

УДК 621.396

Г.В. Альошин, А.В. Сербін

Українська державна академія залізничного транспорту, Харків

## СИНТЕЗ РЕАЛЬНИХ СИСТЕМ СИНХРОНІЗАЦІЇ РДН ЗА УМОВНИМ КРИТЕРІЄМ ПЕРЕШКОДОСТІЙКОСТІ

У роботі розглядається метод синтезу реальних систем синхронізації на множині технічних параметрів за умовним критерієм якості. Метод, який запропоновано, дозволяє спростити алгоритм синтезу, підвищити оперативність, діапазон варіацій показників та достовірність у реалізації систем.

**Ключові слова:** показник якості, відношення шум/сигнал, задача математичного програмування, синтез параметрів.

### Вступ

Відомі роботи з оптимізації радіоелектронних систем [1] (і інші роботи) або взагалі не використовують витратних показників якості, або використовують їх без якої-небудь прив'язки до реальних систем. Тому такі рішення не можна вважати досить адекватними до реальних систем. Тим більше, що вартісний показник є нечіткою величиною і не дозволяє оцінювати в якій-небудь мірі технологічність систем і їхніх функціональних елементів.

Тим часом, задачі оптимізації, або синтезу систем синхронізації за умовним критерієм якості можна представити в такій формі, що використовує реальну техніко-економічну статистику разом з методом перетворення нечітких множин у випадковій величині, з якою можна надійно працювати.

Тому далі на прикладі систем синхронізації представлений метод синтезу за умовним критерієм якості реальних систем. Це означає, що оскільки статистика спирається на параметри реальних функціональних елементів, то в цьому випадку можна стверджувати, що оптимальна система є реалізованою. Відомі методи оптимізації систем цього не дозволяють.

### Основна частина

Відомо [1, 2], що для оптимального синтезу радіоелектронних систем, або підсистем, необхідно спочатку ранжувати за ознакою корисності повний список показників їхньої якості, або корисних властивостей. Далі, на першому етапі, відповідно до принципів У.Оккама і четвертого принципу Декарта слідує, як можна більш, але по можливості, обмежити список показників. Це верхня межа складності, або межа реалізованості рішення, при якій не спрацює «брита Оккама». Далі визначається нижня межа складності, «пастка переспрошення» відповідно до принципу Р.Беллмана, при якій опис ефективності системи ще є адекватним реальній системі. Практично на першому етапі можна обмежитися одним

корисним і одним витратним показником, що вважаються рівноправними. Якщо показників багато, тоді слідує чергові етапи синтезу до повної адекватності й оптимальності моделі ефективності системи.

Тому модель ефективності для підсистеми синхронізації телекомунікаційних систем може бути представлена на першому етапі показником зриву синхронізації (1) і витратним показником, що представляє собою суму цін (2) комплектуючих функціональних елементів [3 – 5]:

$$\min P_{\text{ОШ}} = 1 - [1 - p_1(q_1)][1 - p_2(q_2)]; \quad (1)$$

$$C(q_1) + C(q_2) = C, \quad (2)$$

де  $p_1(q_1)$  і  $p_2(q_2)$  – відповідно імовірності зриву генераторного обладнання за рахунок збою дешифратора циклової синхронізації і зриву за рахунок тактової синхронізації;  $q_1, q_2$  – відповідно відношення сигнал/шум в каналі дешифратора й в каналі тактової частоти.

Імовірність зриву генераторного обладнання за рахунок збою дешифратора дорівнює (у припущенні того, що вихідний результат визначення залежить тільки від парних циклів цифрової послідовності)

$$p_1(q_1) = 1 - (1 - p_{\text{бер}}(q_1))^7; \quad (3)$$

$$\text{де } p_{\text{бер}}(q_1) = 1 - \operatorname{erf} \frac{\sqrt{q_1}}{2\sqrt{2}};$$

$$\operatorname{erf} x = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-x}^x \exp(-t^2/2) dt.$$

Оскільки фазове дрижання тактової синхронізації являє собою центрований нормальний процес з дисперсією  $\sigma_{\text{дж}}$ , то імовірність зриву тактової синхронізації дорівнює

$$p_2(q_2) = 1 - p(|\tau| \leq \alpha\tau_T) = 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{\alpha\tau_T}{\sqrt{2}\sigma_{\text{дж}}} \right), \quad (4)$$

де  $\alpha\tau_T$  – частина тривалості імпульсу;  $\sigma_{\text{дж}}^2$  – дисперсія фазового дрижання.

Якщо враховано систематичну похибку фазового дрижання, то дисперсія дорівнює

$$\sigma_{дж}^2 = \frac{1}{\omega^2 q_2}, \quad (5)$$

де  $\omega$  – тактова частота.

З урахуванням формули (5) імовірність (4) дорівнює

$$p_2(q_2) = 1 - \text{erf}(\pi\alpha\sqrt{2q_2}). \quad (6)$$

Тоді з урахуванням формул (1), (3), (6) одержимо

$$P_{ош} = 1 - \text{erf}^7\left(\frac{\sqrt{q_1}}{2\sqrt{2}}\right) \text{erf}(\sqrt{2}\pi\alpha\sqrt{q_2}). \quad (7)$$

Для такої задачі, де ціни представлені нечіткими множинами, задача може бути вирішена методами дискретного програмування. Але це некрайній метод рішення задач оптимального синтезу параметрів підсистем зв'язку. По-перше, при постановці задачі синтезу за багатьма показниками з урахуванням багатьох параметрів рішення задач синтезу натрапляє на проблему багатомірності. Рішення може тривати місяці і роки. Тому, зібравши статистику (рис. 1, 2) [4 – 6], можна перейти від нечітких множин вартості до їх випадкових величин, представлених лініями середньоквадратичної регресії вартості на параметри.

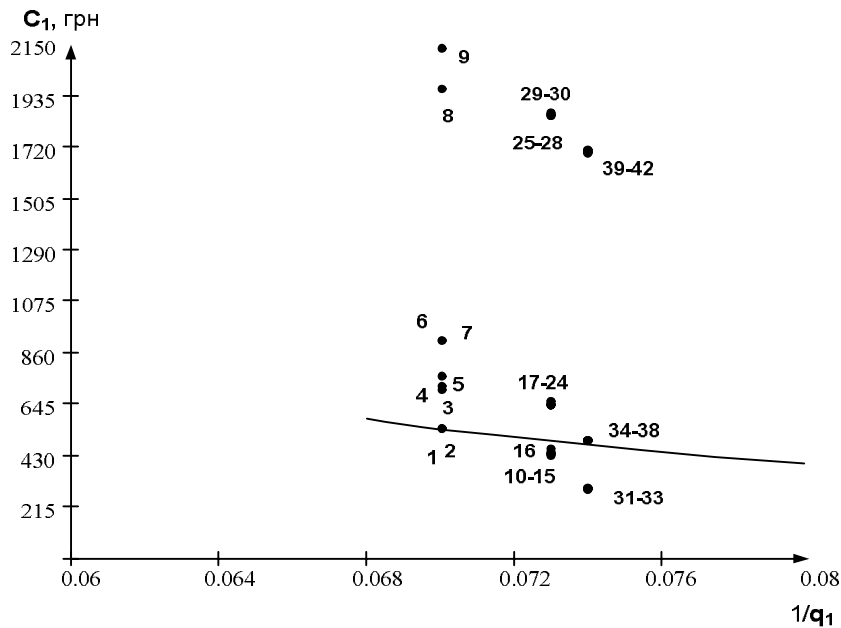


Рис. 1. Техніко-економічна статистика дешифратора підсистеми циклової синхронізації

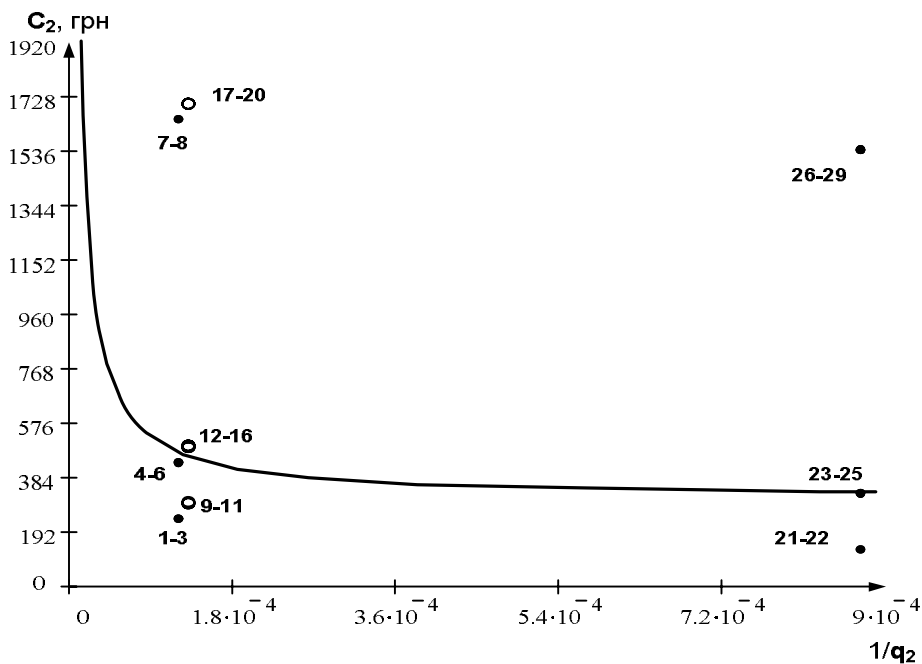


Рис. 2. Техніко-економічна статистика резонансного контуру пристрою виділення частоти підсистеми тактової синхронізації

В результаті, характер залежності між показниками якості має вигляд:

$$C_1(1/q_1) = 102,44 + 3/20 \cdot (1/q_1)^3; \quad (8)$$

$$C_2(1/q_2) = 308,9 + 0,019/(1/q_2). \quad (9)$$

По-друге, можна одержати й інші переваги. Оптимальне (точкове) рішення відповідає тільки одному значенню вектора оптимальних показників якості підсистем зв'язку. Щоб одержати інші точки потрібно послідовно вирішувати задачу при інших вхідних даних. Це дає можливість одержати «криві обміну» у якості цілого класу (діапазону) оптимальних рішень.

По-третє, без викладеного методу неможливо аналізувати стабільність і інші закономірності оптимуму для подібних задач.

По-четверте, виключаються елементи зі спекулятивними і демпінговими цінами.

По-п'яте, можливо спростити рішення, поліпшити оперативність і одержати додатково кілька корисних властивостей, що неможливо при інших методах постановки і рішення задач оптимального синтезу.

Не позбавляє від суб'єктивності також використання для показника вартості теорії нечітких множин Заде, зокрема функції приналежності нечіткій множині. Тому задачі оптимального синтезу параметрів систем варто шукати у вигляді задач оптимального вибору її функціональних елементів в умовах нечіткої техніко-економічної статистики.

Тому, з огляду на недоліки дискретного програмування, рішення задач синтезу потрібно шукати у вигляді континуальних задач, де всі дані техніко-економічної статистики вже оброблені по методу [3]. Достойнства методу в наступному:

1) універсальність рішення: задача, представлена у вигляді конкретних формул, більш наочна і дає можливість шукати рішення в квадратурах;

2) для складних задач квадратурні рішення, отримані для обмежених умов, стають ітераційними формулами, що також дають представлення про оптимум у деякому діапазоні параметрів;

3) «криві обміну» систем і їхніх елементів дають можливість використання оптимуму для всього діапазону їхніх показників якості,

4) «криві обміну» можуть служити еталоном для оцінки якості реальних систем і для оцінки технологічності їх і функціональних елементів, а також для прогнозування і спрямованості розвитку відповідних галузей виробництва.

5) технологічність систем і їхніх функціональних елементів визначаються близькістю кривих обміну до осей координат. Це характеризує стан відповідних виробництв. Як і в метрології для стандартів, пропонується оцінювати цей стан кожні п'ять років.

Результати рішення задачі синтезу за умовним критерієм якості представлені в табл. 1, а «криві обміну» – на рис. 3, 4.

Таблиця 1

Результати рішення задачі синтезу

		С, грн							
		415	450	500	700	1000	1100	1500	2000
$\alpha = 0,1$	$q_1$ опт	2,7	6,3	8,3	13,09	15,8	16,6	19,3	21,95
	$q_2$ опт	26,7	63,1	77,8	104,2	116,3	120,0	131,1	140,9
$\alpha = 0,2$	$q_1$ опт	2,85	6,3	8,34	13,1	15,8	16,6	19,36	21,95
	$q_2$ опт	11,3	20,8	24,5	31,2	34,3	35,2	38,0	40,5

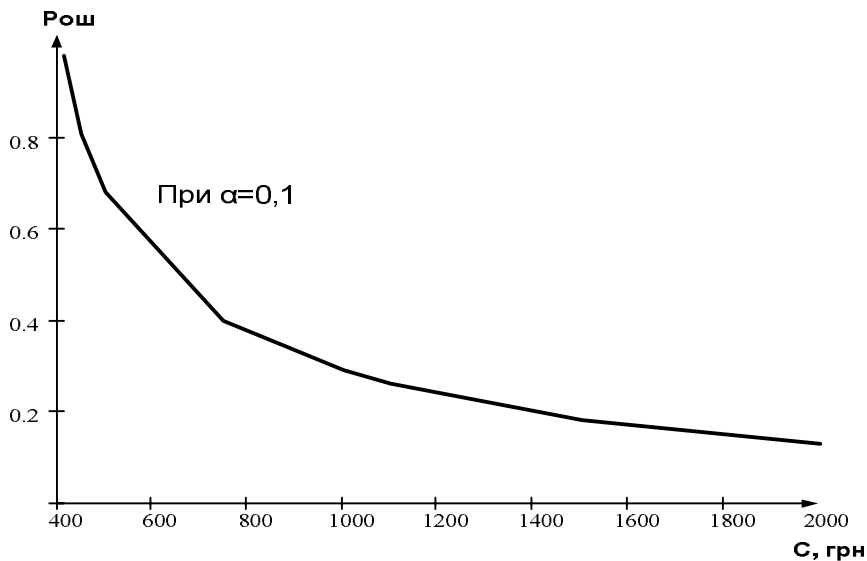
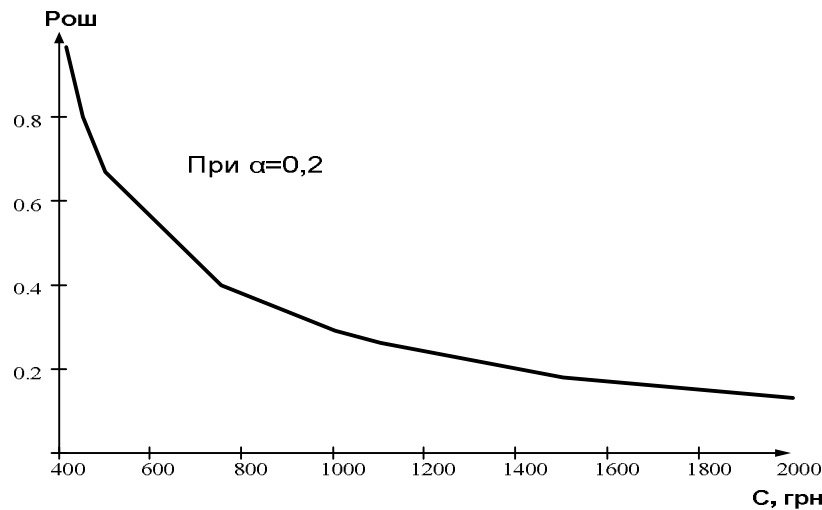


Рис. 3. Оптимальна залежність для  $P_{ош}$  при обмеженні  $C$  ( $\alpha = 0,1$ )

Рис. 4. Оптимальна залежність для  $P_{\text{ош}}$  при обмеженні  $C$  ( $\alpha = 0,2$ )

### Висновки

В результаті рішення задачі синтезу системи синхронізації по двох показниках якості і по двох параметрах отримані наступні результати:

1). Апробований метод рішення задач синтезу радіоелектронних систем, де вперше отримана також оптимальна оцінка впливу перешкод на канали синхронізації PDH.

2). Для заданої статистики оптимальні технічні параметри можна оцінити для всього діапазону показників з кривих обміну.

3). «Крива обміну» подає інформацію про сучасний стан і якість технології функціональних елементів підсистем циклової і тактової синхронізації.

4). Кожні п'ять років варто оновлювати техніко-економічну статистику.

5). Рішення в квадратурах універсально, стабільно в часі і придатне для САПР частини підсистеми синхронізації систем телекомунікацій різного типу (одного класу).

6). Метод перетворення нечітких витратних величин у випадкові величини різної природи дозволяє працювати зі статистикою параметрів реальних систем.

7). Криві обміну  $\epsilon$ , власне кажучи, еталонами якості для всього діапазону показників якості систем.

Якщо використовувати який-небудь критерій близькості показників якості реальних систем до кривих обміну при тих же асигнуваннях, що і для реальних систем, то це дає можливість їхньої оцінки якості будь-яких систем для всього діапазону асигнувань.

### Список літератури

1. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества / Л.С. Гуткин. – М.: Сов. радио, 1974. – 238 с.
2. Альошин Г.В. Эффективность информационно-визуальных радиотехнических систем: учебник / Г.В. Альошин. – Х.: ХУПС, 2005. – 293 с.
3. Альошин Г.В. Оцінка якості інформаційно-визуальних систем: навчальний посібник / Г.В. Альошин. – Х.: УкрДАЗТ, 2008. – 294 с.
4. Аппаратура ИКМ-30. Стойка аналого-цифрового оборудования. Техн. Опис. РТ.133.109ТО. – 1987. – 47 с.
5. Аппаратура первичной цифровой системы передачи ИКМ-30-4. Блок АЦО-11. Комплект технической и эксплуатационной документации. Альбом № 13-14 АРФ1.223.003. – 1993.
6. Комплект абонентского уплотнения. Техническое описание ФЭ 4.078.001ТО. – 1997. – 52 с.

Надійшла до редколегії 13.09.2011

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.О. Кузнецов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### СИНТЕЗ РЕАЛЬНЫХ СИСТЕМ СИНХРОНИЗАЦИИ PDH ПО УСЛОВНОМУ КРИТЕРИЮ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ

Г.В. Альошин, А.В. Сербин

В работе рассматривается метод синтеза реальных систем синхронизации на множестве технических параметров по условному критерию качества. Предложенный метод позволяет упростить алгоритм синтеза, повысить оперативность, диапазон вариаций показателей и достоверность в реализации систем.

**Ключевые слова:** показатель качества, отношение шум/сигнал, задача математического программирования, синтез параметров.

### THE SYNTHESIS OF REAL PDH SYSTEMS OF SYNCHRONIZATION BY A CONDITIONAL CRITERION OF NOISE STABILITY

G.V. Alyoshin, A.V. Serbin

The multivalence synthesis method for real systems of synchronization by a conditional criterion of quality is presented. This method simplifies a synthesis algorithm, diminishes calculating time, increases a range for quality dimensions, and increases probability of correct system's realization.

**Keywords:** quality dimension, noise-to-signal ratio, optimization problem, parametric synthesis.