

АЛЬОШИН Г. В., д.т.н., професор,
ПАНЧЕНКО С. В., д.т.н, професор,
ПРИХОДЬКО С. І., д.т.н., професор,
(Український державний університет залізничного транспорту)

Входження у зв'язок інформаційно-вимірювальних систем

Найрезультативнішим етапом будь-яких науково-дослідних робіт можна вважати етап отримання кінцевих цифрових значень ефективності, оптимальних головних показників інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), тобто їхню цифровізацію, узагальнення, спрощення та автоматизацію, прискорення обробки, збереження та використання інформації про ІВС і всю галузь радіоелектроніки як складову частину економіки.

Найкращою за формою і показниками результатів оптимізації можуть бути криві обміну, за Л. С. Гуткіним [1], які прискорюють розрахунки для широкого діапазону показників ІВС і скорочують цикли обороту капіталів у галузі. Крім того, цифровізації підлягають також постановки задач і оптимальні алгоритми оптимізації.

Розглядання ІВС як перетворювачів вимірювальних параметрів у напругу для автоматики, або в цифрову індикацію, дозволяє: 1) проводити класифікацію ІВС і каналів за якістю; 2) визначати головні показники якості ІВС; 3) розкрити природу протиріччя між діапазоном і середньою похибкою вимірювання; 4) довести оптимальність фазових вимірювань при заданому рівні сигналу і малій смугі пропускання і діапазону; 5) запропонувати нові методи вимірювань при великих діапазонах вимірювання, такі як панорамні, багатоканальні, багатоетапні, багатошкільні та комбіновані вимірювачі.

Розв'язання задач оптимізації ІВС сепарабельного програмування за рахунок модернізації методу оптимізації Ф. М. Вульфа [3] вперше отримали розв'язок в аналітичному вигляді, що найбільш корисно для цифровізації результатів, розширення діапазонів показників, постановки задач при різних показниках і параметрах будь-якої фізичної природи.

Ключові слова: цифровізація галузі, оптимізація інформаційно-вимірювальних систем, класифікація якості систем.

Системний аналіз проблем оптимізації систем

Відомо, що інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) створюються на трьох множинах різновидів: структур, сигналів і технічних параметрів. Вибір структур здійснюється евристично на базі відомих рішень. Вибір сигналів в основному також евристичний, хоча існують численні задачі їх оптимізації за частковими критеріями: Френкс, Кук і Бердфельд і т.д. Задачі оптимального вибору технічних параметрів мають евристику лише при постановці задач [2-11]. Розв'язання їх певною мірою можна вважати об'єктивним процесом з евристичним вибором самого процесу оптимізації.

Пошук узагальненого методу побудови ІВС поки не дає позитивних результатів. Але навіть при першочерговому системному аналізі знаходяться взаємозв'язки між показниками, які є вимогами для оптимальної побудови ІВС. Ця мета співпадає також з задачею пошуку кривих обміну, за Л. С. Гуткіним, для кінцевого етапу досліджень, тобто при оптимізації ІВС. Покажемо справедливості її також для початкових моделей кривих обміну.

Прийmemo майже філософське поняття про модель вимірювача: **вимірювач по суті є перетворювачем значень вимірюваної величини у значення відліку в напрузі для автоматики чи у цифровому вигляді для індикації.**

Це є центральним моментом для отримання функції обміну ІВС з заданими тактико-технічними вимогами (ТТВ).

Роль вимірювачів відіграють також аналогові та цифрові детектори, дискримінатори, перетворювачі параметрів у складі великих систем і систем автоматичного управління (САУ) або у складі каналів супроводження за параметром. У разі супроводження параметра повинні виконуватись відповідні умови, наприклад достатня швидкість вимірювання і перебудови САУ, яка повинна бути не меншою швидкості зміни процесу.

У будь-якому разі потрібно вирішувати **проблему пошуку зв'язку між абонентами, пов'язану з процесами вимірювання параметрів сигналу, їхніми широкими діапазонами і часом пошуку.**

Вимірювання або перетворення будь-якого параметра реалізується на основі відповідної функціональної залежності відліку від вимірюваної величини за відомим законом природи. При цьому потрібна *найбільша чутливість* вимірювача до вимірюваного параметра. Тому частіше для вимірювання частоти сигналу використовується чутливе явище резонансу, вимірювань кутів – діаграма спрямованості, вимірювання затримки часу – імпульс, його фронти на виході ІВС, автокореляційна функція і т. д. Тобто залежності беруться з відповідних сигнальних функцій або їх комбінацій, фронтів і т. ін.

Найпоширені функціональні вимірювачі, де відомий закон перетворення у вигляді функціональної залежності, – так звані «прямопоказувальні» вимірювачі.

Для заміни традиційного системного аналізу дії ІВС скористаємось її фізичною моделлю вимірювача, що забезпечує **цифровізацію, постановку задач оптимізації, її переваги і вирішує також проблеми пошуку зв'язку.**

Мета статті – цифровізація побудови ІВС, вирішення проблем входження у зв'язок і узагальнення результатів оптимального синтезу ІВС за умовними критеріями якості.

Основний матеріал

Розглянемо **функцію обміну** неоптимальних систем, яка визначає можливість заміни кожного показника іншим, тобто виявляє взаємозв'язки показників якості і параметрів вимірювачів.

Розглянемо рис. 1. Знайдемо показники якості вимірювача. Точність за шкалою буде постійною, якщо характеристика **ОВ** лінійна, як на рис. 1.

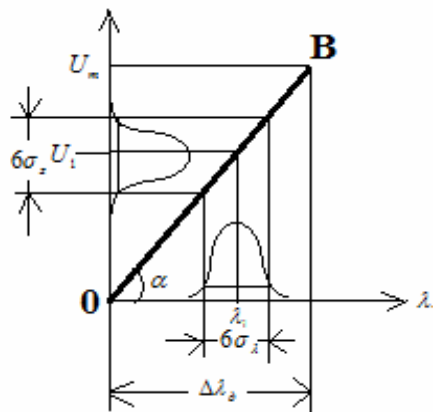


Рис. 1. Характеристика **ОВ** – шкала вимірювача: $6\sigma_U$ – довірчий інтервал завади з квантилем рівним 3; $6\sigma_\lambda$ – довірчий інтервал параметра з квантилем рівним 3; $U_m, U_1, \lambda_1, \Delta\lambda_0$ – відповідно максимальна напруга на межі діапазону відліків, відлік, точкова оцінка параметра та апертура, або діапазон вимірювача

Якщо вимірюємо параметр λ_1 , то на виході після перехідного процесу з'явиться напруга U_1 . Але ми знаємо, що відлік містить загальну заваду з відомим розподілом імовірності. Знаючи точність вимірювань, визначимо довірчі інтервали $6\sigma_U$ і $6\sigma_\lambda$.

З рис. 1 видно, що справедливе відношення

$$6\sigma_\lambda = 6\sigma_U = \frac{6\sigma_U}{\tan \alpha}$$

Звідси

$$\sigma_\lambda^2 = \frac{\sigma_U^2}{\tan^2 \alpha} = \frac{\sigma_U^2}{(U_1/\lambda_1)^2} \tag{1}$$

Або

$$\sigma_\lambda^2 = \frac{\sigma_U^2}{U_m^2} = \frac{(\Delta\lambda_0)^2}{q} = \frac{(\Delta\lambda_0)^2}{\frac{P_m}{N_0\Pi}} \tag{2}$$

де $q = \frac{U_m^2}{\sigma_U^2} = \frac{P_m}{P_s} = \frac{P_m}{N_0\Pi} \equiv \frac{P_m t_e}{N_0}$ – відношення

максимальних потужностей сигналу до завади, де N_0 – спектральна щільність загальної завади; Π – смуга частот каналу вимірювача;

t_e – час вимірювання.

Крім того, для передачі сигналів інформаційними каналами потрібні інформаційні, вимірювальні або сумісні канали зі своїми етапами, у тому числі – модуляції і кодування.

З рис. 1 видно, як впливають на якість ІВС головні показники, у тому числі діапазон вимірювання і час вимірювання t_e , який дуже суттєвий у радіоелектроніці і не може бути менший, ніж час перехідного процесу.

Показники і параметри прямопоказувальних з функціональною характеристикою вимірювача **ОВ** (рис. 1) можна розраховувати за формулою (2), а канали можливої однобічної або двобічної передачі сигналів – з урахуванням відомих виразів [2-11].

Наприклад, дисперсію за рахунок дії флуктуаційних шумів похибки вимірювань частоти Доплера можна представити в повному вигляді [2-11]:

$$\sigma_{\lambda}^2 = \frac{6 \cdot 4^4 \pi^2 R_{\max}^4}{2 \lambda_{3-\delta}^2 \lambda_{\delta-3}^2} \cdot \frac{\Delta \lambda_0^2 K_0 T_{\text{оач}}}{T^3 P_{\text{прод1}} \prod_{i=1}^6 G_i(\theta_i) \chi_1 \chi_2 \prod_{k=1}^4 (g_k \varepsilon_k) [1 - \phi(a)]} \times$$

$$\times \frac{Ш_{\text{усч1}}}{\left(1 - \frac{|\delta f|}{\tau_3}\right) f(TП_{\text{фнч}}) \left(1 - \frac{\bar{\psi}_0}{2}\right) \left(1 - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{\sigma}{\tau_3}\right) \prod_{\lambda=2}^4 L_{3\lambda} K_{\text{пвч2}} L_{\text{см2}} L_{\text{см3}} K_{\text{прд2}} K_{\text{пнч2}} L_0 L_{g1} L_{g2}}$$

При цьому, якщо ІВС працює з широкосмуговими ФМ псевдовипадковими сигналами, де, крім інформаційного каналу, потрібні канал підстроювання несучої частоти, канал синхронізації, канали стеження за кутами, врахування та корекція нестабільностей, збурень і неідеальностей ФЕ.

Постановку задач оптимізації каналу за критерієм завадостійкості при обмеженні за вартістю $C_{\delta}(\bar{X})$ можна записати простіше:

$$D[\Delta f_{\delta}] = \frac{\text{const}}{\prod_{j=1}^{n1} X_j} \quad \text{при } C(\bar{X}) \leq C_{\delta}, \quad (3)$$

де C_{δ} – допустима вартість;

X_j – монотонні «фазові» функції від своїх технічних параметрів, до яких належать $\frac{1}{Ш_{\text{пвч1}}}$ і $\frac{1}{T_{\text{сач}}}$;

$$\text{const} = \text{const}_1 \frac{R_{\max}^4}{\lambda_{3-\delta}^2 \lambda_{\delta-3}^2} \quad \text{для двобічних каналів.}$$

При цьому

$$1 \geq X_{3j} \geq X_{3j \text{ пред}},$$

де $X_{3j \text{ пред}}$ – граничні значення параметрів, які описують неідеальності і розладнання.

Вперше виявлено те, що раніше було непомітним для уваги дослідників: дисперсія похибки вимірювань пропорційна квадрату фізичного діапазону вимірювача. Це приховувало велику нішу фізичних досліджень про методи вимірювань, структуру, сигнали та параметри дискримінаційних і складних вимірювачів і оптимізацію ІВС [2-11].

Вибір кращого методу вимірювання – це складна проблема [2, 11], яка потребує векторного порівняння

показників якості вимірювачів: 1) за точністю; 2) довжиною діапазону; 3) часом вимірювання; 4) простотою алгоритму; 5) простотою структури або вартістю; 6) особливими ознаками методів.

Час входження у зв'язок і час вимірювання, який часто ігнорується в радіоелектроніці, суттєво впливає на вибір ІВС і метод вимірювання, визначається часом перехідного процесу формування і проходження сигналу в каналі ІВС на вихід приймача плюс час реакції САУ або системи індикації.

Цифрові вимірювачі відрізняються тим, що вимірювальний параметр перетворюється у більш точні відповідні часові інтервали за сучасними стандартами, що звичайно точніше аналогових вимірювачів і представлений у потрібному цифровому вигляді.

У реальних функціональних вимірювачів завжди обмежений фізичний діапазон. І тому не випадково, що першим був знайдений простий пошуковий, або панорамний, метод вимірювання параметрів у великому діапазоні. Але він має суттєві недоліки: великий час при нешвидкому пошуку та можливе пропускання сигналу при динамічному ефекті та низьку чутливість при швидкому пошуку. Це спонукає шукати також інші методи вимірювання.

Отримані вирази є основою для логічного зв'язку існуючих і нових методів дії радіоелектронних вимірювачів з будь-якими якостями і діапазонами вимірювання. Класифікація вимірювачів: 1) дискримінаційні вимірювачі; 2) пошукові, або панорамні, вимірювачі; 3) багатоканальні вимірювачі; 4) нові багатошкільні вимірювачі; 5) нові багатоетапні вимірювачі; 6) цифрові вимірювачі; 7) комбіновані вимірювачі.

У повному обсязі іноваційні ідеї системного аналізу та оптимального вибору структур, сигналів і параметрів інформаційних, вимірювальних каналів різних типів, у тому числі сумісних ІВС, розглянуто в роботах [2-11].

Подані в них результати дозволяють отримати нові уявлення про ідеї побудови ІВС, ФЕ і їхню оптимізацію.

Для стежувальних систем пошук і виявлення сигналу це фактично етап грубого вимірювання. Точність його визначається розміром півсмуги «вікна», що сканує параметр. Виявлення сигналу автоматично підключає більш точну стежувальну САУ. Такі вимірювачі є фактично двохетапними.

Інформаційні системи також вимірюють протікаючу за часом напругу сигналу, але за призначенням це має відбуватися без спотворень.

Короткі відомості про методи вимірювань

Пошукові, або панорамні, вимірювачі [3-11] діють за рахунок перебудови сигнальних функцій на всьому діапазоні вимірювань (рис. 2). Це достатньо простий вимірювач, який може мати великий апріорний діапазон.

Але він має недоліки:

- максимальний час вимірювань великий і складається з часів спостереження t_c усіх n елементів діапазону

$$t_n = nt_c = n \frac{\Delta\lambda_0}{\lambda'}, \tag{4}$$

де час спостереження $t_c = \Delta\lambda_0 / \lambda' = 3\tau_p = \frac{3}{\Pi}$ залежить від смуги пропускання приймача, яка входить у криву обміну (2), а точність дорівнює половині апертури дискримінатора;

- при надто великому діапазоні і повільній швидкості перебудови, поки «вікно» знаходиться в одному місці, може бути пропускання сигналу в інших місцях діапазону;

- підвищення швидкості пошуку підвищує смугу пропускання приймача та інші параметри, що призводить до динамічного ефекту, який знижує чутливість.

Підвищувати діапазон можна, наприклад, за рахунок ускладнювання методу, наприклад за рахунок поділення діапазону навпіл з одночасним вимірюванням на двох діапазонах (рис. 2). Але це вже двоканальний пошук сигналу на першому етапі. Далі – виявлення сигналу і підключення більш точної шкали дискримінатора.

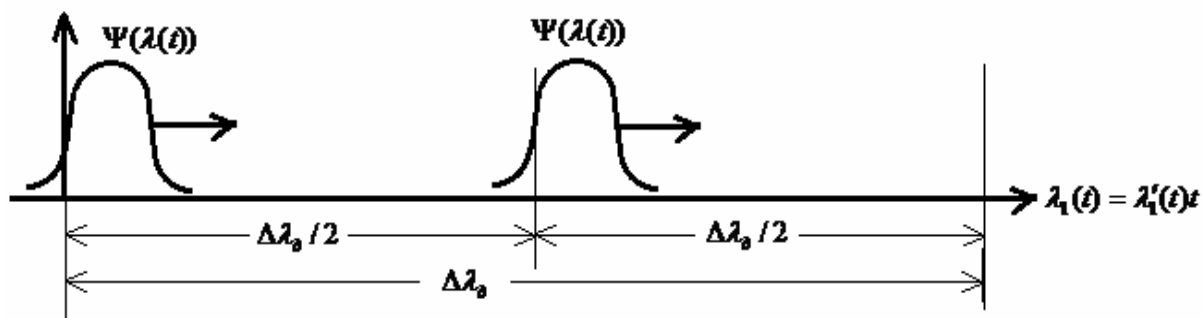


Рис. 2. Принципи панорамного вимірювання параметра λ

Якщо весь діапазон зайнятий сигнальними функціями, які перекриваються на рівні половини рівня сигналу за потужністю, то це вже буде багатоканальний метод (рис. 3). Він кращий за часом виявлення сигналу. Точність методу – також півсмуги дискримінатора.

Його недоліки: велика вартість, складність налаштування, а при великому сигналі – неоднозначність його виявлення.

Багатоетапний метод вимірювання – це метод, при якому на точкову оцінку першого грубого вимірювача налаштується другий вимірювач, а його діапазон відповідає інтервальної оцінці першого вимірювача. І так послідовно далі.

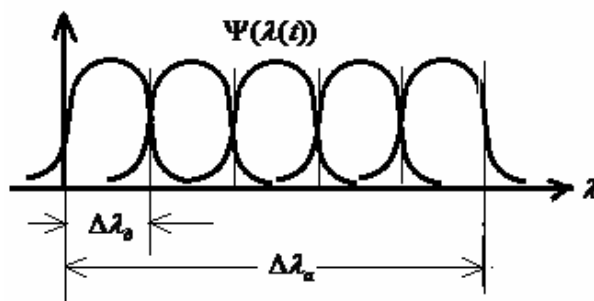


Рис. 3. Характеристика багатоканального вимірювача параметра λ

Багатоетапні вимірювачі – складні вимірювачі, які суміщують етапи, що дозволяють як розширити діапазон вимірювань, так і підвищувати точність. В одному вимірювачі це неможливо, за співвідношенням (2), через протиріччя між діапазоном і дисперсією похибки.

Цей алгоритм можна спростити, якщо скористатися перемиканням діапазону попереднього дискримінатора за рахунок зближення сигнальних функцій у тому самому дискримінаторі.

Для двох послідовних етапів з урахуванням виразу (2) справедливе співвідношення з квантилем підстроювання шкали β_i

$$\sigma_k^{-2} = \sigma_{k-1}^{-2} \left(1 + \frac{\beta_{k-1}^{-2}}{2} q_k \right). \quad (5)$$

Шляхом послідовних підстановок отримаємо з формули (2) результуючу точність

$$\sigma_n^{-2} = \sigma_a^{-2} \prod_{k=1}^n \left(1 + \frac{\beta_{k-1}^{-2}}{2} q_k \right). \quad (6)$$

Оскільки шкали багатоетапного вимірювача діють послідовно за часом, то існує обмеження за часом

$$\sum_{k=1}^n T_k \leq T, \quad (7)$$

де T_k – час оцінювання параметра k -ю шкалою, а отже, і на енергетику усіх шкал.

$$\sum_{k=1}^n q_k \leq q, \quad (8)$$

де $q_k = \frac{PT_k}{N_0}$.

Тоді задача для отримання узагальнених **кривих обміну** є задачею загальної оптимізації ефективності А багатоетапного вимірювача, або ІВС з урахуванням обмежень (8) і вартості, що матиме вигляд

$$\max_{\{X\}} A = \max_{\{X\}} \frac{\sigma_n^{-2}}{\sigma_a^{-2}} = \max_{\{X\}} \prod_{k=1}^n \left(1 + \frac{\beta_{k-1}^{-2}}{2} q_k \right), \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^n q_k \leq q, \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^n [C_k(q_k) + C_{0k}] \leq C_{\Sigma}, \quad (11)$$

$$\prod_{k=1}^n P_{\text{дов } k}^{-1}(\beta_k) \leq P_{\text{дов доп}}^{-1}, \quad (12)$$

$$X_{i_{k \min}} \leq X_{i_k} \leq X_{i_{k \max}}, \quad (13)$$

де $P_{\text{дов } k}$ – довірча ймовірність k -ї шкали;

$C_k(q_k) = C_k(\hat{X})$ і C_{0k} – відповідні вартості частин k -ї шкали, залежної від значення q_k і незалежної від неї.

Задача поділяється на дві послідовні задачі оптимізації:

- перша [3-11] – за максимумом ефективності (6) при обмеженні (7);

- друга за максимумом отриманої ефективності, або функції обміну, при обмеженнях (11), (12) і (13).

Перша задача має розв'язок

$$q_{k \text{ opt}} = \frac{q}{n},$$

де n – кількість етапів, що визначається

$$n = \frac{\ln A}{\ln \eta q - \ln n}. \quad (14)$$

Багатошкальний метод використовує той самий принцип, але з гармонічними сигналами у шкалах, які мають найменші смуги каналу і діапазону (2) і більшу точність. Але він має недоліки: неоднозначність шкал і їхню нелінійність.

Як і багатоетапні, багатошкальні вимірювачі можуть бути з послідовними шкалами в часі і з паралельними, одночасними [3-11].

Можна показати, що однозначно порівнювати загальну ефективність різних типів вимірювачів за вектором показників можна тільки за п'ятьма показниками якості: 1) точністю; 2) діапазоном; 3) часом; 4) довірою до оцінки; 5) вартістю, або енергетичним потенціалом.

Висновки

1. Формули (1), (2) вже можна вважати початковою *цифровізацією* за рахунок отримання цих кривих обміну і вибору показників і параметрів. Криві обміну являють собою формули або багатомірні таблиці, які дозволяють зразу ж за початковим планом

отримати оптимальний чи раціональний результат або системного аналізу, або оптимізації ІВС.

2. Діапазон вимірюваного параметра протирічить точності вимірювань. А в радіоелектроніці одночасно потрібний як великий діапазон, так і велика точність. Це протиріччя стимулювало розвиток деяких відомих і нових ширококутових методів вимірювання параметрів сигналу. Розширився і узагальнився спектр методів вимірювання.

3. Найточнішими методами вимірювання параметрів руху об'єктів при заданому енергетичному потенціалі можна вважати фазові методи вимірювання, тому що можна використовувати найменший діапазон частот сигналу і найменшу смугу його пропускання. Але недоліками фазових методів є неоднозначність вимірювань на точних шкалах і нелінійність шкал.

4. Для вимірювальних та інформаційних каналів функціональні елементи (ФЕ) за призначенням у складі ІВС при обробці сигналів у каналах ідентичні, але ФЕ інформаційних каналів мають суттєво більшу смугу пропускання, тому що сигнал інформаційного каналу швидше змінюється, ніж сигнал вимірюваного каналу.

5. Покажемо доцільність класифікації ІВС, або її каналів, за різною якістю, як без оптимізації, а також для оптимальних ІВС.

Для вимірювальних та інформаційних допустимих систем початкові **функції обміну** мають однаковий вигляд, еквівалентний виразам (1), (2):

$$A = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_\lambda^2} \leq q(\bar{X}), \quad (15)$$

де \bar{X} – вектор технічних параметрів;

$$A = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_\lambda^2} - \text{ефективність вимірювачів, або квадрат}$$

відношення апіорної невизначеності до апостеріорної.

Для інформаційних систем σ_a – максимальний рівень сигналу, тобто рівень білого, а σ_λ – середньоквадратичне значення шуму.

Права частина нерівності (15) є по суті показником ресурсів. Якщо вираз (15) є нерівністю, то ІВС ми вважаємо допустимою, якщо – рівністю, то це раціональна ІВС, а якщо на якісь показники накладаються обмеження, то ІВС може бути оптимальною у відповідному сенсі.

6. Для оптимальних систем за умовним критерієм максимуму завадостійкості за даними тактико-технічних вимог (ТТВ) при обмеженні за вартістю **функції обміну** можна знайти за розв'язанням відповідної задачі:

$$\max A = \max q(\bar{X})$$

$$\sum_{i=1}^n C_{ui}(X_i) \leq C_o \quad (16)$$

7. Задачі (16) та інші задачі оптимізації [3-11] можуть використовувати методи математичного програмування, оптимізації Р. Белмана, математичної індукції, сепарабельного програмування, геометричного програмування, результати яких збігаються для типових випадків.

8. Задачі оптимізації вперше отримали розв'язок в **аналітичному вигляді** при розв'язанні задач сепарабельного програмування за рахунок модернізації методу оптимізації Ф. М. Вульфа [3-11].

9. Форма результату є універсальною, тому що подані функції є кривими обміну в аналітичному вигляді, що дозволяє суттєво розширити діапазони показників і параметрів, одразу отримати оптимальні цифрові показники та параметри, додати до задачі додаткові показники якихось ресурсів і знизити кількість ітерацій.

10. Наприклад, вимірюваним параметром може бути будь-який параметр, а функції $C_{uo}(\bar{X})$ можуть бути функцією кореляції вартості ФЕ та його параметра, функціональною надійністю, об'ємом, вагою та ін. Тобто ресурсним показником може бути не тільки вартість. Можуть бути також час входження у зв'язок для лазерних і військових систем, час розробки ІВС, смуга частот, кількість каналів, операторів, для бортових систем – маса, об'єм, дизайн.

Список використаних джерел

1. Гуткин Л. С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. Москва: Сов. радио, 1974. 368 с.
2. Альошин Г. В. Эффективность информационно-вимірювальних радіотехнічних систем: підручник. МО України. Харків: ХУПС, 2005. 294 с.
3. Алешин Г. В., Богданов Ю. А. Эффективность сложных радиотехнических систем: монография. Киев: Наукова думка, 2008. 288 с.
4. Альошин Г. В. Оцінка якості інформаційно-вимірювальних систем. Харків: УкрДАЗТ. 2009. 300 с.
5. Альошин Г. В., Панченко С. В., Приходько С. І. Основи систем автоматизованого проектування інформаційно-вимірювальних систем: навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2012. 64 с.
6. Основи наукових досліджень: підручник / Г. В. Альошин, С. В. Лістровий, С. В. Панченко, С. І. Приходько. Харків: УкрДАЗТ, 2012. 340 с.
7. Информационные системы в управлении, образовании, промышленности: монография /

- Г. В. Алешин и др.; под ред. В. С. Пономаренко. Харьков: ТОВ «Щедра садиба плюс», 2014. 498 с.
8. Информационные технологии и защита информации в информационно-коммуникационных системах: монография / Г. В. Алешин и др.; под ред. В. С. Пономаренко. Харьков: ТОВ «Щедра садиба плюс». 2015. 486 с.
 9. Альошин Г. В., Панченко С. В., Приходько С. І. Проблеми теорії телекомунікаційних систем та мереж: підручник. Харків: УкрДУЗТ, 2017. 260 с.
 10. Альошин Г. В., Панченко С. В., Приходько С. І. Радіоавтоматика в системах зв'язку: підручник. Харків: УкрДУЗТ, 2017. 290 с.
 11. Альошин Г. В., Панченко С. В., Приходько С. І. Оптимізація цифрових систем передачі: підручник. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 151 с.

Алешин Г. В., Панченко С. В., Приходько С. І. Вхождение в связь информационно-измерительных систем.

Аннотация. Самым результативным этапом любых научно-исследовательских работ можно считать этап получения конечных цифровых значений эффективности, оптимальных главных показателей информационно-измерительных систем (ИИС), то есть их цифровизацию, обобщение, упрощение, автоматизацию, ускорение обработки, сбережение и использование информации об ИИС и всей отрасли радиоэлектроники.

Лучшими по форме и показателям результатов оптимизации могут быть кривые обмена, по Л. С. Гуткину [1], которые ускоряют расчеты в широком диапазоне показателей ИИС и сокращают циклы оборота капитала в отрасли. Кроме того, к цифровизации относятся также постановки задач и оптимальные алгоритмы оптимизации.

Рассмотрение ИИС как преобразователей измеряемых параметров в напряжение для автоматики, или в цифровую индикацию, позволяет: 1) проводить классификацию ИИС и каналов по качеству; 2) определять главные показатели качества ИИС; 3) раскрывать природу противоречия между диапазоном и средней погрешностью измерений; 4) доказать оптимальность фазовых измерений при заданом уровне сигнала и при малой полосе пропускания и диапазона; 5) предложить новые методы измерений при больших диапазонах измерений, такие как панорамные, многоканальные, многоэтапные, многошкальные и комбинированные измерители.

Решения задач оптимизации ИИС сепарабельного программирования за счет модернизации метода оптимизации Ф. М. Вульфа [2-11] впервые получили решение в аналитическом виде, что наиболее полезно для цифровизации результатов, расширения диапазонов показателей, постановки задач при

различных показателях и параметрах любой физической природы.

Ключевые слова: цифровизация отрасли, оптимизация информационно-измерительных систем, классификация качества систем.

Aloshin G. V., Panchenko S. V., Prikhodko S. I. Getting in touch of information-measuring systems.

Abstract. The most productive stage of any research work can be considered the stage of obtaining final digital values of efficiency, optimal main indicators of information-measuring systems (IMS), that is their digitalization, generalization, simplification and automation, accelerated processing, saving and use of information about IMS and about the entire electronics industry as part of the economy.

Exchange curves according to L. Gutkin [1], which speed up calculations for a wide range of IMS indicators and shorten the cycle of capital turnover in the industry, may be the best in form and in terms of optimization results. In addition, tasks and optimal optimization algorithms are also subject to digitalization.

Consideration of IMS as converters of measured parameters into voltage for automation, or into digital indication, allows: 1) to classify IMS and channels by quality, 2) to determine the main quality indicators of IMS, 3) to reveal the nature of the contradiction between the range and the average measurement error, 4) to prove the optimality of phase measurements at a given signal level with a small bandwidth and range, 5) offer new measurement methods for large measurement ranges, such as panoramic, multi-channel, multi-stage, many locally and combination meters.

For the first time, F.M. Wolfe [3] optimized the solutions of optimization problems of IIS of separable programming due to the modernization of the optimization method, which is most useful for digitalizing the results, for expanding the ranges of indicators, for setting tasks with different indicators and parameters of any physical nature.

Key words: industry digitalization, optimization of information-measuring systems, classification of system quality.

Надійшла 12.04.2020 р.

Альошин Геннадій Васильович, доктор технічних наук, професор кафедри транспортного зв'язку, Український державний університет залізничного транспорту. Харків, Україна. E-mail: aloshin.gennadiy@gmail.com ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-0392-9889>

Панченко Сергій Володимирович, доктор технічних наук, професор, ректор Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, Україна. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7626-9933> E-mail: info@kart.edu.ua

Приходько Сергій Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортного зв'язку, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6535-8351> E-mail: prihodko@kart.edu.ua

Gennadiy Aloshin, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport Communication of the Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: aloshin.gennadiy@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0392-9889>

Sergey Panchenko, rector, Doctor of Technical Sciences, professor, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: info@kart.edu.ua. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7626-9933>

Sergey Prihodko, Doctor of Technical Sciences, professor, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6535-8351> E-mail: prihodko@kart.edu.ua.