

Gamybos modulio valdymo efektyvumo vertinimas

P. Balaišis, D. Eidukas, E. Keras, A. Žickis

Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas,
Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 351389, el. p. andrius.zickis@gmail.com

L. Gočelkienė

Vilniaus technikos kolegija,
Olandų g. 50, LT-0110 Vilnius, Lietuva, tel. +370 5 2610398

Įvadas

Didėjant produkcijos gamybos apimtims, konkurencijai rinkoje ir norint realizuoti vis daugiau gaminių, neišvengiamai reikia didinti jų nomenklatūrą, kad kuo geriau būtų tenkinami kiekvieno vartotojo poreikiai. Įmonės skatinamos didinti elektroninių įtaisų (EĮ) nomenklatūrą. Kiekvieno tipo EĮ gamyboje naudojami įvairūs procesai (mechaninio paruošimo, padengimo, plastmasių gamybos, spausdintinių plokščių gamybos, mazgų surinkimo ir kt.). Todėl tuo pačiu metu gaminant keletą tipų EĮ, šiuos procesus reikia nuolat perderinti. Didinant gamybos efektyvumą (mažinant EĮ savikainą), reikia minimizuoti transportavimo, sandėliavimo ir kitas sistemas – sumažinti joms skirtas sąnaudas. Todėl kiekviena detalė turi būti pagaminta tuo metu, kai jos prireikia kituose procesuose. Susidaro būtinybė didinti EĮ gamybos lankstumą. Tačiau žmogus jau nebesugeba efektyviai valdyti visos gamybos ir turi patikėti tai automatinėms elektroninėms valdymo sistemoms. Vienos iš jų valdo ruošinių, gaminių, įrankių ir kt. kaupiklius, kitos technologinius gamybos įtaisus (stakles, krosnis, ...), trečios – pramoninius robotus, transporto priemones, sandėlius ir daugybę kitų įrenginių. Kad jie visi darniai funkcionuotų, būtina koordinuoti jų darbą. Taip susidaro hierarchinės EĮ gamybos valdymo sistemos, kurių pagrindą sudaro daugybė elektroninių priemonių. Didėjant hierarchinių lygių skaičiui, tikimybė, kad visi jie efektyviausiu būdu atliks savo funkcijas, sparčiai mažėja. Todėl šioje srityje pirmaujančių Japonijos firmų specialistai tiesiog meldžiasi įmonės valdymo sistemų efektyvumui [1].

Gamybos modulio valdymo sistemos struktūra

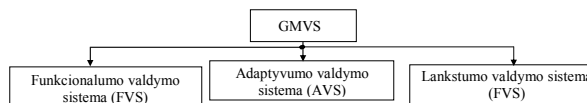
Pagrindiniai gamybos modulio valdymo sistemos (GMVS) komponentai pateikti 1 pav.

Jei kiekvieno komponento ir visos sistemos efektyvumus, kaip tarpusavyje nepriklausomus dydžius,

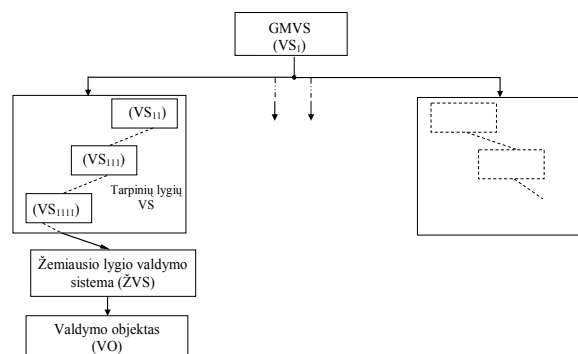
apibūdintume užduočių įvykdymo tikimybėmis [1], tai juos galėtume susieti taip:

$$E_G = E_F \cdot E_A \cdot E_L; \quad (1)$$

čia E_G , E_F , E_A ir E_L – gamybos modulio, jo funkcionavimo, adaptyvumo ir lankstumo valdymo sistemų efektyvumai. FVS, AVS ir LVS – tai hierarchinės sistemos, kurių apibendrinta struktūra pateikta 2 pav.



1 pav. GMVS struktūra



2 pav. GMVS hierarchija

Todėl bet kurios paskirties sistemų (pvz., FVS) efektyvumas

$$E_F = E_{VS1} \cdot E_{VS1-11} \cdot E_{VS11-1} \cdot E_{VS11} \cdot E_{VS11-111} \times \\ \times E_{VS111-11} \cdot E_{VS11} \cdot \dots \cdot E_{VS1jk} \cdot \dots \cdot E_{VS1jk} \cdot \dots \cdot ijkl \cdot \dots \times \\ \times \dots \cdot E_{ZVS} \cdot E_{VO}; \quad (3)$$

čia $E_{VSijk\dots}$ – i -ojo lygio j -ojo posistemio k -osios valdymo sistemos efektyvumas; $E_{VSijk\dots-ijkl\dots}$ – i -ojo lygio j -ojo posistemio k -osios valdymo sistemos sąsajos su jai pavaldžia l -ąja sistema efektyvumas; $E_{\dot{Z}VS}$ – žemiausio lygio valdymo sistemos efektyvumas; E_{VO} – valdymo objekto funkcionavimo efektyvumas. Visi šie efektyvumai keičiasi, kintant situacijoms ir laikui. Todėl

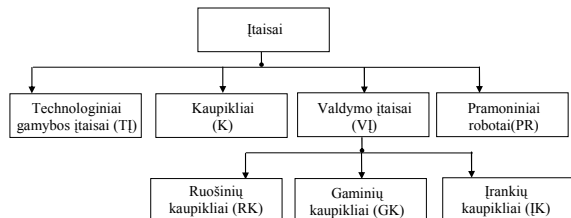
$$E_{VO}(t) = P_{VO}(t) \cdot \sum_{i=1}^M P_{Si}(t) \cdot E_{VOSi}; \quad (4)$$

čia $P_{VO}(t)$ – tikimybė, kad laiku t visi VO įrenginiai veiks; $P_{Si}(t)$ – tikimybė, kad laiku t susidarys i -oji valdymo situacija ar jų derinys (iš M tarpusavyje nesuderinamų situacijų); E_{VOSi} – VO funkcionavimo efektyvumas, susidarius i -ajai situacijai;

$$\sum_{i=1}^M P_{Si}(t) = 1,0; \quad (5)$$

$$E_{\dot{Z}VS} = \prod_{j=1}^N E_{\dot{Z}Vj} \cdot \prod_{k=1}^D E_{\dot{Z}Pk}; \quad (6)$$

čia $E_{\dot{Z}Vj}$ – žemiausiojo lygio valdymo sistemoje ir VO naudojamo j -ojo techninio įtaiso efektyvumas; $E_{\dot{Z}Pk}$ – šioje sistemoje naudojamų k -ųjų procesų efektyvumas; N ir D – bendras įtaisų ir procesų (atitinkamai) skaičius. Dažniausiai naudojamų įtaisų skirstymas pateiktas 3 pav.



3 pav. ŽVS ir VO įtaisų skirstymas

$VS_1 \div VS_{1111}$ – efektyvumą daugiausia lemia VI ir juose vykstantys procesai. Šiuolaikinių sąsajų 11-1, 111-11, 1111-111 efektyvumai artimi vienetui. Todėl jų galima neskaičiuoti. Sąsajų atvirksčia kryptimi efektyvumą lemia tai, kaip efektyviai aukštesnio lygio sistema valdo žemesnio lygio sistemą. Todėl [2]

$$E_{VS_{1-11}}(t) \approx E_{11S}^{(1)}(t); \quad (7)$$

čia $E_{11S}^{(1)}(t)$ – 1-ojo lygio sistemos (VS_1) efektyvumas laiku t , valdant VS_{11} .

GMVS hierarchiją lemia valdymo procesų hierarchija. Tačiau ji gali būti ir kitokia [2]. Racionaliausią hierarchijų lygių skaičių galima rasti, naudojant šį operatorių [2]:

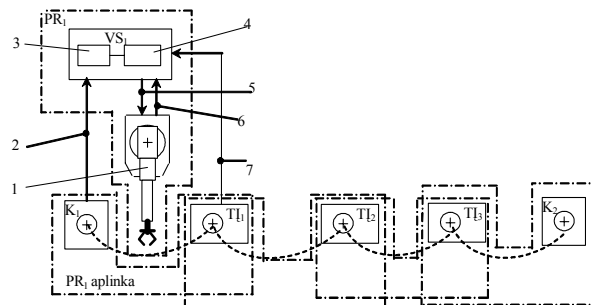
$$\max_H = E_F(t, H), \quad H = 2, 3, \dots, K; \quad (8)$$

čia H hierarchinių lygių skaičius; K – skaičiavimo metu apžvelgiamų lygių skaičius.

Pasinaudoję [2] pateiktu metodu, patyrinėkime GMVS efektyvumą.

GMVS efektyvumo tyrimas

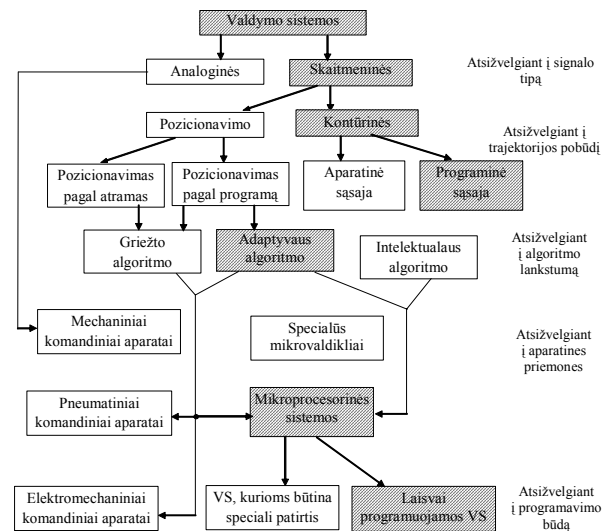
Pasirinkime [3,4] tipizuotą integrinių mikroschemų gamybos komplekso [1] modulį, kurį sudaro (4 pav.) du kaupikliai (K), trys technologiniai įtaisai (TI) ir keturi pramoniniai robotai su jų valdymo sistemomis.



4 pav. Gamybos modulio struktūra (komplekso atveju)

Šiame paveiksle: 1 – PR manipulatorius; 2 ir 7 – informacijos apie PR aplinką šruntai; 3 – PR VS informacijos keitimo blokas; 4 – PR VS atmintis; 5 ir 6 – informacijos apie manipulatoriaus valdymą ir jo būseną šruntai.

Nepaisydami kaupiklių (K_1 ir K_2) ir technologinių įtaisų ($TI_1 \div TI_3$) valdymo, tyrimams pasirinkime pramoninių robotų ($PR_1 \div PR_4$) valdymo sistemas ($VS_1 \div VS_4$). Parinkdami valdymo tipą, pasinaudokime 5 pav. pateikta PR VS klasifikacija.

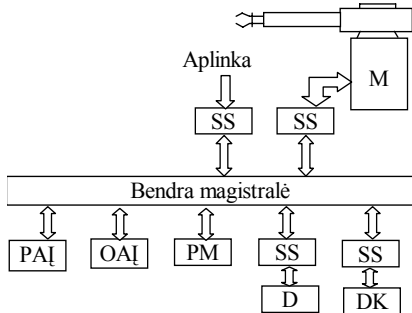


5 pav. PR VS klasifikavimas

Šiems PR valdyti atrinkime 5 pav. užbrūkšniuotas VS klases. Skaitmeninio valdymo privalumai abejonių nekelia. Kontūrinis valdymas pasirinktas todėl, kad su vienu TI dirbs du PR. Šiuo atveju jie turi koordinuoti savo judesius. Todėl pozicionavimo valdymas netinka. Pasirinkta, kad šioms technologinėms operacijoms atlikti pakaks adaptyviojo valdymo. Naudojant intelektualaus valdymo sistemas, gerokai padidėja įrenginių kaina ir produkcijos

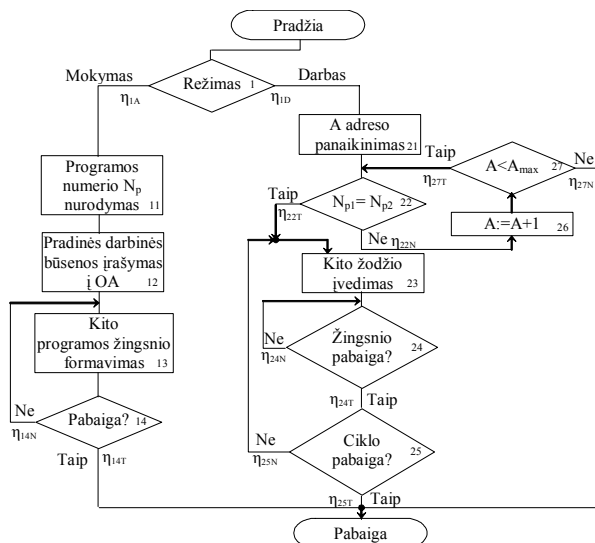
savikaina. Laisvai programuojamomis vadinamos VS, kurios užtikrina vartotojui patogų perprogramavimą.

Apibendrinta tipinės mikroprocesorinės VS schema pateikta 6 pav. [4], kur M – manipulatorius; SS – sąsajos suderintuvas; PM – procesorinis modulis; PAĮ ir OAĮ – pastoviosios ir operatyviosios atminties įtaisai; D – monitorius; DK – diskinis kaupiklis. Laisvai programuojamos VS pastoviosios atminties įtaise saugomas ne valdymo algoritmas ar programa, o valdymo programos sudarymo algoritmas.



6 pav. Apibendrinta tipinė mikroprocesorinės VS schema

PR VS veikimo algoritmas pateiktas 7 pav.



7 pav. PR VS veikimo algoritmas (A – adresas; N_{p1} ir N_{p2} – įrenginio pareikalautos ir adrese nurodytos programų numeriai; A_{max} – maksimalus A numeris)

„Žodžiu“ šiame algoritme vadinama visų tuo pat metu vykdomų valdymo komandų visuma.

Tikimybė, kad šis modulis, kurio įtaisai sudaro kompleksą, įvykdys savo užduotis,

$$P_{\Sigma} = P_{K1} \cdot P_{K2} \cdot P_{T11} \cdot P_{T12} \cdot P_{T13} \cdot P_{M1} \cdot P_{M2} \cdot P_{M3} \cdot P_{M4} \times P_{VS1} \cdot P_{VS2} \cdot P_{VS3} \cdot P_{VS4}. \quad (9)$$

Šioje formulėje pateiktos tikimybės, kad savo užduotis įvykdys kaupikliai, technologiniai įtaisai, manipulatoriai ir VS. Mūsų tikslas – VS efektyvumą vertinimas. Todėl apskaičiuokime paskutinių keturių dauginamųjų vertes. Žinome, kad

$$P_{VS1} = P_{VSE1} \cdot P_{VSP1}; \quad (10)$$

čia P_{VSE1} ir P_{VSP1} – pirmojo PR VS įtaisų ir procesų efektyvumai. Kai šie komponentai būtinai įvykdo savo užduotis, tai jų efektyvumą apibūdina negendamumo (nesutrinkamumo) tikimybės.

Atsižvelgdami į [1-4] pateiktus statistinius duomenis, skaičiavimams naudokime 1 ir 2 lentelėse pateiktus statistinius duomenis.

1 lentelė. EĮ negendamumo rodiklių vertės

Eil. Nr.	Įtaisas	Gedimų intensyvumo rodiklis	Gedimų intensyvumo rodiklio vertė, 1/h
1.	Sąsajos suderintuvas	λ_{SS}	$1,0 \cdot 10^{-6}$
2.	Magistralė	λ_{ξ}	$6,0 \cdot 10^{-6}$
3.	Pastoviosios atminties įtaisas	λ_{PA}	$2,0 \cdot 10^{-4}$
4.	Operatyviosios atminties įtaisas	λ_{OA}	$1,3 \cdot 10^{-4}$
5.	Procesorinis modulis	λ_{PM}	$0,11 \cdot 10^{-3}$
6.	Monitorius	λ_D	$0,19 \cdot 10^{-3}$
7.	Diskinis kaupiklis	λ_{DK}	$0,21 \cdot 10^{-3}$

2 lentelė. Statistinės rodiklių vertės

Eil. Nr.	Komponento numeris	Rodiklio žymėjimas	Rodiklio vertė, 1/h
1.	1	λ_1	$0,1 \cdot 10^{-5}$
2.	11	λ_{11}	$0,8 \cdot 10^{-4}$
3.	12	λ_{12}	$1,2 \cdot 10^{-4}$
4.	13	λ_{13}	$2,0 \cdot 10^{-4}$
5.	14	λ_{14}	$0,1 \cdot 10^{-5}$
6.	21	λ_{21}	$0,19 \cdot 10^{-3}$
7.	22	λ_{22}	$0,1 \cdot 10^{-5}$
8.	23	λ_{23}	$0,19 \cdot 10^{-3}$
9.	24	λ_{24}	$0,1 \cdot 10^{-5}$
10.	25	λ_{25}	$0,1 \cdot 10^{-5}$
11.	26	λ_{26}	$0,2 \cdot 10^{-4}$
12.	27	λ_{27}	$0,1 \cdot 10^{-5}$

Tarkime, kad 3 pav. nurodytų sprendimų tikimybių statistinės vertės yra maždaug tokios, kokios nurodytos 3 lentelėje.

3 lentelė. Sprendimų tikimybių vertės

Eil. Nr.	Tikimybės žymėjimas	Tikimybės vertė
1.	η_{1A}	0,5
2.	η_{1D}	0,5
3.	η_{14T}	0,98
4.	η_{14N}	0,02
5.	η_{22T}	0,99
6.	η_{22N}	0,01
7.	η_{24T}	0,98
8.	η_{24N}	0,02
9.	η_{25T}	0,99
10.	η_{25N}	0,01
11.	η_{27T}	0,99
12.	η_{27N}	0,01

Pasinaudoję „paprasto prietaiso“ [1] prielaida, gauname, kad bendras VS įtaisų gedimų intensyvumas yra:

$$\lambda_{VSEI1} = 4\lambda_{SA} + \lambda_{\xi} + \lambda_{PA} + \lambda_{OA} + \lambda_{PM} + \lambda_D + \lambda_{DK} =$$

$$= 4 \cdot 0,001 \cdot 10^{-3} + 0,006 \cdot 10^{-3} + 0,2 \cdot 10^{-3} + 0,13 \cdot 10^{-3} +$$

$$+ 0,11 \cdot 10^{-3} + 0,19 \cdot 10^{-3} + 0,21 \cdot 10^{-3} = 0,85 \cdot 10^{-3} \text{ 1/h.}$$

VS procesų patikimumą galima įvertinti šiuo rodikliu:

$$\lambda_{VSP1} \approx \eta_{1A}[\lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \eta_{14N} \cdot \lambda_{13}] + \eta_{1D} \times$$

$$[\lambda_{21} + \lambda_{22} + \eta_{22T}(\lambda_{23} + \lambda_{24}) + \eta_{24N} \lambda_{24} + \lambda_{25} +$$

$$+ \eta_{25N}(\lambda_{23} + \lambda_{24} + \lambda_{25}) + \eta_{22N}(\lambda_{26} + \lambda_{27} + \lambda_{22})] =$$

$$= 0,5[0,08 \cdot 10^{-3} + 0,12 \cdot 10^{-3} + 0,200 \cdot 10^{-3} + 0,01 \cdot 10^{-3} +$$

$$+ 0,02 \cdot 0,20 \cdot 10^{-3}] + 0,5[0,19 \cdot 10^{-3} + 0,001 \cdot 10^{-3} +$$

$$+ 0,99(0,19 \cdot 10^{-3} + 0,001 \cdot 10^{-3} + 0,02 \cdot 0,001 \cdot 10^{-3} +$$

$$+ 0,001 \cdot 10^{-3}) + 0,01(0,19 \cdot 10^{-3} + 0,001 \cdot 10^{-3} +$$

$$+ 0,001 \cdot 10^{-3}) + 0,01(0,02 \cdot 10^{-3} + 0,001 \cdot 10^{-3} +$$

$$+ 0,001 \cdot 10^{-3})] = 0,5 \cdot 0,405 + 0,5[0,591 + 0,19008 +$$

$$+ 0,00192 + 0,00022] = 0,393 \text{ 1/h.}$$

Suminė šio rodiklio vertė VS_1 sistemai:

$$\lambda_{V_{S1}} = \lambda_{VSEI1} + \lambda_{VSP1} = 1,243 \cdot 10^{-3} \text{ 1/h.}$$

Ši vertė – iš dalies statistinė. Rodiklio verčių skirstinio tankį galima aproksimuoti atsitiktinių dydžių tolydinio normaliojo skirstinio tankio funkcija, kai $\sigma_{V_{S1}} \approx (0,05 \div 0,2)\lambda_{V_{S1}}$:

$$p(\lambda) = ce^{-\frac{(\lambda - \lambda_{V_{S1}})^2}{2\sigma_{V_{S1}}^2}}. \quad (11)$$

Todėl (kai $\sigma=0,05$) 6σ intervalo ribos bus:

$$\lambda_{V_{S1}min} = \lambda_{V_{S1}}(1 - 3 \cdot 0,05) = 1,05655 \cdot 10^{-3} \text{ 1/h.}$$

$$\lambda_{V_{S1}max} = \lambda_{V_{S1}}(1 + 3 \cdot 0,05) = 1,42945 \cdot 10^{-3} \text{ 1/h.}$$

Vidutinė (garantuojama su tikimybe, lygia 0,5) VS_1 efektyvumo rodiklio vertė, kai PR dirba 8 valandas, apskaičiuojama, įvertinus jos dinamiką. Tiksliesiems rezultatams gauti, skaičiavimus atliksime kas valandą:

$$P_{V_{S1}vid}^i = e^{-\lambda_{V_{S1}} \cdot t}. \quad (12)$$

$$\text{Todėl } P_{V_{S1}vid}^1 \approx 0,99876; P_{V_{S1}vid}^2 \approx 0,99752;$$

$$P_{V_{S1}vid}^3 \approx 0,99628; P_{V_{S1}vid}^4 \approx 0,99504; P_{V_{S1}vid}^5 \approx 0,9938;$$

$$P_{V_{S1}vid}^6 \approx 0,99257; P_{V_{S1}vid}^7 \approx 0,99134; P_{V_{S1}vid}^8 \approx 0,99011;$$

$$P_{V_{S1}vid} \approx 0,99443. \text{ Tolesniems skaičiavimas naudosime } P_{V_{S1}vid} = 0,994.$$

Analogiškai minimali (ne blogesnė ir garantuojama su tikimybe, lygia 0,998) VS_1 efektyvumo rodiklio vertė:

$$P_{V_{S1}min} = e^{-\lambda_{V_{S1}max} \cdot t}. \quad (13)$$

$$P_{V_{S1}min}^1 \approx 0,99857; P_{V_{S1}min}^2 \approx 0,99715; P_{V_{S1}min}^3 \approx 0,99572;$$

$$P_{V_{S1}min}^4 \approx 0,9943; P_{V_{S1}min}^5 \approx 0,99288; P_{V_{S1}min}^6 \approx 0,99146;$$

$$P_{V_{S1}min}^7 \approx 0,99004; P_{V_{S1}min}^8 \approx 0,98863;$$

$$P_{V_{S1}min} \approx 0,99359.$$

Tolesniems skaičiavimas imsime $P_{V_{S1}min} = 0,993$.

Maksimali (ne blogesnė ir garantuojama su tikimybe, lygia 0,998) VS_1 efektyvumo rodiklio vertė:

$$P_{V_{S1}max}^i = e^{-\lambda_{V_{S1}min} \cdot t}. \quad (14)$$

$$P_{V_{S1}max}^1 \approx 0,99894; P_{V_{S1}max}^2 \approx 0,99789;$$

$$P_{V_{S1}max}^3 \approx 0,99684; P_{V_{S1}max}^4 \approx 0,99578;$$

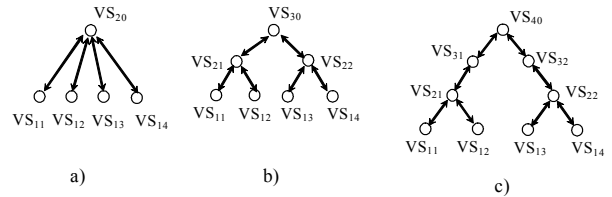
$$P_{V_{S1}max}^5 \approx 0,99473; P_{V_{S1}max}^6 \approx 0,99368;$$

$$P_{V_{S1}max}^7 \approx 0,99263; P_{V_{S1}max}^8 \approx 0,99158;$$

$$P_{V_{S1}max} \approx 0,99526.$$

Tolesniems skaičiavimas imsime $P_{V_{S1}max} = 0,995$.

Modulį sudaro keturi PR. Sutrikus pirmojo darbui, netikslinga, kad kiti toliau transportuotų gaminį. Todėl reikia koordinuoti jų darbą. Šias funkcijas atlieka aukštesniojo valdymo lygio sistemos. Kaip buvo minėta [2], šiam tikslui galima naudoti dviejų, trijų ir daugiau valdymo lygių sistemas. Keli galimi variantai pateikti 8 pav.



8 pav. Hierarchinės VS struktūros

Norėdami supaprastinti skaičiavimus, tarkime, kad visų lygių valdymo sistemų funkcionavimo efektyvumas yra tas pats:

$$E_{V_{S11}} = \dots = E_{V_{S14}} = E_{V_{S21}} = E_{V_{S22}} = E_{V_{S31}} =$$

$$= E_{V_{S32}} = E_{V_{S40}}; \quad (15)$$

$$E_{V_{S11-20}} = \dots = E_{V_{S14-20}} = E_{V_{S20-11}} = \dots = E_{V_{S11-21}} =$$

$$= E_{V_{S21-30}} = \dots = E_{V_{S40-32}} = \dots = 1,0. \quad (16)$$

Skirsis tik tikimybės, kad aukštesniojo lygio sistemos įvykdys žemesniojo lygio sistemų valdymo uždavinius. Todėl VS_{20} sistema valdys VS_{11} sistemą mažesniu efektyvumu nei VS_{21} sistema VS_{11} sistemą arba VS_{30} sistema VS_{21} sistemą ir dar mažesniu efektyvumu nei VS_{31} sistema VS_{21} sistemą ir t. t. Tarkime [1,3], kad šio valdymo efektyvumas 8 pav., a, struktūroje lygus 0,8, b, struktūroje (visuose lygiuose) lygus 0,95, o 8 pav., c,

struktūroje – 0,96. Žemesniojo lygio VS efektyviai veiks tada, kai veiks jos ir visos jos valdančios (iki aukščiausiojo lygio). Apskaičiuokime 8 pav. a, pateiktos struktūros VS efektyvumą, kai turime vidutinę P_{VS1vid} efektyvumo rodiklio vertę.

$$E_{a11vid} = E_{VS11} \cdot E_{VS20} \cdot E_S; \quad (17)$$

čia E_S – efektyvumas, kuriuo VS_{20} valdo VS_{11} . Todėl

$$E_{a11vid} = 0,79043.$$

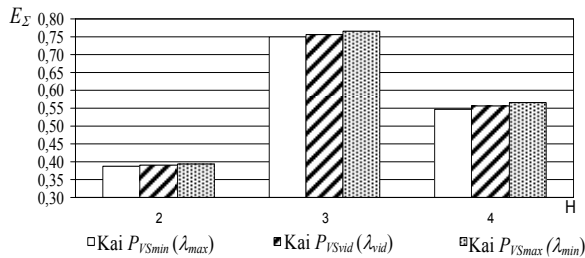
Kadangi žemiausiame lygyje veikia keturios VS ir jos sudaro kompleksą, tai

$$E_{avid} = E_{a11vid}^4 = 0,79043^4 = 0,39035.$$

Kai turime minimalią P_{VS1min} efektyvumo rodiklio vertę, tada $E_{a11min} = 0,78884$; $E_{amin} = 0,38722$.

Kai turime maksimalią P_{VS1max} efektyvumo rodiklio vertę, tada $E_{a11max} = 0,79202$; $E_{amax} = 0,3935$.

Analogiškai apskaičiuojame ir 8 pav., b ir 8 pav., c, pateiktų struktūrų VS efektyvumus. Skaičiavimų rezultatai pateikti 9 pav. Iš jo matyti, kad visais šiais atvejais efektyviausia yra trijų lygių ($H=3$) struktūra. Dydžiu E_{Σ} čia pažymėti E_a , E_b ir E_c efektyvumai.



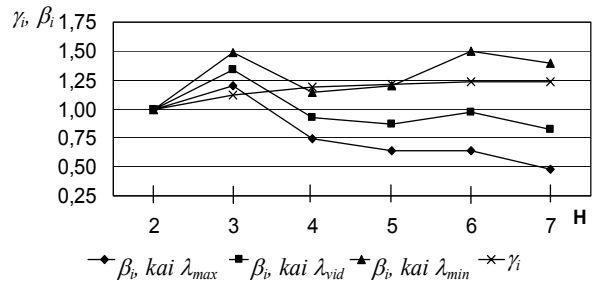
9 pav. Efektyvumų palyginimas

Kai σ padidėja iki 0,2; λ_{vid} kinta diskretiškai ($10^{-2}1/h$; $10^{-3}1/h$; $10^{-4}1/h$); valdymo lygių skaičius padidėja iki $H=7$ ir visi aukštesni lygiai vienodai efektyviai valdo žemesnius lygius: dviejų lygių sistemoje $E_S=0,8$; trijų lygių sistemoje $E_S=0,9$; keturių lygių sistemoje $E_S=0,95$; penkių lygių sistemoje $E_S=0,97$; šešių lygių sistemoje $E_S=0,99$; septynių lygių sistemoje $E_S=0,992$, tada santykinis visos GMVS ir E_S efektyvumus išreiškę formulėmis:

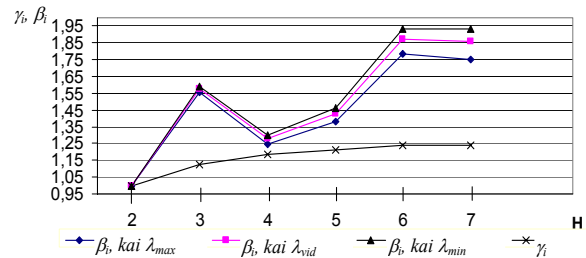
$$\beta_i = \frac{E_{\Sigma i}}{E_{\Sigma 2}} \quad \text{ir} \quad \gamma_i = \frac{E_{S i}}{E_{S 2}} \quad (18)$$

($E_{\Sigma i}$ – GMVS efektyvumas, kai jos struktūroje yra i hierarchinių lygių; $E_{\Sigma 2}$ – analogiškai, kai $H=2$; $E_{S i}$ – aukštesniojo lygio sistemos efektyvumas valdant žemesnio lygio sistemą i lygių struktūroje), gauname 10 – 12 pav. pateiktus grafikus.

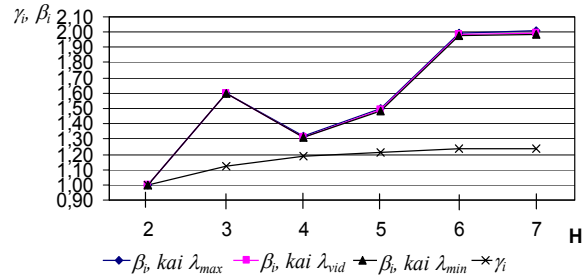
Iš 10 – 12 pav. matyti, kad, kintant VS gedimų intensyvumui, o kartu ir tarpinių sistemų efektyvumui, keičiasi ir racionalus hierarchinių lygių skaičius ir visos GMVS bendras efektyvumas. Todėl kai gedimų intensyvumas yra laiko funkcija ($\lambda(t)$), susidaro situacija, panaši į pateiktą 13 pav.



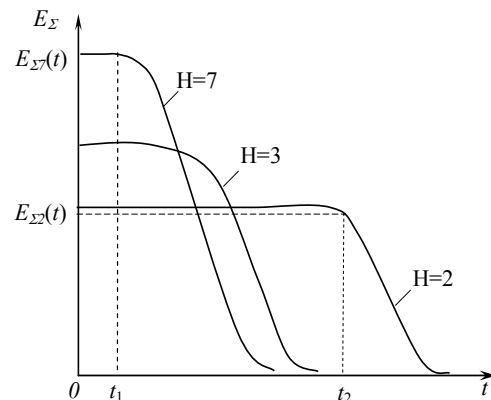
10 pav. Santykiniai efektyvumai, kai $\lambda = 10^{-2}1/h$



11 pav. Santykiniai efektyvumai, kai $\lambda = 10^{-3}1/h$



12 pav. Santykiniai efektyvumai, kai $\lambda = 10^{-4}1/h$



13 pav. Skirtingo hierarchinių lygių skaičiaus GMVS efektyvumo dinamika, kintant $\lambda(t)$

Tarkime, kad, kai $t = t_1$, tada $\lambda(t) = 10^{-4}1/h$, vėliau $10^{-3}1/h$; kai $t = t_2$, tada – $10^{-2}1/h$. Tuomet vidutinis bet kurio lygių skaičiaus (pvz., i) GMVS efektyvumas

$$E_{\Sigma i vd} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} E_{\Sigma i}(t) dt}{t_2 - t_1}; \quad (19)$$

čia $E_{\Sigma_i}(t)$ – i hierarchinių lygių skaičiaus GMVS efektyvumas laiku t . Racionalus hierarchinių lygių skaičius apskaičiuojamas, naudojant šį operatorių:

$$\max_i E_{\Sigma_{i \text{vid}}} ; i = 2, 3, \dots, K. \quad (20)$$

Šį hierarchinių lygių skaičiaus parinkimo metodą galima naudoti ir tada, kai žemiausio lygio VS (kartu ir VO) sudaro komplektą [1] arba sistemą.

Išvados

Įvertinus atskirų lygių VS efektyvumus, jų įtaka žemesnio lygio (pavaldžių) sistemų efektyvumui, galima apskaičiuoti racionalų GMVS hierarchinių lygių skaičių.

Esant ribotam VS efektyvumui ir jam ilgainiui kintant, keičiasi racionalus GMVS hierarchinių lygių skaičius.

Racionalią pasirinktu eksploatacijos laikotarpiu GMVS struktūrą galima rasti tik naudojant integrinius per

tą laikotarpį įvertinimus arba vidutinės efektyvumo rodiklio vertes.

Literatūra

1. **Balaišis P., Eidukas D., Valinevičius A., Žilys M.** Informacinių elektroninių sistemų efektyvumas. – Kaunas: Technologija, 2004. –356 p.
2. **Bagdanavičius N., Balaišis P., Besakirskas A., Eidukas D., Keras E., Žickis A.** Integruotų elektroninių sistemų efektyvumas // Elektronika ir elektrotechnika. Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 2 (58). – P. 14 – 17.
3. **Balaišis P., Eidukas D., Bagdanavičius N., Keras E., Žickis A.** Selection of Numer of Control Levels of Manufacturing System // Proceedings 18th International conference on Production Research (July 31-August 4, 2005). Salerno, Italy: University of Salerno, 2005. ISBN 88-87030-96-0. – P. 1 – 6.
4. **Панпилов Ю. В. И др.** Оборудование производства интегральных микросхем и промышленные роботы. – Москва: Радио и связь, 1998. –320 с.

Pateikta spaudai 2005 09 20

P. Balaišis, D. Eidukas, E. Keras, A. Žickis, L. Gočelkienė. Gamybos modulio valdymo efektyvumo vertinimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2006. – Nr. 1 (65). – P. 28-33.

Tiriama gamybos modulio valdymo sistemų efektyvumo didinimo problema. Nagrinėjamos racionalaus šių sistemų hierarchinių lygių skaičiaus parinkimo galimybės. Parodyta, kad, kintant šiuos lygius sudarančių sistemų ir jų sąsajų efektyvumai, kinta racionalus hierarchinių lygių skaičius. Tai patvirtina būtinumą, parenkant hierarchinių lygių skaičių, naudoti integralinę efektyvumo rodiklio vertę per visų sistemos eksploatacijos laikotarpį.

Metodui iliustruoti panaudota integrinių mikroschemų gamybos komplekso sudėtis. Pabrėžiama, kad metodą galima naudoti ir tuo atveju, kai gamybos modulio komponentai sudaro komplektą ar sistemą. Il. 13, bibl. 4 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų kalbomis).

P. Balaišis, D. Eidukas, E. Keras, A. Žickis, L. Gočelkienė. Evaluation of Efficiency of Manufacture Module Control // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2006. – No. 1(65). - P. 28-33.

Exploring the problem of efficiency increase of a manufacturing module controlling system. Considering the possibility of selecting rational number of hierarchical levels for these systems. When changing the efficiency of systems and efficiency of links between them changes the rational number of hierarchical levels. This proves the necessity of using integral value of efficiency rate during all the working time.

To illustrate the method used complex of manufacture of integral microchips. Emphasizing that method can be used when manufacture module components makes the set or system. Ill. 13, bibl. 4 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

П. Балайшис, Д. Эйдукас, Е. Кэрас, А. Жицкис, Л. Гочелкене. Оценка эффективности управления производственным модулем // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2006. – №. 1 (65). – С. 28-33.

Исследуются проблемы повышения эффективности систем управления производственным модулем. Рассматриваются возможности выбора рационального количества иерархических уровней этих систем. Показано, что при изменении эффективности систем управления на этих уровнях и связей между ними меняется рациональное количество уровней. Это подтверждает целесообразность при выборе количества иерархических уровней интегральное (за весь период эксплуатации систем) значение показателя эффективности всей системы.

Для иллюстрации метода использован состав комплекса для изготовления интегральных микросхем. Подчеркивается, что метод можно использовать и в том случае, когда компоненты производственного модуля составляют комплект или систему. Ил. 13, библи.4 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).