

**Н.В. Білак**, доц. (Національний авіаційний університет)  
**Д.П. Євтушенко**, студент (Національний авіаційний університет)

### **Оптимальна система стабілізації каналу тангажу малогабаритної гіровертикалі синтезована спектральним методом**

**Постановка проблеми.** У сучасному світі існує зростаючий інтерес до використання малогабаритних гіровертикальних систем в різних галузях, таких як авіація, беспілотна техніка, аерокосмічна технологія, аграрний сектор і багато інших. Оптимальна стабілізація таких систем є критично важливою для їхньої надійності та ефективності. Вимоги до точності та стабільності гіровертикальних систем стосуються не тільки маневреності літальних апаратів, але і сфер, де важливо зберігати стабільність та точність, наприклад, в апаратах для обробки зображень, навігаційних системах та БПЛА.

У сучасних системах автоматизованого проектування (САПР) системних об'єктів, до яких можна віднести складні технічні системи та пристрої, використовують комп'ютерне моделювання, що піднімає процес проектування на якісно новий рівень. Більшість таких САПР містять модуль параметричної оптимізації, який дозволяє при заданій структурі пристрою, що проектується підібрати значення параметрів складових її елементів, при яких характеристики будуть знаходитися в заданих розробником межах.

Для отримання регуляторів застосовується параметричний синтез, тобто процес визначення параметрів та елементів об'єкта, що синтезується, при яких будуть задовольняти умови технічного завдання. У нашому випадку, було синтезовано П-, ПІД-, ПД-, ПІІ-регулятори, для заданої передавальної функції об'єкта та реалізовано технічне завдання, у вигляді запасу за фазою  $P_m = 55^\circ$  на графіку ЛАЧХ. При параметричному синтезі визначаються саме параметри елементів, оскільки структура має бути задана. Визначення структури виробляється у процесі структурного синтезу, а за структурно-параметричному синтезі визначаються і структура і параметри елементів, її складових.

Параметричний синтез легко піддається формалізації, отже, і автоматизації, і знайшов широке застосування у системах автоматизованого проектування. Для автоматизації параметричного синтезу необхідні:

- математична (комп'ютерна) модель;
- оптимізаційний алгоритм;
- цільова функція, що є формалізованим завданням на синтез.

При використанні цільової функції, об'єкт, що синтезується, буде оптимальним за яким-небудь критерієм (критеріями). При параметричній оптимізації змінюються лише параметри елементів, що становлять структуру проектованого пристрою, а сама структура залишається незмінною. При структурно-параметричній оптимізації змінюються як параметри, так і структура пристрою, отже, з формальної погляду, цільова функція кожної структури буде унікально і тому необхідний алгоритм її автоматичного формування. Але так, як при складанні цільових функцій система рівнянь, що являє собою математичну модель проектованого пристрою, зазвичай інкапсульована в його характеристиках, цільова функція для структурно-параметричного синтезу буде відрізнятися способом встановлення обмежень на безліч структур, які повинні забезпечити відповідність обраної структури умов технічного завдання. Такі обмеження можуть вводитися за допомогою безлічі альтернатив або морфологічної множини, на якому здійснюється пошук, і тоді їх можна віднести до моделей до алгоритмів структурного синтезу. Крім того, при синтезі структур може знадобитися додаткова цільова функція, що відображає структурні властивості об'єкта, що проектується, яка може носити якісний характер, вказуючи на більшу або меншу відповідність обраної структури умовам технічного завдання.

Слід підкреслити, що в структурно-параметричному синтезі розробник має великий вибір під час створення цільової функції, що є формалізованим завданням синтезу. Так, при параметричному синтезі застосування обмежень на критерії обмежено тим, що при даній структурі пристрою, що проектується сукупне виконання обмежень може виявитися недосяжним. При структурно-параметричному синтезі така проблема відсутня і, якщо алгоритм розроблений правильно, технічне завдання є коректним, а морфологічна безліч містить структуру, при якій виконуються дані обмеження. Отже, з великою ймовірністю рішення, яке б задовольняло умовам технічного завдання, буде знайдено. Саме до структурно-параметричного синтезу належить спектральний метод оптимальної системи стабілізації.

**Вхідні дані. Об'єкт**

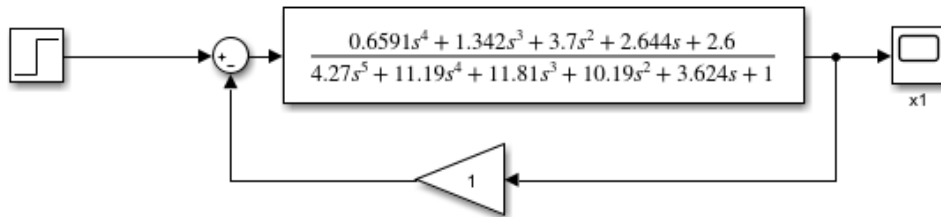
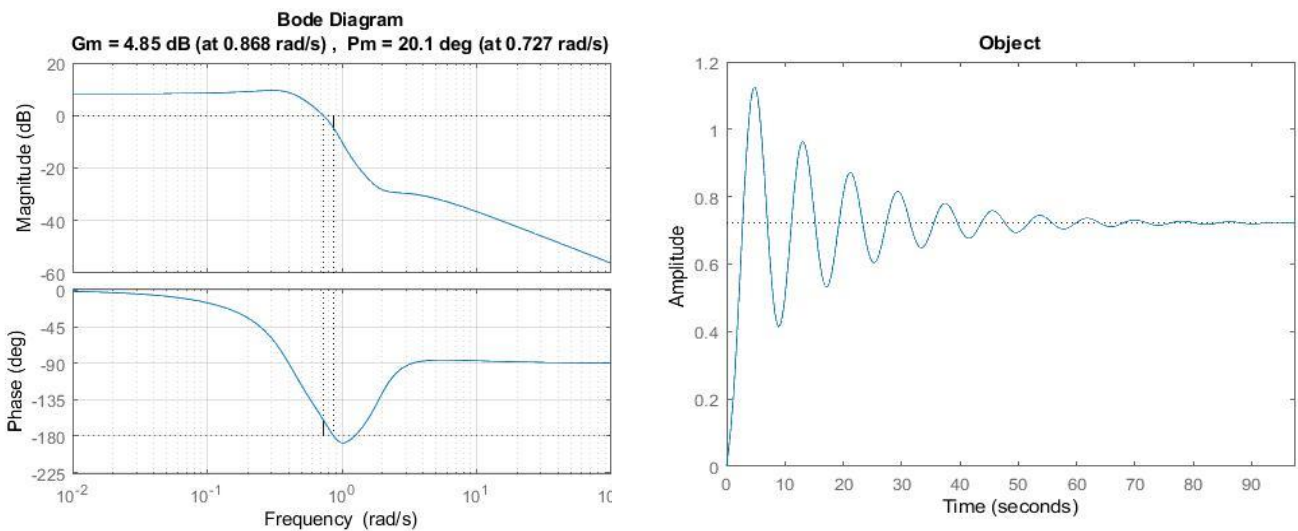


Рис. 1. Схема Simulink об'єкта

$$W_p = \frac{0.6591 s^4 + 1.342 s^3 + 3.7 s^2 + 2.644 s + 2.6}{4.27 s^5 + 11.19 s^4 + 11.81 s^3 + 10.19 s^2 + 3.624 s + 1}$$

Рис. 2. ЛАЧХ об'єкта та перехідна характеристика об'єкта



**Результати, отримані в ході синтезу системи за спектральним методом**

$$F_u = \frac{-0.0007822 s^5 - 0.08211 s^4 - 0.3978 s^3 - 0.8384 s^2 - 1.022 s - 0.7515}{s^5 + 3.726 s^4 + 6.156 s^3 + 6.928 s^2 + 4.445 s + 1.94}$$

$$F_x = \frac{-0.0001208 s^4 - 0.01261 s^3 - 0.05454 s^2 - 0.1481 s - 0.01417}{s^5 + 3.726 s^4 + 6.156 s^3 + 6.928 s^2 + 4.445 s + 1.94}$$

F<sub>x</sub> – передавальна функція по збуренню, F<sub>u</sub> – передавальна функція по управлінню.

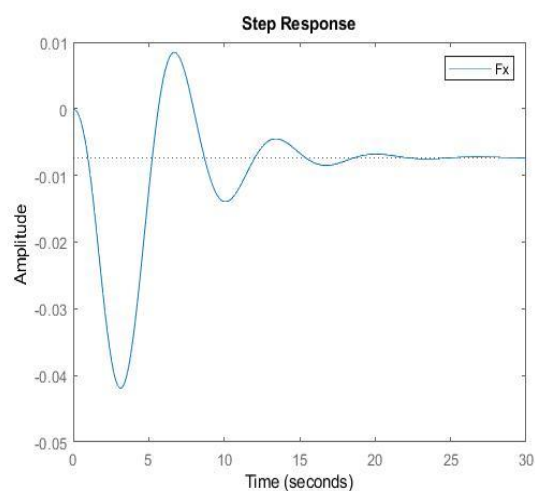
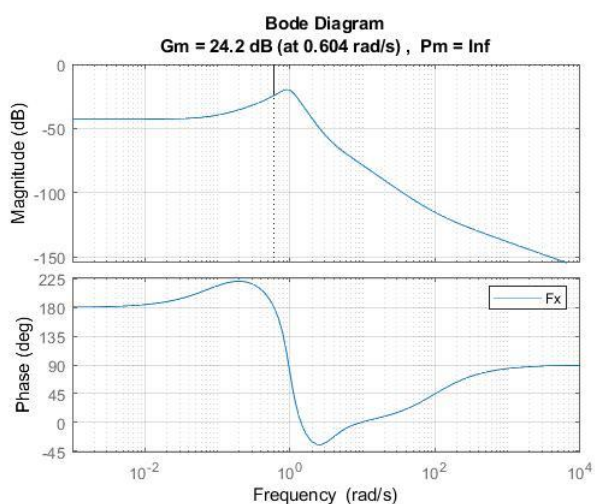


Рис. 3. ЛАЧХ передавальної функції по збуренню (Fx) та перехідна характеристика

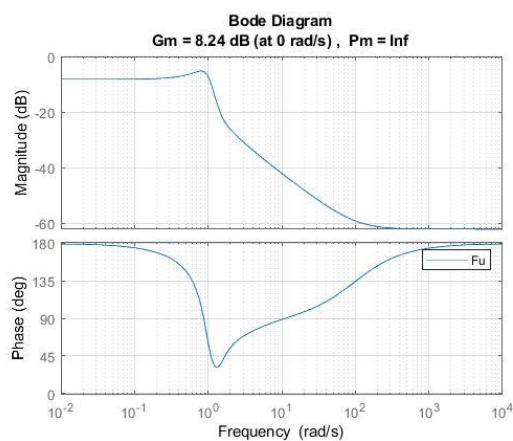
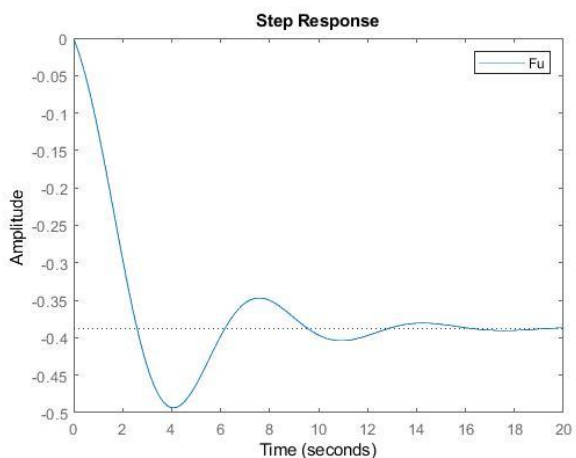


Рис. 4. ЛАЧХ передавальної функції по управлінню (Fu) та перехідна характеристика

### Список літератури

1. Малогабаритна гіровертикаль (МГВ-1): <https://ppt-online.org/366951>
2. Синтез систем: <https://studfile.net/preview/3580965/>
3. Sripramong T., Toumazou C. The Invention of CMOS Amplifier ing Genetic Programming and Current-Flow Analysis. - M IEEE trans computer-aided design of integrated circuits and systems", 2002, Vol. 21 11, p. 1237-1252.
4. Chen D., Aoki T. e.a. Graph-Based Evolutional Design of Arithi tic Circuits. - "IEEE trans. on Evolutionary Computation", 2002, Vol. 6. 1,p. 86-100.