

УДК 621.3

Ю.О. Черних

Міністерство оборони України, Київ

## МЕТОД СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ БОРТОВОГО РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ

Запропоновано метод синтезу структури інформаційної складової (ІС) радіоелектронної системи (РЕС) бортового радіоелектронного обладнання (БРЕО), який дозволяє сформувати інформаційні таблиці таким чином, що б була виконана вимога функціонування системи у реальному часі. Наведені обмеження на компоненти ІС та сформульована оптимізаційна задача.

**Ключові слова:** інформаційна складова, бортове радіоелектронне обладнання, радіоелектронні системи, режим реального часу.

### Вступ

Останнім часом у відкритому друці [1 – 4] опубліковано немало матеріалів про бойові літаки фронтової авіації 5-го покоління. При цьому фахівцями і керівниками підприємств часом висловлюються діаметрально протилежні точки зору на функціональне призначення літака, науково-технічну концепцію і фінансові проблеми його створення. В той же час в публікаціях практично не розглядалися концептуальні питання створення бортового радіоелектронного устаткування (БРЕО) 5-го покоління, а там де про нього згадувалося, то БРЕО чомусь або асоціюється тільки з системою радіолокації на базі активних фазованих решіток, або питанням проектування БРЕО не віддається потрібного значення.

У літаках більш ранніх поколінь БРЕО створювалось за принципом побудови, який веде до високої вартості окремих систем і елементів, а також постійному зростанню їх номенклатури, об'єму, споживаної енергії, вартості експлуатації, зниженню надійності і тому подібне, причому деякі вимоги до БРЕО (надійність, модернізуємість, масогабаритні характеристики тощо) становляться важко досяжними за критерієм "ефективність-вартість" [4 – 7].

У цих умовах при розробці БРЕО для літаків п'ятого покоління об'єктивно необхідно врахувати наступне:

- реалізація нової системної архітектури,
- зміна технології комплексування БРЕО,
- врахування потреби повної автоматизації збору, обробки і контролю інформації, що видається екіпажу,
- забезпечення взаємозв'язку і інтеграції систем, що дозволяють реалізувати ключові принципи побудови нового покоління БРЕО [8 – 11]: функціональну і апаратурну інтеграція апаратури; модульність архітектури; внутрішньовидову і міжвидову уніфікацію і стандартизацію систем, елементів радіоелектронних комплексів (РЕК) і програмно-математичного забезпечення тощо.

Реалізація цих ключових принципів повинна при проектуванні визначити склад і структуру перспективного комплексу бортового устаткування.

Одним із основних апаратурно-інтегрованих інформаційних каналів РЕК, повинна бути універсальна багатofункціональна радіотехнічна система, що забезпечує виконання функцій цілевказівки, розвідки, протидії і зв'язку, який повинен базуватися на практично всіх відомих алгоритмах і методах радіолокації, включаючи адаптивну просторово-часову обробку, методи енергетичної і функціональної скритності, бістатичної радіолокації, широкосмуговий направлений і ненаправлений НВЧ-зв'язок, високоточну пеленгацію і класифікацію джерел НВЧ-випромінювання з високою чутливістю, ефективна високопотенційна радіопротидія, дистанційне керування зброєю;

Серед багатьох задач, які в зв'язку із цим, стоять перед розробниками бортового радіоелектронного обладнання, окремо можна виділити завдання підвищення ефективності радіоелектронних систем (РЕС), які входять до складу БРЕО. У [12] визначені загальні підходи до підвищення ефективності функціонування бортового радіоелектронного обладнання, але повністю не розкритий ряд часткових завдань, одним з яких є розробка методу синтезу структури інформаційної складової РЕС БРЕО, що і є метою даної статті.

### Результати досліджень

Для визначення ефективності радіоелектронних систем БРЕО застосовують такі технічні критерії:

- показники завадостійкості (відношення сигнал/шум, імовірність помилкового прийому та ін.),
- пропускна здатність,
- надійність,
- комбінації різних технічних параметрів.

Вони характеризують якість системи, її технічний рівень. Однак, використовуючи тільки технічні показники, ми локально оцінюємо ефективність нової техніки. Вважаючи на те, що система повинна пра-

цтовати у реальному часі, а сучасні вимоги до неї потребують наявності інформаційної складової (ІС) великого об'єму, виникає потреба синтезу її структури, яка б задовольняла вимогам функціонування у реальному часі.

При синтезі структури інформаційного компоненту системи, яка повинна працювати у реальному часі, необхідно визначити таку послідовність дій:

– відобразити множину можливих запитів в концептуальній схемі;

– перейти до канонічної структури постійних даних, включаючи надмірні зв'язки;

– розробити на базі канонічної структури оптимальну логічну структуру ІС (щодо вибраного критерію оптимальності).

Як критерій оптимальності в [14] пропонується вибрати мінімум сумарної кількості доступів по зв'язках логічної структури відповідно до механізму роботи системи управління ІС. Проте при синтезі ІС РЕС, працюючої в реальному часі, даний підхід неприйнятний внаслідок різномірності запитів. Тому пропонується модифікація даного критерію: мінімізувати сумарний час доступу до даних ІС в процесі функціонування РЕС.

Введемо такі позначення:

$V = \{v_i \mid i = \overline{1, m}\}$  – множина інформаційних таблиць (ІТ) ІС РЕС;

$W = \{\omega_j \mid j = \overline{1, n}\}$  – зв'язків між елементами  $V$ ,

яка визначається відображенням  $\psi: \tilde{V} \rightarrow W$ ,  $\tilde{V} \subseteq V \times V$ .

Тоді необхідна канонічна структура є орієнтованим графом  $G = (V, (W, \psi))$ .

Для кожного  $k$ -го запиту до ІС з множини запитів  $R = \{r_k \mid k = \overline{1, l}\}$  визначимо частоту запуску за даний період –  $f_k$ , а також кортеж задіяних ІТ (вершин графа  $G$ ) –  $Z_k = (v_{i_k}^{(k)} \mid i_k = \overline{1, m_k})$ , де  $m_k$  ( $m \geq m_k$ ) – кількість вершин кортежу з номером  $k$ , якому відповідає шлях на графові  $G$  з початком у вершині  $v_1^{(k)}$  і кінцем у вершині  $v_{m_k}^{(k)}$ . При цьому між сусідніми вершинами будь-якого кортежу повинен існувати логічний зв'язок.

Розглянемо дві множини:  $A = \{\alpha_\beta \mid \beta = \overline{1, \beta_A}\}$  – множина всіх можливих варіантів логічних структур даної ІС  $B = \{b_\gamma \mid \gamma = \overline{1, \gamma_B}\}$  – множина варіантів реалізації зв'язків між ІТ в логічній структурі.

Конкретний варіант логічної структури  $\alpha_\beta$  для варіанту реалізації зв'язку  $b_{\gamma'}$  опишемо булевою

матрицею  $X_{\beta'} = (x_{j\gamma'})$ , в якій  $x_{j\gamma'} = 1$ , якщо зв'язок  $\omega_j$  реалізований за варіантом  $\gamma'$ .

З множини  $\Theta_X = \{X_{\beta'}\}$  виділимо підмножину  $\Theta_{\tilde{X}} \subset \Theta_X$  матриць  $X_{\beta'}$ , в яких фізично реалізуються всі непорожні зв'язки. При реалізації математичної моделі логічної структури ІС РЕС будемо дотримуватися нижчезказаних обмежень.

*Обмеження 1.* Кожен зв'язок логічної структури, що синтезується, реалізується тільки одним варіантом, отже

$$\sum_{\gamma'=1}^{\gamma_B} x_{j\gamma'} = 1, \quad j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

*Обмеження 2.* Всі вибрані зв'язки повинні фізично реалізовуватися, тобто

$$X_{\beta'} = (x_{j\gamma'}) \subset \Theta_{\tilde{X}}. \quad (2)$$

*Обмеження 3.* Сумарний об'єм задіяної зовнішньої пам'яті при реалізації переходів від кортежів  $Z_k$  до логічних структур ІС РЕС не повинен перевищувати граничного значення  $d_{lim}$ , тобто

$$\sum_{j=1}^n \sum_{\gamma'=1}^{\gamma_B} d_{j\gamma'} \cdot x_{j\gamma'} \leq d_{lim}, \quad (3)$$

де  $d_{j\gamma'}$  – об'єм зовнішньої пам'яті АВС, необхідної для варіанту  $\gamma'$ .

Оскільки вибраний критерій оптимальності логічної структури припускає мінімізацію сумарного часу доступу до необхідної інформації ІС в процесі її функціонування, то цільова функція записується як

$$\sum_{k=1}^l f_k \cdot \left( \sum_{j=1}^n \sum_{\gamma'=1}^{\gamma_B} t_{j\gamma'} \cdot l_{kj} \cdot x_{j\gamma'} \right) \rightarrow \min, \quad (4)$$

якщо

$$j \in \left\{ \psi \left( v_{k'}^{(k)}, v_{k'+1}^{(k)} \right) \mid k' \in \overline{1, m_k - 1} \right\};$$

де  $t_{j\gamma'}$  – час пересилки одного логічного блоку  $j$ -м зв'язком у варіанті  $\gamma'$ ;

$l_{kj}$  – середній розмір одного запиту з номером  $k$ , що пересилається маршрутом  $j$ .

Тоді для знаходження оптимальної логічної структури ІС необхідно вирішити задачу лінійного булевого програмування (1) – (4). Кращі результати за часом рішення при великих розмірностях  $V$  і  $W$  дав метод "гілок і меж" з галуженням "з останньої вершини" [13].

## Висновки

Запропоновано метод синтезу структури інформаційної складової (ІС) радіоелектронної системи (РЕС) бортового радіоелектронного обладнання

(БРЕО), який дозволяє сформувати інформаційні таблиці таким чином, що б була виконана вимога функціонування системи у реальному часі. Наведені обмеження на компоненти ІС та сформульована оптимізаційна задача дозволяють знайти оптимальний варіант структури інформаційної складової.

Напрямок подальших досліджень – застосування запропонованого методу для розробки методики підвищення ефективності проектуємих РЕС БРЕО та надання можливості відпрацювання завдань у реальному часі, не зважаючи на досить великі інформаційні потоки у системі.

### Список літератури

1. Володин В. Истребитель 5-го поколения: диалектика развития [Электронный ресурс] / В. Володин // Крылья: все об украинской авиации. – 2009. – Режим доступа к статье: <http://wing.com.ua/content>.
2. Канащенков А.И. Расширение информационных возможностей бортовых РЛС на основе концепции траекторного управления наблюдением / А.И. Канащенков // Радиотехника. – 2003. – №9. – С. 45-52.
3. Меркулов В.И., Чернов В.С., Юрчик И.А. Авиационные многопозиционные системы радиуправления / В.И. Меркулов, В.С. Чернов, И.А. Юрчик // Успехи современной радиоэлектроники. – 2006. – № 12.
4. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием: монография / Ю.М. Перунов, К.И. Фомичев, Л.М. Юдин; под ред. Ю.М. Перунова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Радиотехника, 2008 (Вологда). – 415 с.
5. Меркулов В.И. Радиоэлектронные системы управления самолетом и его оружием / В.И. Меркулов. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2001. – 244 с.
6. Авиационные системы радиуправления. Т. 1. Принципы построения систем радиуправления. Основы синтеза и анализа / В.И. Меркулов, В. Дрогалин, А.И. Канащенков, и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В. И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 326 с.
7. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Ч. 1 / В.И. Меркулов, А.И. Канащенков, А.И. Перов и др. / под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2004.
8. Экспериментальные исследования информационных свойств когерентных радиолокационных сигналов / М.М. Черных, О.В. Васильев, В.В. Богданов и др. // Радиотехника. – 2000. – № 8. – С. 35-42.
9. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация / В.С. Черняк. – М.: Радио и связь. 1993.
10. Андреев Г.Н. Радиоэлектронное оборудование воздушных судов гражданской авиации: учеб. пособ. / Г.Н. Андреев. – М.: [б. и.], 2008. Ч. 1: Общие вопросы радиотехники, связи, УВД; радиолокационное оборудование ВС. – 2008. – 112 с.
11. Шишко А.А. Радиоэлектронное оборудование (боевая авиационная техника): моногр. / В.А. Болдин, Г.И. Горгонов, В.Д. Коновалов и др./ под ред. В.М. Сидорина. – М.: Воениздат, 1990. – 288 с.
12. Белімов В.В. Метод підвищення ефективності функціонування бортового радіоелектронного обладнання / В.В. Белімов, Я.Ю. Стасєва, Ю.О. Черних // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 2(22). – С. 95-98.
13. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Сов. радио, 1972. – 551 с.
14. Окунев Ю.Б. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи / Ю.Б. Окунев, В.Г. Плотников. – М.: Связь. 1976. – 183 с.
15. Пеннин П.И. Системы передачи цифровой информации / П.И. Пеннин. – М.: Сов. радио, 1976. – 365 с.
16. Бухалев В.А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой / В.А. Бухалев. – М.: Наука. Физматлит, 1996. – 344 с.
17. Wood H.M. Access Control Mechanisms for a Network Operations Systems / H.M. Wood, S.R. Kimblton // AFIFS Conf. Proc. – New York: AFIFS Press, 1989. – Vol. 48. – P. 821-829.

Надійшла до редколегії 2.09.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.

### МЕТОД СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ю.А. Черных

Предложен метод синтеза структуры информационной составляющей (ИС) радиоэлектронной системы (РЭС) бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО), который позволяет сформировать информационные таблицы таким образом, чтобы было выполнено требование функционирования системы в реальном времени. Приведены ограничения на компоненты ИС и сформулирована оптимизационная задача.

**Ключевые слова:** информационная составляющая, бортовое радиоэлектронное оборудование, радиоэлектронные системы, режим реального времени.

### METHOD OF STRUCTURE SYNTHESIS OF INFORMATIVE CONSTITUENT OF THE RADIO ELECTRONIC SYSTEM OF SIDE RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT

Yu.A. Chernykh

The method of synthesis of structure the informative constituent (IC) of the radio electronic system of side radio electronic equipment is offered, which allows to form informative tables so that the requirement of functioning of the system was executed in real time. Limits are resulted on components IC and an optimization task is formulated.

**Keywords:** informative constituentside radio electronic equipment, radio electronic systems, real-time mode.