

Лекція 14. Оптимізація параметрів та вибір технічних засобів для вимірювального каналу приладової системи

Як було визначено в розділі 1, приладова система будується на основі існуючих технічних засобів. Підвищення її точності і швидкодії, розширення функціональних можливостей реалізується шляхом створення відповідного математичного, методичного та алгоритмічного забезпечення для обробки відеозображень з вимірювальною інформацією про ГП виробів. Тому при розробці екземплярів приладової системи згідно вимог конкретних підприємств з видобуту та обробки природного каменю необхідно обрати такі технічні засоби, які разом з алгоритмічним забезпеченням дозволяють отримати найкращі метрологічні характеристики цієї системи. Вимірювальний канал приладової системи складається з багатьох блоків, для кожного з яких існують десятки і сотні різноманітних моделей технічних засобів. Тому вибір цих засобів можна здійснити тільки на основі оптимізаційних процедур.

Можливі цільові функції оптимізації вимірювального каналу:

– досягнення максимальної точності вимірювань при заданій швидкодії і граничній вартості приладової системи (лабораторні дослідження зразків природного каменю з родовищ на підприємствах, що видобувають природний камінь та в організаціях гірничо-геологічного профілю);

– досягнення максимальної швидкодії вимірювань при заданій точності і граничній вартості приладової системи (контроль ГП виробів при їх виготовленні на підприємствах з обробки природного каменю);

Вибір оптимального варіанту технічних засобів вимірювального каналу може бути здійснений на основі:

– декомпозиції загального набору варіантів на декілька підмножин (наприклад, розподіл по типу ПФВЗ – цифрова телевізійна камера, спеціалізована цифрова відеокамера, цифровий фотоапарат тощо) з подальшим перебором варіантів у кожній підмножині [394 – 396];

– використання методів лінійного програмування, методів теорії графів та вирішення комбінаторних задач [250, 333, 397 – 400];

– використання відомих методів проектування засобів вимірювань механічних величин, в тому числі: синтез їх фізичного принципу дії, синтез найбільш раціонального технічного рішення, що включає синтез структури та вибір складових частин вимірювального каналу, пошук оптимальних значень параметрів для отриманого технічного рішення [401 – 403].

При цьому слід враховувати ряд суттєвих особливостей приладової системи з відеозображеннями. Ці особливості полягають в тому, що параметри технічних засобів для різних складових частин вимірювального каналу в значній мірі залежать одне від одного і повинні вибиратися узгоджено, з врахуванням можливості їх сумісного використання та вимог точності і швидкодії. Технічні засоби вимірювального каналу також повинні забезпечувати формування та алгоритмічну обробку відеозображень з параметрами, що визначені шляхом оптимізації в підрозділі 5.1.

Однак, серед існуючих технічних засобів складно підібрати засоби з параметрами, що точно відповідають значенням параметрів, отриманим в результаті оптимізації.

Розробка нових складних технічних засобів з оптимальними значеннями параметрів в багатьох випадках не є доцільною, оскільки суттєво ускладнює і сповільнює розробку приладової системи. Тому для складових частин вимірювального каналу обирають існуючі технічні засоби з параметрами, що дещо відхиляються від умов оптимальності [401 – 403].

Оскільки такий вибір виконується окремо від процедури оптимізації з підрозділу 5.1, то він не враховує в повній мірі взаємні залежності параметрів, їх співвідношення та інші особливості, що привели до результату, отриманого шляхом оптимізації. Наслідком такого вибору технічних засобів може бути суттєве відхилення параметрів вимірювального каналу від початкових умов оптимальності. В результаті погіршуються метрологічні характеристики приладової системи для вимірювання механічних величин.

Технічні засоби приладової системи є складними пристроями з великою кількістю параметрів, різними принципами та режимами роботи, різними інтерфейсами для вхідних та вихідних сигналів, що передають вимірювальну

інформацію про ГП. Тому цілком можливою є ситуація, коли технічні засоби окремо для кожної складової частини вимірювального каналу підібрані правильно (з наближенням до умов оптимальності), але вони не можуть працювати разом через невідповідність ряду їх параметрів, вказаних вище. В результаті вимірювальний канал є непрацездатним.

Для подолання цієї ситуації можна замінити частину технічних засобів таким чином, щоб отримати працездатний вимірювальний канал. Але такі заміни можуть суттєво порушити умови оптимальності вимірювального каналу. В результаті погіршуються метрологічні характеристики приладової системи для вимірювання механічних величин.

Таким чином, суттєвим недоліком існуючих методів розробки та оптимізації вимірювального каналу приладової системи є недостатнє наближення результатів розробки (параметрів технічних засобів, обраних в якості складових частин вимірювального каналу) до умов оптимальності, визначених в підрозділі 5.1. Як наслідок, суттєво погіршуються метрологічні характеристики приладової системи для вимірювання механічних величин.

Тому пропонується метод розробки вимірювального каналу приладової системи згідно вимог конкретних підприємств, який забезпечує поліпшення її метрологічних характеристик (патент України на корисну модель 46721 U [48]). Цей метод створено на основі генетичного алгоритму оптимізації складних технічних систем. В запропонованому методі оптимізація параметрів та вибір технічних засобів для складових частин вимірювального каналу суміщені і виконуються разом за допомогою генетичного алгоритму.

Поставлена задача вирішується шляхом того, що після визначення структурної схеми вимірювального каналу (див. підрозділи 1.3 і 2.2) формують масив даних про технічні засоби, що можуть бути його складовими частинами. Причому сформований масив даних для кожного з технічних засобів містить інформацію про його параметри та можливість працювати разом з іншими технічними засобами в складі вимірювального каналу. Після чого за допомогою генетичного алгоритму виконують оптимізацію параметрів та вибір технічних засобів для кожної складової частини вимірювального каналу. Причому в якості

початкових даних для генетичного алгоритму використовують сформований масив даних про технічні засоби. В ході роботи цього алгоритму виключають з розгляду варіанти вибору технічних засобів, які не можуть працювати разом як складові частини вимірювального каналу.

Як відомо, генетичний алгоритм є потужним засобом вирішення задач оптимізації [369, 404, 405]. Він поєднує переваги методів оптимізації на основі перебору варіантів та градієнтних методів оптимізації. При цьому забезпечується висока швидкість оптимізації та знаходження глобального екстремуму цільової функції. Також цей алгоритм надає можливості гнучкого кодування даних, що характеризують вимірювальний канал приладової системи і використовуються як початкові дані для процедури оптимізації.

Оптимізація параметрів складових частин вимірювального каналу в генетичному алгоритмі забезпечується за рахунок цілеспрямованого пошуку серед параметрів існуючих технічних засобів, що можуть бути складовими частинами цього каналу. Для цього використовується інформація з масиву даних про технічні засоби, що передана в якості початкових даних в генетичний алгоритм. Вибір технічних засобів в генетичному алгоритмі забезпечується за рахунок того, що в ході його роботи разом з пошуком оптимальних параметрів розглядаються технічні засоби, що мають ці параметри. При цьому результатом роботи генетичного алгоритму є вибір технічних засобів, параметри яких забезпечують максимальне наближення до умов оптимальності вимірювального каналу. Це відбувається за рахунок оптимізаційних властивостей генетичного алгоритму [404, 405]. Як наслідок, суттєво поліпшуються метрологічні характеристики приладової системи для вимірювання ГП виробів з природного каменю.

Початкові дані про параметри технічних засобів при їх передачі в генетичний алгоритм повинні бути певним чином закодовані. Тому розглянемо методику кодування цих параметрів.

Вимірювальний канал складається з ряду блоків. Кожен з цих блоків може бути реалізований за допомогою одного з варіантів технічних засобів. Наприклад, ПФВЗ може бути реалізований за допомогою таких технічних

засобів: цифровий фотоапарат, спеціалізована цифрова відеокамера, web-камера, цифрова телевізійна камера, аналогова телевізійна камера, сканер.

Кожному з можливих варіантів реалізації даного блоку необхідно присвоїти деяку чисельну оцінку у вигляді вагових коефіцієнтів, що відображають переваги і недоліки даного варіанту по відношенню до інших можливих варіантів. Ці значення присвоюються на основі порівняльного аналізу можливостей цих засобів з точки зору забезпечення високих метрологічних характеристик приладової системи.

Чисельна оцінка виражається ваговим коефіцієнтом γ_{ij} , де $i \in \overline{1, N_{\text{нз}}}$ – номер складової частини вимірювального каналу, $j \in \overline{1, N_{\text{дз}i}}$ – номер варіанту технічних засобів для реалізації i -ї складової частини, $N_{\text{нз}}$ – кількість складових частин вимірювального каналу, $N_{\text{дз}i}$ – кількість варіантів технічних засобів для реалізації i -ї складової частини.

Для найкращого і найгіршого варіантів вагові коефіцієнти γ_{ij} відповідно дорівнюють: $\gamma_{ij} = \gamma_{\text{max}}$, $\gamma_{ij} = 0$.

Для кожної складової частини вимірювального каналу також вводиться ваговий коефіцієнт η_i , що відображає її роль в обробці відеозображень з вимірювальною інформацією і досягненні заданих метрологічних характеристик приладової системи:

$$\eta_i = 0 \dots 1, \sum_i \eta_i = 1.$$

В результаті маємо модифіковані вагові коефіцієнти γ_{ij}^* для різних варіантів технічних засобів складових частин вимірювального каналу:

$$\gamma_{ij}^* = \gamma_{ij} \cdot \eta_i.$$

Приклад значень цих коефіцієнтів наведено в табл. Д.7 і Д.8. Одним із можливих шляхів визначення цих коефіцієнтів в складних випадках може бути метод експертних оцінок [392, 395].

В результаті оптимізації за генетичним алгоритмом для кожної складової частини вимірювального каналу визначається варіант технічних засобів $r = j_{\text{нз}}$

таким чином, щоб забезпечити максимальну суму вагових коефіцієнтів γ_{ir}^* для вимірювального каналу:

$$\sum_i \gamma_{ir}^* \rightarrow \max .$$

В ході роботи генетичного алгоритму виключають з розгляду варіанти вибору технічних засобів, що не можуть працювати разом як складові частини вимірювального каналу. Для цього використовується інформація з масиву даних про сумісність технічних засобів, що передана в якості початкових даних в генетичний алгоритм (приклад таких даних наведено в табл. Д.9). Вказаний масив даних представлений квадратною матрицею $\Lambda_{\tilde{n}\tilde{o}i}$, при чому

$$\Lambda_{\tilde{n}\tilde{o}i} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \tilde{o} \text{ і } \tilde{n} \text{ є сумісними,} \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases} \quad k, l = 1, \dots, \sum_{i=1}^{N_{\tilde{n}}} N_{\tilde{o}i} .$$

Результатом розробки вимірювального каналу згідно запропонованого методу є повністю працездатна приладова система, що не потребує будь-яких додаткових змін у виборі технічних засобів після виконання оптимізації. Це виключає додаткові відхилення параметрів технічних засобів від умов оптимальності вимірювального каналу.

Розробку вимірювального каналу приладової системи виконують в такій послідовності:

1. Визначають структурну схему вимірювального каналу (див. підрозділи 1.3 і 2.2). Це є структурна схема прямого перетворення, що представляє собою ряд вимірювальних перетворювачів, з'єднаних послідовно.

2. Формують масив даних про технічні засоби, що можуть бути складовими частинами вимірювального каналу. Причому сформований масив даних містить для кожного з цих засобів інформацію про його параметри та про його можливість працювати разом з іншими технічними засобами в складі вимірювального каналу.

3. Виконують за допомогою генетичного алгоритму оптимізацію параметрів та вибір технічних засобів для складових частин вимірювального каналу. В якості початкових даних для генетичного алгоритму використовують сформований масив даних про технічні засоби, а в ході роботи цього алгоритму

виключають з розгляду варіанти вибору технічних засобів, які не можуть працювати разом як складові частини вимірювального каналу. Вказані початкові дані кодуються та передаються в генетичний алгоритм [404]. В ході роботи генетичного алгоритму серед цих даних знаходиться варіант вибору технічних засобів, що максимально наближений до умов оптимальності вимірювального каналу з урахуванням цільової функції оптимізації з підрозділу 5.1. Ці технічні засоби можуть працювати разом в складі вимірювального каналу, оскільки непрацездатні варіанти виключені з розгляду за рахунок відповідного настроювання генетичного алгоритму.

Приклад результатів вибору технічних засобів для складових частин вимірювального каналу наведено в табл. Д.10. При цьому вказано тип технічного засобу. Конкретна модель повинна бути такою, що задовольняє вказаним в таблиці вимогам та параметрам.

Таким чином, розроблений метод забезпечує отримання екземплярів приладової системи на основі існуючих технічних засобів, що серійно випускаються промисловістю. Параметри цих засобів максимально наближені до умов оптимальності, визначених в підрозділі 5.1. Спроектовані екземпляри приладової системи відповідають вимогам конкретних підприємств з видобутку та обробки природного каменю. Ці екземпляри використано для вирішення ряду практичних задач по вимірюванню механічних величин в розділі 6.