**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5**

**Тема:** Використання теорії ігор при прийняття рішень на основі груп конфліктних критеріїв.

**Мета:** Зaкріпити навички використання теорії ігор при оптимізації елементної бази засобів вимірювання (ЗВ).

**ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

Задачі з неповною інформацією вирішуються методами пасивних ігор. В пасивній грі один гравець є активним (проектувальник), який намагається створити ЗВ, що відповідають ТЗ. Іншим гравцем є невідомі невизначені умови, що узагальнено звуться **природою.** Це створює конфліктну ситуацію, якій приймають участь дві сторони або два гравця з разною метою.

Модель конфліктної ситуації і правила її вирішення звуться **«грою».**

Кожний гравець має певний набор дій, що направлені на досягнення мети. Ці дії називаються **стратегіями**.

Конкретна дія, яку виконує гравець із набору можливих, зветься **ходом.**

В процесі функціонального проектування ЗВ вирішуються дві задачі:

1. вибір структури;
2. вибір та обгрунтування її конструктивних модулів (елементної бази).

Рішення про вибір елементної бази ЗВ приймаються з врахуванням конструкторсько-технологічних обмежень. Складності, що виникають при виборі та обгрунтуванні елементної бази, повязані з необхідністю узгодження елементів по інформативним, енергетичним, конструктивним і технологічним ознакам.

Багато елементів функціональної або електричної принципової схеми ЗВ може бути «покрито» різними конструктивними модулями, що забезпечують функціонування ЗВ.

Серед показників якості ЗВ містяться дві конфліктуючі групи: вартість та надійність, вартість і точність, габаритні розміри і міцність і т. д. Це означає, що одні показники необхідно зменшувати, а інші збільшувати. Для рішення цієї задачі доцільно використати теорію ігор.

Прийнявши за глобальний критерій ефективність, складемо дві ігрові матриці. В кожну з них занесемо неконфліктуючі між собою показники якості ЗВ. В строчках матриць запишемо можливі варіанти «покриття» хі, а в стовбчиках - показники ЗВ (кj). В комірці ігрової матриці запишемо ефективності Εi,j.

Обидві матриці мають однакову кількість строчок, що відображають можливі стратегії «покриття» схеми ЗВ конструктивними модулями. Кількість стовбчиків в ігрових матрицях може бути різним в залежності від кількості показників якості ЗВ.

В одній ігровій матриці показники ефективності ЗВ максимізуються, в іншій - мінімізуються.

Показник ефективності ЗВ по критерію надійності визначається співвідношенням:

Еi,j(p)=Pi,j/ci, (1)

де Pi,j - ймовірність безвідмовної роботи сукупності модулів, що необхідні для реалізації схеми по і-й стратегії;

сі - вартість модулів, що використовуються при і-й стратегії.

Показник ефективності ЗВ по швидкодії орієнтовно модна знайти, використавши співвідношення:

Еi,j(t)=1/ci,ti (2)

де ti - паспортні дані про час виконання типової обчислювальної операції елементною базою, вибраною по і-й стратегії.

Показник ефективості ЗВ по критерію мінімального енергоспоживання у випадку мінімізуємої матриці вираховується по формулі:

Еi,j(w)=1/Wic, (3)

де Wi - енергія, що споживається всіма модулями при виборі елементної бази по і-й стратгії;

с - коефіцієнт вартості одиниці енергії.

Показник ефективості ЗВ по кількості зовнішніх звзків модулів, що застосовуються по і-й стратегії, можуть характеризувати трудомісткість і надійність ЗВ. В задачах мінімізації цей показник визначається виразом:

Еi,j(n)=1/Ni, (4)

де Ni - загальна кільеість зовнішніх виводів конструктивних модулів, що застосовуються у виробі по і-й стратегії.

Таблиця 1: - Початкова ігрова матриця

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стратегія | K1 | . . . | Kj | . . . | Kn |
| x1 | E11 | . . . | E1j | . . . | E1n |
| . . . | . . . | . . . | . . . | . . . | . . . |
| xi | Ei1 | . . . | Eij | . . . | Ein |
| xm | Em1 | . . . | Eij | . . . | Emn |
|  | Emax | . . . | Ejmax | . . . | Enmax |

Виконаємо нормування простору пошуку. Всі елементи ігрової матриці виразимо в одних одиницях. Для цього виберем в кожному її стовбчику максимальне значення якості і розділимо на нього фактично отримане значення якості. В результаті прийдемо до матриці з безрозмірними елементами, які рівняються або менші за одиницю:

aij=Eij/Ejmax або aij=Ejmin/Eij (5)

Складемо ігрову матрицю у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2: - Ігрова матриця з нормованими елементами

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стратегія | K1 | . . . | Kj | . . . | Kn |
| x1 | a11 | . . . | a 1j | . . . | a 1n |
| . . . | . . . | . . . | . . . | . . . | . . . |
| xi | a i1 | . . . | a ij | . . . | a in |
| xm | a m1 | . . . | a ij | . . . | a mn |

Показники якості ЗВ не є рівноправними, тому їх необхідно зпівставити (за допомогою експертного методу). При цьому кожний елемент матриці, що максимізується, необхідно помножити на відповідний ваговий коефіцієнт. В результаті отримаємо взвішену ігрову матрицю [aij\*]nm у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3: - Взвішена ігрова матриця.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стратегія | K1 | . . . | Kj | . . . | Kn | Ñóìàðíèé âèãðàø |
| x1 | a11\* | . . . | a1j\* | . . . | a1n\* | ∑ a1j\*=A1 |
| . . . | . . . | . . . | . . . | . . . | . . . | . . . |
| xm | a m1\* | . . . | a ij\* | . . . | a mn\* | ∑ amj\*=Am |

Аналогічно, помноживши на відповідні вагові коефіцієнти елементи другої ігрової матриці показників якості, що мінімізуються, знайдемо взвішену ігрову матрицю мінімізуємих параметрів [bij]fn. В ці ж таблиці занесли згортку у вигляді суми параметрів, що характеризують сумарний виграш по стратегіям.

Для визначення оптимальної стратегії необхідно:

1) підрахувати сумарні виграші по кожній із стратегій в таблиці 3;

2) оцінити кожну із відповідних стратегій максимізуємих і мінімізуємих параметрів ЗВ за допомогою виразу (6). В чисельнику знаходяться параметри, що максимізуються, а в знаменнику – ті, що мінімізуються:

 (6)

Оптимальною буде та стратегія, яка дає максимальне значення виграша E(xi).

**Приклад.**

Необхідно вибрати кращий варіант підсилювача потужності звікової частоти, зібраного на аналогових інтегральних мікросхемах (ІМС). Підсилювач повинен мати потужність не менше 1 Вт і полосу пропускання від 30 до 20 000 Гц.

Рішення. Використовуючи ІМС типів К174УН4, К174УН5 і К174УН8 та справочну літературу, приходимо до трьох варіантів схеми підсилювача потужності, зображених на рисунку. За параметрами їх оптимізації приймаємо вартість деталей С, коефіцієнт гармонік К, струм живлення І, надійність Р(t), і вихідну потужність N.

Користуючись справочними данними, знаходимо показники якості підсилювача:

по вартості

 (7)

де f – кількість елементів схеми підсилювача,

Скі – вартість к-го елемента схеми;

по струму живлення

EІі=1/IniECi , (8)

де Ini – струм, що споживає і-та ІМС;

по коефіцієнту гармонік

EКі=1/КіЕСі , (9)

де Кі – коефіцієнт гармонік і-ї ІМС;

по вихідній потужності:

ENі=Ni/ Есі, (10)

де Ni – вихідна потужність і-ї ІМС;

по надійності:

Epі=Pi(t)/ Есі, (11)

де Pi(t) – ймовірність безвідмовної роботи елементів схеми підсилювача, що визначається інтерсивностями їх відмов по формулі:

 (12)

де Pki(t) – ймовірність безвідмовної роботи к-х елементів і-го варіанта схеми рідсилювача.

Із цієї групи показників виділемо параметри, що мінімізуються та максимізуються:

1) надійність та вихідна потужність підсилювача (максимізація);

2) вартість, струм живлення і коефіцієнт гармонік підсилювача (мінімізація).

Складаємо довідкову таблицю основних характеристик ІМС серії К174УН.

Таблиця 4: – Основні характеристики ІМС серії К174УН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип ІМС | Струм живлення І, мА | Вихідна потужність (при R=400 Ом) N, Вт | Коефіцієнт нармонік К,  % | Інтенсивність відмов λ, год-1 |
| К174УН5 | 30 | 2 | 1 | 10-7 |
| К174УН8 | 15 | 2 | 2 | 10-7 |
| К174УН4 | 10 | 1 | 1 | 10-7 |

Після вирахування показників ефективності отимуємо матрицю:

Таблиця 5: – Матриця показників ефективності

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант рішення (стратегія) | Параметри, що мінімізуються | | | Параметри, що максимізуються | |
|  | EC | EІ | EК | EP | EN |
| а | 1.1 | 0.030 | 0.909 | 0.907 | 1.818 |
| б | 1.08 | 0.062 | 0.277 | 0.924 |  |
| в | 1.07 | 0.099 | 0.934 | 0.933 | 0.934 |
| min Ejmin | 1.07 | 0.030 | 0.277 |  | |
| max Ejmax |  | | | 0.933 | 1.851 |

Користуючись формулами (5) формуємо нормовану ігрову матрицю.

Eijн=minEij/Eij; Eijн=Eij/max Eij

Таблиця 6: – Нормована ігрова матриця

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант рішення (стратегія) | Параметри, що мінімізуються | | | Параметри, що максимізуються | |
|  | ECн | EІн | EКн | EPн | ENн |
| а | 0.972 | 1 | 0.304 | 0.972 | 0.982 |
| б | 0.990 | 0.468 | 1 | 0.990 | 1 |
| в | 1 | 0.303 | 0.296 | 1 | 0.504 |

Користуючись експертним методом визначаємо значення вагових коефіцієнтів параметрів: Сс=0.2 (для вартості), СІ=0.2 (для струму живлення), СК=0.2 (для коефіцієнта гармонік), СР=0.25 (для надійності), СN=0.15 (для потужності).

Врахування вагових коефіцієнтів приводить до таблиці 7. В цю ж таблицю заносимо результати згортки критеріїв по строчкам у вигляді сум.

Вирахувавши згортки критеріїв як частинне від ділення згорток параметрів, що максимізуються на відповідні згортки параметрів, що

Таблиця 7: – Ігрова матриця з врахуванням вагових коефіцієнтів.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант рішення (стратегія) | Параметри, що мінімізуються | | | Згортка у вигляді суми | Параметри, що максимізуються | | Згортка у вигляді суми |
|  | ECн\* | EІн\* | EКн\* | ∑ | EPн\* | ENн\* | ∑ |
| а | 0.194 | 0.200 | 0.061 | **0.455** | 0.243 | 0.147 | **0.390** |
| б | 0.198 | 0.094 | 0.200 | **0.492** | 0.247 | 0.150 | **0.397** |
| в | 0.200 | 0.064 | 0.059 | **0.319** | 0.250 | 0.075 | **0.325** |

мінімізуються, отримаємо:

Е1=0.390/0.455=0.857; Е2=0.397/0.492=0.806; Е3=0.325/0.319=1.018

Вибираємо із цих значень максимальний виграш. Він відповідає третій стратегії (в).

**ЗАВДАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ**

ІМС, що випущені в одній партії, а також елементи, що використовуються в схемі, мають характеристики, що відрізняються від номінала на певну величину. Оптимізувати варіант виконання підсилювача потужності, схеми якого наведені в прикладі, по вартості, струму живлення, надійності і вихідній потужності. Характеристики схем вибрати із таблиці 8 відповідно свого варіанта. Інтенсивність відмовлень має значення λ=10-7 год-1. Вартість ІМС типу К174УН5 складає 3.12 у.о., К174УН8 – 3.1 у.о., К174УН4 3.11 у.о.

Таблиця 8: – Характеристики елементів відповідно варіантів.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | К174УН5 | | К174УН8 | | К174УН4 | |
|  | Струм живлення I, мА | Вихідна потужність (при R=4 Ом) N, Вт | Струм живлення I, мА | Вихідна потужність  (при R=4 Ом) N, Вт | Струм живлення I, мА | Вихідна потужність (при R=4 Ом) N, Вт |
| 1 | 30.50 | 1.98 | 14.80 | 2.20 | 10.12 | 0.90 |
| 2 | 29.80 | 2.20 | 15.20 | 2.00. | 10.00 | 1.20 |
| 3 | 29.60 | 1.90 | 14.50 | 1.97 | 9.50 | 1.50 |
| 4 | 28.0 | 1.5 | 14.60 | 1.87 | 10.60 | 1.40 |
| 5 | 30.15 | 2.18 | 15.34 | 2.60 | 9.87 | 1.57 |
| 6 | 28.70 | 1.76 | 15.00 | 2.00 | 9.18 | 1.36 |
| 7 | 29.57 | 1.98 | 15.18 | 1.95 | 9.64 | 1.76 |
| 8 | 30.00 | 2.00 | 15.60 | 2.97 | 9.27 | 1.42 |
| 9 | 32.15 | 2.18 | 15.25 | 1.53 | 10.80 | 1.12 |
| 10 | 29.80 | 1.76 | 14.34 | 1.97 | 9.85 | 1.08 |
| 11 | 30.18 | 2.12 | 15.21 | 2.06 | 10.16 | 1.00 |
| 12 | 30.00 | 2.05 | 15.06 | 2.00 | 9.87 | 1.12 |
| 13 | 30.15 | 1.98 | 15.18 | 1.97 | 9.64 | 1.50 |
| 14 | 28.60 | 2.19 | 14.96 | 2.12 | 10.08 | 1.57 |
| 15 | 29.16 | 2.21 | 15.10 | 2.00 | 10.60 | 1.36 |
| 16 | 30.00 | 2.07 | 15.06 | 2.12 | 10.00 | 1.00 |
| 17 | 32.19 | 1.98 | 15.19 | 1.97 | 10.02 | 1.16 |
| 18 | 30.18 | 1.72 | 14.36 | 2.08 | 9.76 | 1.00 |
| 19 | 29.64 | 2.00 | 15.19 | 2.11 | 9.88 | 1.12 |
| 20 | 27.32 | 1.76 | 15.33 | 2.02 | 10.06 | 1.21 |
| 21 | 29.00 | 1.82 | 14.45 | 1.98 | 10.98 | 1.36 |
| 22 | 30.00 | 2.00 | 15.17 | 2.00 | 10.02 | 1.06 |
| 23 | 29.65 | 2.00 | 15.00 | 2.17 | 9.76 | 0.86 |
| 24 | 31.16 | 2.05 | 14.86 | 1.99 | 9.98 | 1.02 |
| 25 | 27.00 | 1.89 | 15.08 | 2.00 | 10.00 | 1.14 |