

## T170 ELEKTRONIKA

## Integruotų elektroninių sistemų efektyvumo bruožai

P. Balaišis, D. Eidukas, P. Tervydis, N. Bagdanavičius

Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas

Studentų g. 50, LT-3031 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 300520

## Integruotos elektroninės sistemos samprata

Integracija (lot. *integer* – pilnas, visas) – komponentų jungimas į vientisą objektą. Sistemų teorijoje integracija – tai atskirų jų komponentų sąsajos būseną ir jos užtikrinimo procesai. Remiantis šiuo apibrėžimu galima teigti, kad integruota elektroninė sistema (IES) – tai tarpusavyje susietų elektroninių komponentų (sandaros lygio, vieną ar keletą funkcijų realizuojančių, išbaigtą vartotojo požiūriu funkcijų visumą realizuojančių pavienių elektroninių įtaisų (EI) ar (ir) jų sistemų) ir procesų juose visuma. Tai ir vieno valdymo lygio sistema, ir sistema, sudaryta iš kelių sistemų – komponentų.

Bendruoju atveju integruota galima vadinti aukštesnio lygio sistemoje panaudotą sistemą ir sistemą, sudarytą iš kelių sistemų. Siekiami vienprasmiškumo, pirmąją iš jų priklausomai nuo struktūros vadinkime pajungtąja arba įterptąja sistema, sistemą, sudarytą iš atskirų, viduje nesistematizuotų komponentų, vadinkime sistema (maža, didelė, labai didelė ar ypač didelė), o sistemą, sudarytą iš sistemų, – integruota sistema. Todėl, pasinaudojus [1] pateiktu skirstymu, integruotą sistemą tektų priskirti prie sudėtingų sistemų grupės.

Kadangi integruojamų komponentų visuma vadinama sistema, tai integruotos sistemos negali sudaryti vien dvi ar daugiau tarpusavyje nesusietų to paties lygio sistemų. Tai reiškia, kad integruotoje sistemoje bus du ar net keli valdymo lygiai – ji bus hierarchinė, integruojanti vieną ar daugiau pavaldžių sistemų. Todėl, įterpę į sistemą kitą, jai nepavaldžią sistemą, dar nesudarysime integruotos sistemos. Tokį darinį galima būtų vadinti sistemų kompleksu [1] ar net kompleksu.

## IES tyrimų aspektai

Vadinant IES efektyvumu [2], jos gebėjimo nustatytomis sąlygomis atlikti savo funkcijas laipsnį, kuris dažnai [3] tapatinamas su užduoties įvykdymo tikimybe, šios sistemos ypatumus galima tyrinėti keliais aspektais (aspektas (lot. *aspectus* – požiūris) – tai požiūris, kuriuo tiriamos (vertinamos) šios sistemos):

- tikslų integravimo ir vienovės;
- vertės integravimo;
- integravimo principų;
- integravimo būdų;
- sistemos ir jos posistemų santykio;

- uždaramo;
- struktūrų;
- įtaisų ir procesų efektyvumo (bendrojo, techninio, funkcinio, ekonominio);
- techniniu, informaciniu, valdymo ir
- kitų savybių (operatyvumo, adaptyvumo, lankstumo, atkaklumo) požiūriu.

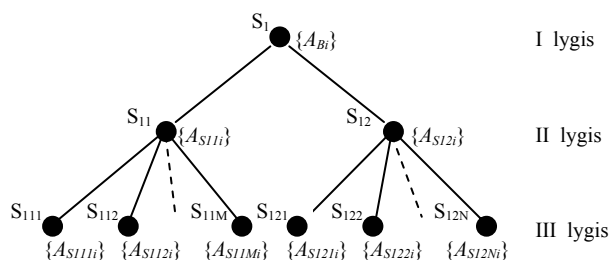
## ES integravimo aspektai

Daugiausiai tai pirmieji septyni IES tyrimų aspektai. Autonomiška (nevaldoma iš išorės) sistema realizuoja tik savo tikslus  $\{A_{Si}\}$ , nepaisydama kitų sistemų tikslų  $\{A_{Si}\}$  ir bendrų veiklos tikslų  $\{A_{Bi}\}$ . Integracijos tikslas – kad  $S$  ir  $\bar{S}$  sistemos siektų bendrų tikslų. Tačiau sugretinę keletą ES, siekiančių bendrų tikslų, dar nebūtinai gausime IES. IES – bendrai valdoma ir  $\{A_{Bi}\}$  tikslų siekianti sistema. Atskirų, jai pavaldžių sistemų tikslai  $\{A_{S1i}\}, \dots, \{A_{Sji}\}, \dots, \{A_{SNi}\}$  gali skatinti  $\{A_{Bi}\}$ , būti neutralūs  $\{A_{Bi}\}$  atžvilgiu, arba net priešintis jų įvykdimui, t.y.

$$\{A_{Sji}\} \rightarrow \{\overline{A_{Bi}}\}. \quad (1)$$

Susidarius paskutiniam variantui, valdančioji ES stengiasi, kad šios sistemos neįvykdytų savo tikslų, arba jų įvykdymą kompensuoti, koreguodama kitų sistemų ir savo tikslus bei funkcijas.

Sudarant IES, iš  $\{A_{Bi}\}$  sudaromi žemesnio lygio ES tikslai (1 pav.), pvz.,  $\{A_{S11i}\}$ ,  $\{A_{S12i}\}$ , o iš jų – dar žemesnio lygio sistemų ( $\{A_{S111i}\}, \dots, \{A_{S11Mi}\}$ ).



1 pav. IES tikslų išskirstymas

Todėl

$$\{A_{Bi}\} = \{A_{S11i}\} \cup \{A_{S12i}\}. \quad (2)$$

Daugelio IES (pvz., gamybos valdymo) valdymo objektas tiesiogiai siejamas tik su žemesnio lygio sistemomis. Todėl

$$\{A_{Bi}\} = \{A_{S111i}\} \cup \dots \cup \{A_{S11Mi}\} \cup \{A_{S121i}\} \cup \dots \cup \{A_{S12Ni}\}. \quad (3)$$

Tačiau tikimybė, kad  $S_{111}$  sistema įvykdys jai keliamas užduotis,

$$P_U(S_{111}) = P(\{A_{S111i}\}) \cdot P(\{A_{S11i}\}) \cdot P(\{A_{S1i}\}); \quad (4)$$

čia  $P(\{A_{S111i}\})$ ,  $P(\{A_{S11i}\})$ ,  $P(\{A_{S1i}\})$  – tikimybės, kad bus realizuoti atitinkamų lygių sistemų tikslai. Jei veikianti sistema būtinai realizuoja savo tikslus ir sistemos gedimai yra nepriklausomi

$$P_U(S_{111}) = P_{S111} \cdot P_{S11} \cdot P_{S1}; \quad (5)$$

čia  $P_{S111}$ ,  $P_{S11}$ ,  $P_{S1}$  – atitinkamų sistemų negendamumo tikimybės. Todėl

$$P_U(S_1) = \prod_{j=1}^N P_{S11j} \cdot \prod_{j=1}^N P_{S12j} \cdot P_{S11} \cdot P_{S12} \cdot P_{S1}. \quad (6)$$

Šiuo atveju turi veikti visi sistemų komponentai (įtaisai ir procesai).

Tikslų integravimas sąlygoja normatyvinių bazių, informacijos masyvus (srautus) bei procesų integravimą.

Tikslais gali būti konkrečios ar optimalios rodiklių reikšmės, valdomų objektų būsenos ir kt. IES vertė – tai nauda, kurią suteikia ši sistema. Todėl vertė (ypač momentinė) negali atstoti IES tikslo. Tikslu gali būti pasirinktas konkretus ar maksimalus vertės lygis. Integruojant ES tiesiogiai ar netiesiogiai integruojasi ir jų vertės. Todėl IES galima vadinti integruotos vertės sistemomis. Jei 1 pav. pateiktos ir gamybai ar informacijai valdyti skirtos IES efektyvumą sietume su normaliai funkcionuojančių žemesnio lygio valdymo objektų skaičiumi ( $z$ ), tai integrinę šios sistemos vertę galėtume išreikšti taip [2]:

$$V = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{M_n^{(k)}}{k!} \cdot \left. \frac{d^k V(z)}{dz^k} \right|_{z=0}; \quad (7)$$

čia  $M_n^{(k)}$  –  $k$ -asis pradinis normaliai funkcionuojančių galinių objektų skaičiaus pasiskirstymo momentas;

$\frac{d^k V(z)}{dz^k}$  –  $k$ -oji  $V(z)$  išvestinė pagal  $z$ , paskui įrašius reikšmę  $z = 0$  (kai  $z = 0$ );  $V(z)$  – IES vertės priklausomybė nuo  $z$ . Aproximuojant  $V(z)$  antrosios eilės polinomu

$$V(z) = c_1 z + c_2 z^2, \quad (8)$$

gaunama:

$$V = c_1 M_n^{(1)} + c_2 M_n^{(2)}; \quad (9)$$

čia  $c_1$  ir  $c_2$  – polinomo koeficientai;

$$M_n^{(1)} = P_{S1} \cdot \prod_{i=2}^3 a_i P_{Si}; \quad (10)$$

$a_i$  –  $i$ -ojo lygio išsišakojimo koeficientas;  $P_{Si}$  –  $i$ -ojo rango sistemos negendamumo tikimybė;

$$M_n^{(2)} = P_{S1} \prod_{i=2}^3 a_i P_{Si} \left\{ \prod_{i=2}^3 a_i P_{Si} + \sum_{i=2}^3 q_{Si} \prod_{k=i+1}^3 a_k P_{Sk} \right\}; \quad (11)$$

$q_{Si}$  – vienos  $i$ -tojo lygio sistemos gedimo tikimybė;  $P_{Sk}$  – analogiška  $P_{Si}$ . Kai

$$V(z) = bz \quad (12)$$

(čia  $b$  – pastovus dydis),

$$V = b P_{S1} \prod_{i=2}^3 a_i P_{Si} \quad (13)$$

arba

$$V = b(M + N) P_{S1} \prod_{i=2}^3 P_{Si}, \quad (14)$$

arba

$$V = b(M + N) P_{S1} \prod_{i=1}^3 P_{Si}. \quad (15)$$

Kai

$$V(z) = bz^2, \quad (16)$$

tada

$$V \approx 2b(M + N)^2 \left[ 1 - \sum_{i=2}^3 q_i \left( 1 - \frac{1}{N_i} \right) \right]; \quad (17)$$

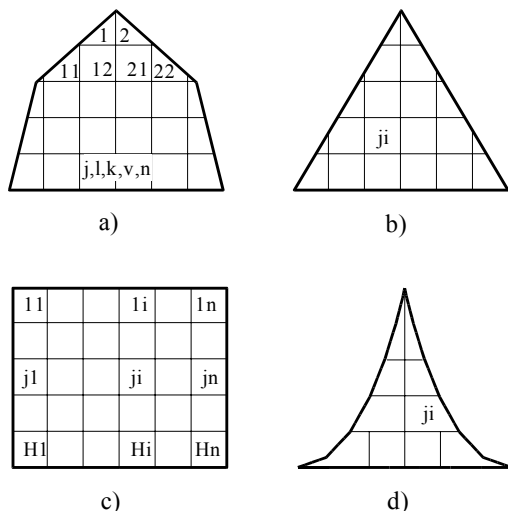
čia  $N_i$  –  $i$ -ojo lygio sistemų skaičius.

## IES sudarymo ir veikimo principai

IES vertę ir efektyvumą lemia daugelis jų sudarymo bei veikimo principų, tarp jų:

- aprėpties;
- sąsajos;
- dalumo;
- vienareikšmiškumo;
- modulumo;
- dinamiškumo ir kt.

Bene pagrindinis aprėpties principas – IES kompleksiskumas. Jis deklaruoja siekį į IES integruoti kuo daugiau komponentų (sistemų), siekiant (ateityje) visuotinio valdymo. Aprėptis lemia IES dydį, jos funkcijų visumą ir kt. Kiekvienu laiko momentu  $t$  tikslas – tai optimalus IES kompleksiskumas  $K_o(t)$ . Kadangi  $V = f(K)$ , tai  $K_o(t) \rightarrow \leftarrow V_o(t)$ ; čia  $V_o(t)$  – optimali (maksimali tuo momentu) IES vertė. Dažnai, parenkant sistemos (ypač valdymo) aprėptį, naudojamos panašios į 2 pav. pateiktas hierarchinės struktūros [4].



**2 pav.** Įvairių struktūrų IES pavyzdžiai: a – dviejų integracijos tempų sistema, b – vieno integracijos tempo sistema, c – vienodų visų lygių pajėgumų sistema, d – sparčiai mažėjančio integracijos tempo sistema

Bendri  $j$ -ojo ( $j \in H(t)$ ,  $H(t)$  – sistemos hierarchinių lygių skaičius laiko momentu  $t$ ) IES ( $\underline{S}$ ) lygio rodikliai – jo

pajėgumas  $S_j(t)$  ir valdymo patikimumas  $\bar{S}_j(t)$ :

$$S_j(t) = k_S [S_{j+1}(t), H(t), t] \cdot S_{j+1}(t); \quad (18)$$

$$\bar{S}_j(t) = k_{\bar{S}_j} [H(t), S_j(t)]; \quad (19)$$

čia  $k_S [S_{j+1}(t), H(t), t]$  – dviejų gretimų lygių pajėgumų proporcingumo koeficientas,  $k_{\bar{S}_j} [H(t), S_j(t)]$  –  $j$ -ojo lygio valdymo patikimumo koeficientas. Jei manytume, kad tikimybė, jog  $j$ -asis lygis atliks savo funkcijas

$$P_j(t) = \begin{cases} 1, & \text{kai } \frac{S_j(t)}{S_{j+1}(t)} \geq k'_S [S_{j+1}(t), H(t), t]; \\ \frac{S_j(t)}{S'_j(t)}, & \text{kai } \frac{S_j(t)}{S_{j+1}(t)} < k'_S [S_{j+1}(t), H(t), t]; \end{cases} \quad (20)$$

čia  $k'_S [S_{j+1}(t), H(t), t]$ ,  $S'_j(t)$  – proporcingumo koeficientas ir  $j$ -ojo lygio pajėgumas, kuriems esant užtikrinamas patikimas (visas) sistemos valdymas, tai gautume, kad tikimybė, jog visa sistema ( $\underline{S}$ ) atliks savo funkcijas, galima išreikšti taip:

$$P_{\underline{S}}(t) = \prod_{j=1}^{H(t)} P_j(t) \cdot \bar{S}_j(t). \quad (21)$$

Tada, kai

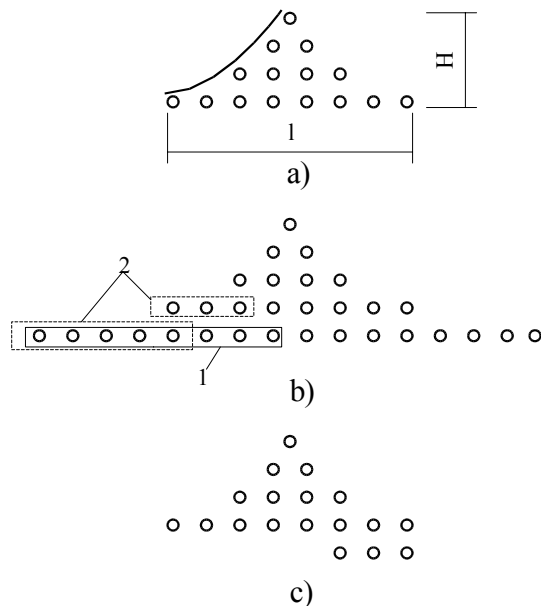
$$k'_S [S_{j+1}(t), H(t), t] = 0,5. \quad (22)$$

o

$$\prod_{j=1}^{H(t)} \bar{S}_j(t) = \frac{1}{H(t)}, \quad (23)$$

tikimybė, kad visa sistema ( $\underline{S}$ ) (3 pav., a) atliks valdymo funkcijas,

$$P_{\underline{S}}(t) = 1 \cdot \frac{1}{4} = 0,25. \quad (24)$$



**3 pav.** Sistemos aprėpties apribojimai: a – sistemos lygių pajėgumų rodikliai, b – du apribojimo variantai, c – ribotas žemiausio lygio sistemos pajėgumas

Jei sistemos ( $\underline{S}$ ) aprėptį apribotume išmesdami dalį jai pavaldžių sistemų (posistemų) (1-as variantas 3 pav., b), tai gautume, kad

$$P_{\underline{S}}^{(1)}(t) = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot \frac{1}{5} = 0,1, \quad (25)$$

o kitu atveju (2-as variantas 3 pav., b) –

$$P_{\underline{S}}^{(2)}(t) = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{11}{16} \cdot \frac{1}{5} < 0,1. \quad (26)$$

Sumažinę tokios sistemos (3 pav., c) žemiausią lygį 13 komponentų (posistemų), o kitu atveju žemiausią – 9-iais, o aukštesnį 4-iais, gautume:

$$P_{\underline{S}}^{(3)} = 0,187, \text{ o } P_{\underline{S}}^{(4)} = 0,215. \quad (27)$$

Bendroju atveju (įvertinant visų lygių sistemų valdymo ribotumą)

$$0 \leq P_j(t) \leq 1,0. \quad (28)$$

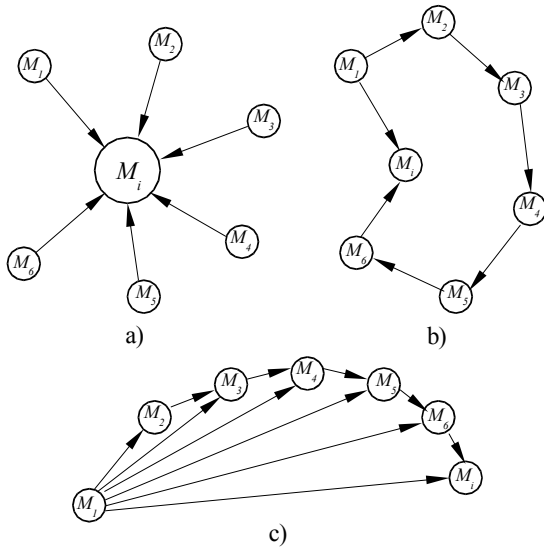
Taikant aprėpties (šiuo atveju – kompleksiško) principą, vertinant  $\underline{S}$  efektyvumą (užduoties įvykdymo tikimybė) ir pasirinkus papildomus kriterijus (ekonominius ir (ar) kitus), galima optimizuoti šios sistemos aprėptį (šiuo atveju –  $\underline{K}$ ).

Vienas iš pagrindinių IES komponentų sąsajos principų – sistemiškumas. Jis deklaruoja pastangas įvertinti kuo daugiau sąryšių tarp sistemų ir jų viduje ir numato optimalaus sistemiškumo siekį bei sistemiškumo dinamikos valdymą.

Ryšys tarp dviejų sistemų ( $S_i$  ir  $S_j$ ) – tai  $S_i$  rodiklio  $M_i$  reikšmės  $M_i^*$  įtaka  $S_j$  rodiklio  $M_j$  reikšmei  $M_j^*$  bet kuriuo laiko momentu  $t$ :

$$M_j^*(t) = f_{ij} [M_i^*(t), t]. \quad (29)$$

Sąsajos dinamiką lemia:  $\underline{M}$  rodiklių aibės ir kitų (išorinių) veiksmių rodiklių bei jų reikšmių kitimas. Tiriant sistemų ( $\underline{S}$ ) ar jų atributų ( $\underline{M}$ ) sąsajos dinamiką, jų grafas (4 pav.) aprašomas tiesioginių ryšių  $\|f_{ij}\|$  matrica [4].



4 pav. Sąsajų variantai: a) žvaigždinė, d) žiedinė, c) mišri struktūra

4 pav. pateiktų sąsajų atveju

$$\|f_{ij}\|_a = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\|f_{ij}\|_b = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\|f_{ij}\|_c = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Pilnos ryšių matricos:

$$\|f_{ij}\|_{bn} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\|f_{ij}\|_{cn} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (31)$$

Ryšių skaičių matricos:

$$\|f_{ij}\|_{bk} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\|f_{ij}\|_{ck} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (32)$$

Akivaizdu, kad kintant ryšiams tarp  $\{S_i\}$  ar  $\underline{M}$ , keičiasi ir visos  $\underline{S}$  būseną bei efektyvumą. Jei kiekvienai sąsajai suteiktume rangą, proporcingą komponentų skaičiui iš  $\{M_i\}$  su kuriais ji užtikrina prieš ją buvusio komponento sąryšį, tai galėtume sudaryti tokias rangų matricas:

$$\|f_{ij}\|_{aR} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\|f_{ij}\|_{bR} = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\|f_{ij}\|_{cR} = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Kiekvienos  $f_{ij}$  sąsajos rangas lemia jos vaidmenį visoje  $\underline{S}$ . Skaitinė išraiška  $f_{ij}$  vyravimo laipsnį iš dalies rodo (33) komponentų (iš  $\underline{M}$ ), kuriems turi įtakos sąsajos skaičius. Tačiau šis rodiklis neparodo įtakos  $\underline{S}$

efektyvumui dydžio. Jei manytume, kad  $f_{ij}$  įtakos  $M_2$  (4 pav., c) dydį galima išreikšti taip:

$$\Delta a_{ij}(t) = a_{ij}[M_i(t)] - \bar{a}_{ij}[M_i(t)]; \quad (34)$$

čia  $a_{ij}[M_i(t)]$  ir  $\bar{a}_{ij}[M_i(t)] - f_{ij}$  sąsajos realizavimo įtaka valdymo efektyvumui ir nuostoliai ją ignoruojant [4], kad visi  $\{M_{ij}\}$  vienodai veikia  $M_j$  atvirksčiai proporcingai  $M_{ij}$  skaičiui ( $N_j$ ), tai  $\underline{S}$  efektyvumo nuostoliai, atmetus  $f_{12}$  sąsają, būtų tokie:  
 $M_2$  komponente –

$$\Delta a_2 = \Delta a_{12}; \quad (35)$$

$M_3, M_4, M_5, M_6$  ir  $M_7$  komponentuose –

$$\Delta a_3 = \frac{\Delta a_{12}}{N_3}; \quad \Delta a_4 = \frac{\Delta a_{12}}{N_3 \cdot N_4}; \quad \dots \quad \Delta a_7 = \frac{\Delta a_{12}}{\prod_{v=3}^i N_v}; \quad (36)$$

o bendri –

$$\Delta a = \Delta a_{12} \left( 1 + \sum_{i=3}^7 \frac{1}{\prod_{v=3}^i N_v} \right). \quad (37)$$

Jei  $f_{12}$  neatmetama, o yra laiko funkcija, tai

$$\Delta a(t) = \Delta a_{12}(t) \left( 1 + \sum_{i=3}^7 \frac{1}{\prod_{v=3}^i N_v} \right). \quad (38)$$

Apskritai (esant bet kuriam grafui)  $a_{ij}(t)$  dinamika sąlygoja tokius  $\underline{S}$  efektyvumo nuostolius:

$$\Delta a(t)_{ij} = \Delta a_{ij}(t) \left( 1 + \sum_{\alpha=j+1}^{n_q} \frac{1}{\prod_{v=j+1}^{\alpha} N_v} \right) + \left. \begin{aligned} &+ \sum_{\alpha=1}^{n_q} \sum_{\beta=1}^{n_{\beta}} \left\{ \sum_{o=1}^{n_{\alpha\beta}} \Delta \alpha_{\alpha}(t) \frac{1}{\prod_{\rho=1}^o N_{\alpha\beta\rho}} + \right. \\ &+ \left. \sum_{o=1}^{n_{\alpha\beta}} \sum_{w=1}^{n_w} \sum_{\gamma=1}^{n_{\alpha\beta o}^w} \Delta a_{\alpha\beta o}(t) \frac{1}{\prod_{\varpi=1}^{\gamma} N_{\alpha\beta o}^{\varpi}} + \dots \right\}; \end{aligned} \right\} \quad (39)$$

čia  $n_q$  – didžiausios grafo magistralės komponentų ( $M$ ) skaičius;  $n_{\beta}$  – nuo  $\alpha$  komponento atsišakančių magistralių

skaičius;  $n_{\alpha\beta}$  –  $\beta$ -ojoje (iš  $n_{\beta}$ ) magistralėje esančių komponentų skaičius;  $n_w$  – nuo  $\alpha$ -io (iš  $n_{\alpha\beta}$ ) komponento atsišakančių magistralių skaičius;  $n_{\alpha\beta o}^w$  –  $w$ -ojoje (iš  $n_w$ ) magistralėje esančių komponentų skaičius;  $N_{\alpha\beta o}^{\varpi}$  –  $i$   $\omega$ -ąjį komponentą įeinančių sąsajų skaičius;  $\Delta a_{\alpha}(t) - \Delta a_{ij}(t)$  įtaka  $\alpha$  komponentui;  $\Delta a_{\alpha\beta o} - \Delta a_{ij}(t)$  įtaka  $\alpha$ -ajam komponentui. Kai kinta visos  $\underline{M}$  sąsajos, suminiai efektyvumo nuostoliai

$$\Delta a^{\circ}(t) = \sum_{i=1}^{|\underline{M}|} \sum_{j=1}^{m_j} \Delta a_{ij}(t); \quad (40)$$

čia  $|\underline{M}|$  komponentų skaičius  $\underline{M}$  aibėje;  $m_j$  –  $j$ -ojo komponento sąsajų skaičius.

Ieškant  $\Delta a^{\circ}(t)$  ekstremumų, galima spręsti optimalių sąsajų lygių parinkimo uždavinius.

Dalumo principai akcentuoja  $\underline{S}$  sistemos skirstymo į dalis (posistemius) ypatumus, dalių santykius, tarp jų ir visos sistemos ir jos dalies santykius.

Vienareikšmiškumo principai deklaruoja determinuotą (vienareikšmi) arba tikimybinį (statistinį) naudojamų rodiklių pobūdį ir kartu lemia daugelio modelių ypatumus, taip pat ir visos  $\underline{S}$  sistemos efektyvumą.

Pasirinkti  $\underline{S}$  komponentų modulumo principai lemia jų agregatavimo, suderinamumo užtikrinimo ir kitus darbus.

Dinamiškumo principai lemia kuriamos (veikiančios) sistemos atributų kitimo (tobulinimo) galimybes ir kt.

IES dinamiškumo įtaka jos efektyvumui – atskiras tyrimų objektas.

Daug dėmesio dar reikia skirti tiriant IES integravimo būdus, sistemos ir jos posistemių santykius, struktūras, uždaramą, operatyvumą, adaptyvumą, lankstumą ir kitus bruožus bei jų įtaką veikimo efektyvumui [5].

## Išvados

Iš pateiktos medžiagos matyti, kad šiuo metu, nors ir dažnai kalbama apie IES, dar galutinai nesuformuluotos pagrindinės, jų ypatumus apibūdinančios sąvokos.

Nevisiškai aišku, kokią sistemą galima vaidinti integruota, kokią – įterpta, o kokią – kompleksu.

Neiširtas dinaminio aprūpinimo sistemų efektyvumas.

Reikėtų patyrinėti IES dinamikos variantus ir jų įtaką funkcionavimo efektyvumui.

Dar mažai tyrinėti IES struktūrizavimo aspektai ir kiti ypatumai.

## Literatūra

1. **Balaišis P., Eidukas D., Navikas D.** Elektroninių įtaisų patikimumas ir eksploatacija. Trečioji knyga. Optimumų paieška. – Kaunas: Technologija, 2001. – 190 p.

2. **Balaišis P., Eidukas D.** Elektroninių įtaisų patikimumas ir eksploatacija. Antroji knyga. Elektroninių įtaisų eksploatacija. – Kaunas: Technologija, 2000. – 264 p.
3. **Balaišis P., Eidukas D., Kavoliūnas R., Plėštys R., Vilutis G.** Transmission Efficiency of Electronic Information Network // RTU 44th International Scientific Conference Section for 4. Electronics and Telecommunication (October 10, 2003) Conference papers, 2003, – P.1-6.
5. **Балайшис П.А., Эйдукас Д.Ю.** Динамика качества радиоэлектронных устройств.–Каунас:КТУ, 1991. –182 с.
6. **Balaišis P., Eidukas D., Besakirskas A.** Atypical Aspects of Reliability of Measuring Devices (MD) // Measurement Science Review. ISSN 1335-8 871. Bratislava: Slovak Academy of Science, 2003. – Vol.3, Section 1. – P. 79-82.

Pateikta spaudai 2003 12 19

**P. Balaišis, D. Eidukas, P. Tervydis, N. Bagdanavičius. Integruotų elektroninių sistemų efektyvumo bruožai // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2004. –Nr. 2(51). – P. 37-42.**

Suformuluota integruotų elektroninių sistemų samprata. Apžvelgti integruotų elektroninių sistemų tyrinėjimo ypatumai. Pateikti elektroninių sistemų integravimo aspektai, detaliau panagrinėti tikslų integravimo, vertės integravimo principai. Išnagrinėti integruotų elektroninių sistemų sudarymo ir veikimo principai. Apžvelgtas integruotų elektroninių sistemų sudarymo aprėpties – kompleksiško klausimas. Nagrinėjami variantai, kai naudojamos įvairios integruotų elektroninių sistemų hierarchinės struktūros. Pateikta tikimybės, kad tokia sistema įvykdys savo užduotis, skaičiavimo metodika. Panagrinėtas integruotų elektroninių sistemų komponentų sąsajų sistemiskumo ir jų dinamiškumo klausimas. Pateikta integruotų elektroninių sistemų efektyvumo nuostolių priklausomybės nuo sistemos struktūros ir jos kitimo dinamikos skaičiavimo metodika. Il. 4, bibl. 5 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, rusų ir anglų k.).

**P. Balaišis, D. Eidukas, P. Tervydis, N. Bagdanavičius. Efficiency Features of Integrated Electronic Systems // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2004. –No.2(51). – P. 37-42.**

A conception of integrated electronic system was determined. Peculiarities of integrated electronic system study were reviewed. Aspects of integration of electronic systems were submitted; aspects of integration of the purposes and values were investigated in detail. The review of integrated electronic system creation and activity principles was made. An issue of integrated electronic system's capacity – complexity on its creation moment was reviewed. Variants of different integrated electronic system hierarchical structures were analyzed. There were methods of probability calculation represented, that the system will execute its task. A problem of integrated electronic system's component connection and connection dynamics was studied. The method of integrated electronic systems efficiency losses calculation, when systems structure and its change dynamics are evaluated, was suggested. Ill. 4, bibl. 5 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

**П. Балайшис, Д. Эйдукас, П. Тервидис, Н. Багданавичюс. Особенности эффективности интегрированных электронных систем // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2004. – № 2(51). – С. 37-42.**

Определена концепция интегрированной электронной системы. Рассмотрены особенности исследования интегрированной электронной системы. Представлены аспекты интеграции электронных систем; подробно исследованы аспекты интеграции целей и ценностей. Сделан обзор принципов создания и деятельности интегрированных электронных систем. Рассмотрен вопрос, связан с объёмом создаваемой интегрированной электронной системы. Проанализированы варианты когда используются различные иерархические структуры интегрированных электронных систем. Представлен метод вычисления вероятности, что система выполнит ее задачу. Рассмотрен вопрос связей между компонентами интегрированной электронной системы и их динамики. Предложен метод вычисления потерь эффективности интегрированной электронной системы в зависимости от системной структуры и ее динамики. Ил.4, библи.5 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.10964