $1-P_0=f'(K)$ grafikas

Jame matyti, kad maksimali tikimybės P_0 vertė pasiekama, kai $K=12$. Tačiau esmingai ji keičiasi nuo $K=3$ iki $K=6$. Keičiant K nuo 6 iki 12 (26) funkcijos vertė pasikeičia tik nuo 0,011 iki 0,0075, t. y. 32 %. Ekonominiu požiūriu geriau, kai K yra mažas. Be to, ekonominė tikslo funkcija sudarytų galimybes susieti įtaisų (procesų) ir laiko perteklius.

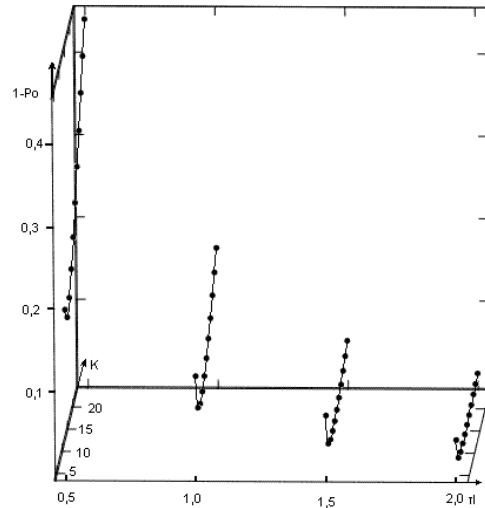
Laiko perteklių įtakos efektyvumui tyrimas

Norėdami įvertinti laiko pertekliaus įtaką EP efektyvumui, keiskime τ_l vertes (0,5; 1,0; 1,5; 2,0...) ir apskaičiuokime (26) formule apibūdinamos funkcijos vertes bei sudarykime šios funkcijos grafikus. Iš 2 pav. matyti, kad, didėjant τ_l , užduoties neįvykdymo tikimybė ($1-P_0$) mažėja, o minimalios jos vertės gaunamos esant skirtingoms K vertėms (žr. lentelę). Tai rodo τ_l ir K rodiklių verčių sąsają.

Lentelė. Susietų rodiklių vertės

Rodiklio τ_l vertės	Optimalus kanalų skaičius K_0	Užduoties neįvykdymo tikimybės vertė optimaliu atveju (kai $K=K_0$)
0,5	6	0,178
1,0	8	0,063
1,5	8	0,02
2,0	10	0,00547

Tačiau, didėjant τ_l , blogėja EP eksploatacijos rodiklių vertės. Todėl, pasirenkant racionalų τ_l ir K rodiklių verčių derinį, reikėtų atsižvelgti į eksploatacijos nuostolius.



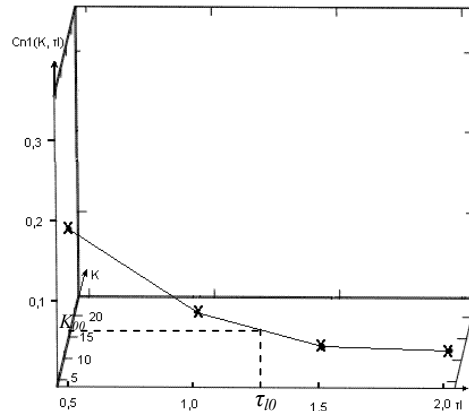
2 pav. Funkcijos $f''(K, \tau_l)$ grafikai

Optimalaus sisteminio rezervavimo lygio parinkimas

Tarkime, kad nuostolius, susijusius su pasirinktu kanalų skaičiumi K ir užduoties neįvykdymo tikimybe ($1-P_0$) (nepaisant τ_l verčių) galima išreikšti taip:

$$C_{n1} = (C_0 + K \cdot C_k) \cdot (1 - P_0); \quad (27)$$

čia C_0 – pastovioji nuostolių dedamoji; C_k – nuostoliai, susiję su vieno (papildomo) kanalo panaudojimu, nepriklausantys nuo K vertės. Kai $C_0=2$ ir $C_k=2$, gauname skirtingus funkcijos $C_{n1}(K, \tau_l)$ grafikus (3 pav.).



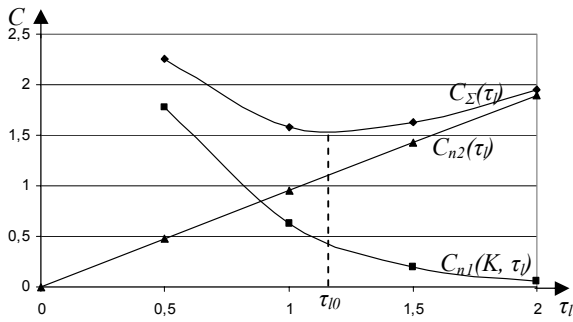
3 pav. Funkcijos $C_{n1}(K, \tau_l)$ sudarymas

Kaip ir 2 paveikslėlyje, esant kiekvienai τ_l rodiklio vertei, randame optimalią K rodiklio vertę (K_0). Akivaizdu, kad kiekvieną K_0 vertę atitiks kita $C_{n1}(K, \tau_l)$ rodiklio vertė. Šios vertės 3 pav. pažymėtos „x“ ženklais. Sujungę „x“ ženklais pažymėtus taškus, gauname kreivę, kurią galima analitiškai užrašyti $C_{n1}(K_0, \tau_l)$ funkcija. Perkelkime šios funkcijos grafiką į 4 pav., kuriame ordinatė nurodo nuostolius (C).

Didėjant τ_l , EP vartotojo nuostoliai keisis (dažniausiai didės). Tarkime, kad juos galima išreikšti funkcija

$$C_{n2}(\tau_l) = a \cdot \tau_l; \quad (28)$$

čia a – pastovusis daugiklis.



4 pav. Funkcijų grafikai

Tada suminiai nuostoliai

$$C_{\Sigma}(\tau_l) = C_{n1}(K_0, \tau_l) + C_{n2}(\tau_l); \quad (29)$$

taip pat kis ir galbūt turės ekstremumą (minimumą), kurį galėsime rasti naudodami šias sąlygas:

$$\frac{\partial C_{\Sigma}(\tau_l)}{\partial \tau_l} = 0, \quad (30)$$

o

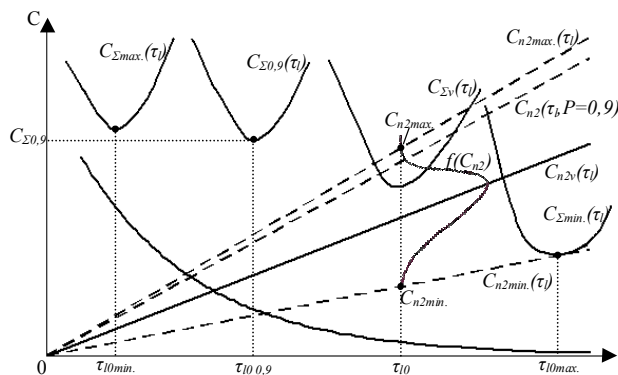
$$\frac{\partial^2 C_{\Sigma}(\tau_l)}{\partial \tau_l^2} > 0. \quad (31)$$

Apskaičiavę optimalią laiko pertekliaus vertę τ_{l0} ir pažymėję ją 3 pav., galime rasti optimalių kanalų skaičių K_{00} . Taip randamas optimalus sisteminio rezervavimo variantas ($K=K_{00}$, $\tau_l=\tau_{l0}$).

Tokių sprendimą galima rasti ir naudojant visą tikslo funkciją. Tačiau antrajam būdai reikėtų daugiau pastangų.

Statistinio sprendimo galimybių tyrimas

Taip sprendžiant sisteminio rezervavimo uždavinį, naudojamos vidutinės rodiklių vertės. Dažnai daugelio rodiklių (pvz., λ_{ES} , μ , V_1 , V_{ES} , $C_{n2}(\tau_l)$ ir kt.) vertės būna atsitiktinės. Panaudojus optimizavimo metu vidutinės jų vertės, sprendimo optimalumą galima garantuoti tik su palyginti nedidele tikimybe. Tenka kurti statistinio vertinimo metodus. Tai tolesnių tyrimų objektas. Čia panagrinėkime tik patį vertinimo principą.

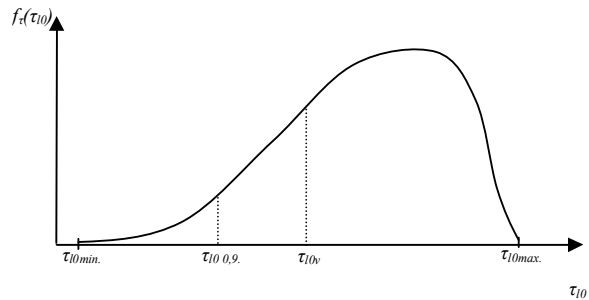


5 pav. Statistinio vertinimo iliustracija

Tarkime, kad $C_{n2}(\tau_l)$ rodiklio vertės yra iš dalies atsitiktinės, o jų skirstinio tankis (kai $\tau_l=\tau_{l0}$) – $f(C_{n2})$ arba net $f(C_{n2}, \tau_l)$ (kai jis yra laiko funkcija). Vidutinės $C_{n2}(\tau_l)$ rodiklio vertės kitimą apibūdina $C_{n2v}(\tau_l)$ funkcija. Tada, pasinaudoję 4 pav., gautume skirtingus $C_{\Sigma}(\tau_l)$ rodiklio verčių grafikus (5 pav.), t.y. $C_{\Sigma max}(\tau_l)$, $C_{\Sigma v}(\tau_l)$ ir $C_{\Sigma min}(\tau_l)$ (atitinkamai, kai $C_{n2}=C_{n2 max}$, $C_{n2}=C_{n2 v}$ ir $C_{n2}=C_{n2 min}$).

Minimalūs ($C_{n2 min}$), vidutiniai ($C_{n2 v}$) ir maksimalūs ($C_{n2 max}$) nuostoliai lemia atitinkamai minimalius ($C_{\Sigma min}(\tau_l)$), vidutinius ($C_{\Sigma v}(\tau_l)$) ir maksimalius ($C_{\Sigma max}(\tau_l)$) suminius nuostolius, o šie – maksimalią ($\tau_{l0 max}$), vidutinę (τ_{l0}) ir minimalią ($\tau_{l0 min}$) laiko pertekliaus vertes.

Taip susidaro galimų sprendimų skirstinio tankio funkcija (6 pav.).



6 pav. Funkcijos $f_{\tau}(\tau_{l0})$ grafikas

Iš 5 pav. matyti, kad su tikimybe $P=0,9$ galėtume garantuoti, jog $C_{n2}(\tau_l)$ rodiklio dinamika bus ne blogesnė nei $C_{n2}(\tau_l, P=0,9)$. O esant šiai priklausomybei, suminiai nuostoliai kis $C_{\Sigma 0,9}(\tau_l)$ funkcija. Todėl racionali laiko pertekliaus rodiklio vertė bus $\tau_{l0,0.9}$ (5 ir 6 pav.). Perkėlę ją į 3 pav., rastume rodiklio K vertę $K_{00,0.9}$. Pasirinkę $\tau_{l0,0.9}$ ir $K_{00,0.9}$ verčių derinį, su tikimybe $P=0,9$ galėtume teigti, kad suminiai nuostoliai šio sisteminio rezervavimo atveju neviršys $C_{\Sigma 0,9}$ vertės.

Išvados

Tobulėjant EP ir kartu išryškėjant vis naujoms jų savybėms, neišvengiamai didėja perteklių įvairovė, pasireiškia sąsajos tarp šių perteklių ir susidaro sisteminio rezervavimo problema.

Viena aktualiausių tampa informacijos procesų sisteminio rezervavimo problema.

Naudojant sąlyginių optimumų paieškos metodiką, galima gerokai supaprastinti informacijos procesų sisteminio rezervavimo uždavinius.

Pasinaudoję statistiniais metodais, galime rasti racionalių sisteminio rezervavimo variantą, su tam tikra tikimybe garantuojantį, kad suminiai nuostoliai neviršys apskaičiuotos jų vertės.

Literatūra

1. Balaišis P., Eidukas D., Valinevičius A., Žilys M. Informacinių elektroninių sistemų efektyvumas.– Kaunas: Technologija, 2004. –359 p.
2. Balaišis P., Eidukas D. Elektroninių įtaisų patikimumas: eksploatacija. Antroji knyga. Elektroninių įtaisų eksploatacija.–Kaunas: Technologija, 2000. –264 p.

3. **Eidukas D., Balaišis P. J., Vengraitis A.** Perteklių įtakos elektroninių sistemų patikimumui tyrimas//Elektronika-2001.–Kaunas: Technologija, 2001. –P.52-59.

Pateikta spaudai 2005 03 22

D. Šinickas. Sisteminis informacijos procesų rezervavimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 8(64). – P. 37–41.

Pateikiama sistemos su lygiagrečiai veikiančiais komponentais sudarymo metodika. Išnagrinėtas įtaisų (procesų) pertekliaus parinkimas atsižvelgiant į tokių sistemų greitaveiką. Pasirinktas bendras sistemos tinkamumo eksploatuoti rodiklis – užduoties įvykdymo per nustatytą laiką tikimybė. Gautos išraiškos, kuriomis galima rasti optimalų patikimumo požiūriu sistemos kanalų skaičių, o kartu ir optimalią įtaiso (procesų) greitaveiką. Ištirta laiko pertekliaus įtaka elektroninių priemonių efektyvumui. Gautos užduoties neįvykdymo tikimybių priklausomybės nuo užduoties vykdymo laiko ir lygiagrečiai veikiančių kanalų skaičiaus. Ištirtas optimalaus sisteminio rezervavimo lygio parinkimas įvertinus nuostolius pasirenkant kanalų skaičių, nuostolius, susidariusius dėl užduoties vykdymo trukmės ir dėl užduoties neįvykdymo. Ištirtos statistinio rezervavimo uždavinio sprendimo galimybės. Il.6, bibl.3 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

D. Sinickas. Information Process Systemic Reservation // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 8(64). – P. 37–41.

There is proposed the methodology of the system which components working parallel. Researched device (process) excess reservation considering quick-acting of that system. Probability of task completion in given time is taken for system ready to explore main parameter. We realize expressions, from which is possible to find optimal number of channels in viewing of reliability and also optimal quick-acting of device (process). Researched electronic means efficiency impact of time excess. We get fall down task probability dependence on task completion time and number of parallel working channels. Researched optimal selection of systemic reservation level considering waste on selection number of channels, waste on task execution time and task fall down. Investigated statistic solution of reservation possibilities. Ill.6, bibl.3 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

Д. Шиницкас. Системное резервирование информационных процессов // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 8(64). – С.37–41.

Предлагается методология создания систем, в которых компоненты работают параллельно. Исследованы возможности подбора резерва для приборов (процессов), рассматривая быстродействие такой системы. Выбран общий параметр готовности системы для эксплуатации – вероятность успешного завершения задачи за ограниченное время. Выведены выражения, при помощи которых можно найти оптимальное с точки зрения надежности количество каналов, а также оптимальное быстродействие приборов (процессов). Исследовано влияние избытка времени на эффективность электронной системы. Получена зависимость вероятности невыполнения задачи от заданного времени завершения и числа параллельно работающих каналов. Показана возможность выбора оптимального уровня системного резервирования, учитывая ущерб, полученный от увеличения числа параллельно работающих каналов, времени исполнения задачи и вероятность её незавершения. Расследована возможность оптимизации уровня резервирования путем статистического решения задачи. Ил.6, библи.3 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).