

УДК 37:004
Нагорна Н.М.
старш. викл. ЗНТУ

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ НЕСТАЦІОНАРНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єктом дослідження є система автоматичного регулювання (САР) зі змінними у часі коефіцієнтами. Необхідно синтезувати передавальну функцію коригуючого пристрою, яка забезпечить періодичний перехідний процес з невеликим перерегулюванням протягом усього часу роботи. Нестационарні системи описуються системами нелінійних диференціальних рівнянь.

Для спрощення завдання систему можна піддати лінеаризації, використовуючи метод заморожених коефіцієнтів. У методі заморожених коефіцієнтів на досліджуваному часовому інтервалі роботи САР вибираються послідовні моменти часу, в які змінні параметри приймають постійне значення, тобто "заморожуються". Зазначений метод доцільно застосувати, якщо коефіцієнти змінюють свої значення за часом в досить малих величинах.

Передавальна функція досліджуваної системи задана і має вигляд:

$$W(s, t) = \frac{b_0(t)s^3 + b_1(t)s^2 + b_2(t)s + b_3(t)}{a_0(t)s^4 + a_1(t)s^3 + a_2(t)s^2 + a_3(t)s + a_4(t)}. \quad (1)$$

Значення коефіцієнтів чисельника і знаменника передавальної функції у фіксовані моменти часу показані на рис. 1.

Передавальні функції системи автоматичного регулювання для третьої та четвертої секунди, отримані за допомогою системи MATLAB, показані на рис. 2.

Модель досліджуваної системи була розроблена з використанням пакету Simulink системи MATLAB (рис. 3).

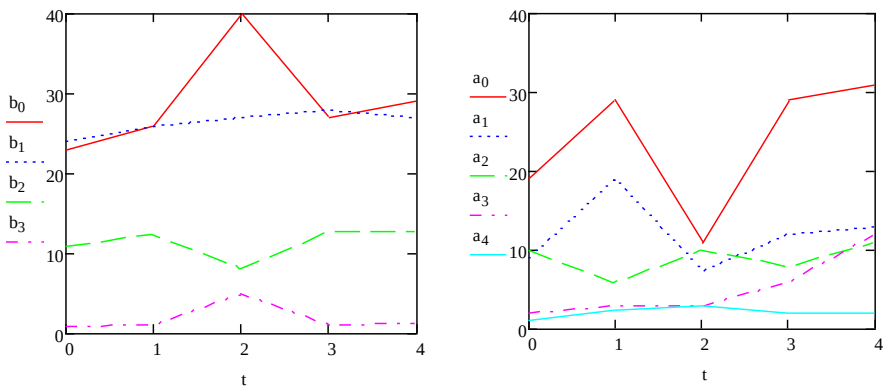


Рисунок 1 - Значення коефіцієнтів передавальної функції (1) у фіксовані моменти часу

```
>> time_3
>> Gp=tf([b0 b1 b2 b3], [a0 a1 a2 a3 a4])

Gp =

    27 s^3 + 28 s^2 + 12.7 s + 1.2
-----
    29 s^4 + 12 s^3 + 8 s^2 + 6 s + 2

>> time_4
>> Gp=tf([b0 b1 b2 b3], [a0 a1 a2 a3 a4])

Gp =

    29 s^3 + 27 s^2 + 12.8 s + 1.3
-----
    31 s^4 + 13 s^3 + 11 s^2 + 12 s + 2
```

Рисунок 2 - Передавальні функції для третьої та четвертої секунди роботи системи автоматичного регулювання.

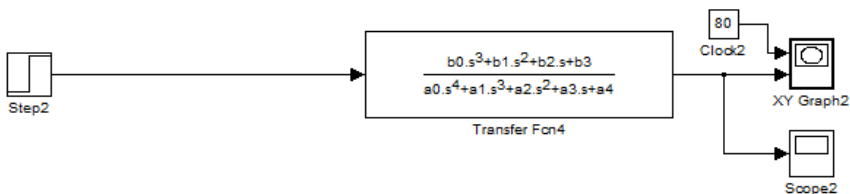


Рисунок 3 – Модель динамічної системи.

Отримані в результаті моделювання перехідні характеристики системи, тобто реакції системи на одиничний стрибок в моменти часу 1 с, 2 с, 3 с, 4 с, показали, що перехідні процеси мають коливальний характер зі зростаючою амплітудою, що свідчить про нестійкість роботи досліджуваної системи.

Для оцінки інших характеристик системи використовувалися функція **ltview**, яка відкриває спеціальний засіб перегляду часових і частотних характеристик моделі. Запис виклику функції у командному вікні Command Window MATLAB має вигляд:

ltview

Для обміну даними між робочими середовищами MATLAB та LTI-Viewer використана команда меню вікна оглядача **File> Import**. Характеристики системи на четвертій секунді її роботи, отримані за допомогою **ltview** на вкладці **Plot Configuratio**s, показані на рис. 4.

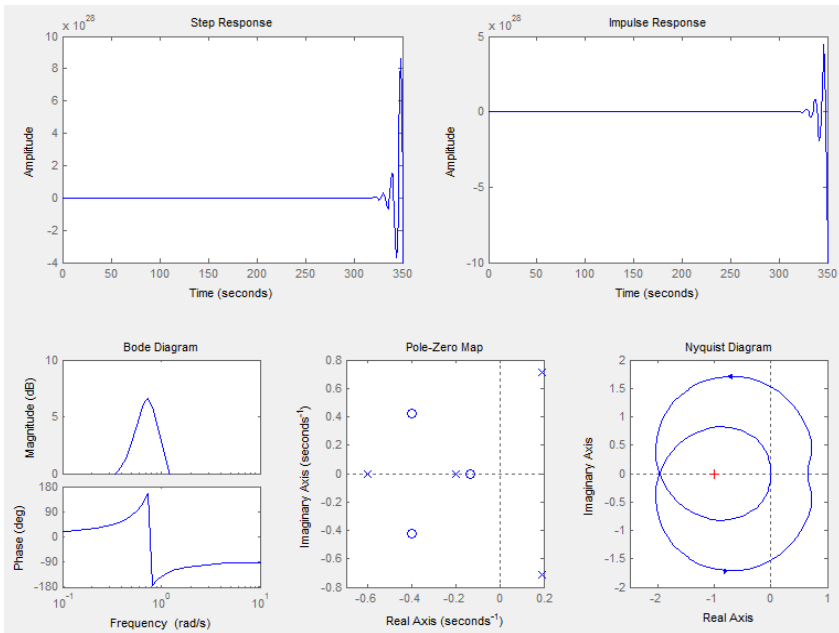


Рисунок 4 – Характеристики системи, представленої передавальною функцією для четвертої секунди її роботи.

Аналіз характеристик, показаних на рис. 4, підтверджує, що система нестійка. Два комплексно-сполучених полюси системи знаходяться в правій півплощині комплексної площини, а годограф Найквіста охоплює точку з координатами $1+j0$.

Далі у модель системи послідовно був введений коригувальний пристрій мінімального порядку. Він має нуль і полюс коригувального

фільтра, щоб змінити траєкторію кореневого годографа. Передавальна функція коригувального пристрою має вигляд:

$$W(s) = \frac{s + 0.39}{s + 0.99}$$

Модель з коригувальним пристроєм представлена на рис. 5.



Рисунок 5 - Модель системи з коригувальним пристроєм.

При аналізі перехідних процесів моделі (рис. 5) порівняно з роботою моделі без коригувального пристрою коливальний процес у системі починається пізніше, але вона все одно є нестійкою.

Для подальшого поліпшення роботи системи був введений негативний зворотний зв'язок (рис. 6).

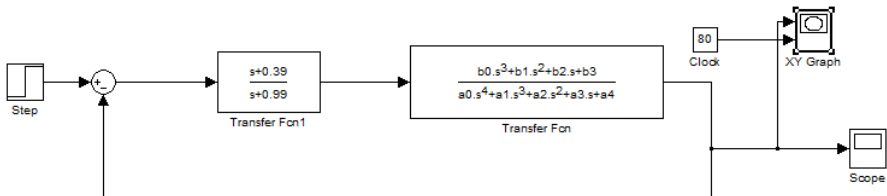


Рисунок 6 - Модель системи з коригувальним пристроєм та негативним зворотним зв'язком

Аналіз отриманих перехідних характеристики показав, що спочатку роботи системи спостерігаються коливання, які затухають достатньо тривалий час. Тобто система є стійкою.

Для подальшого покращання перехідної характеристики була використана функція **rltool**.

Функція **rltool** відкриває графічний інтерфейс, що дозволяє проектувати коригувальний пристрій в замкнутій одновимірній системі регулювання методом кореневого годографа. На рис. 7 показано, як викликала функція **rltool** з командного вікна. Ім'я коригувального пристрою **comp**.

```
>> rltool(Gp)
>> Comp=tf([1 0.39], [1 0.99]);
>> rltool(Gp, Comp)
```

Рисунок 7 – Виклик функції **rltool**.

Після виклику функції **rltool** з'являється вікно з корневим годографом (рис. 8).

Пересуваючи вручну корені за заданими траєкторіями, можна добитися поліпшення перехідної характеристики системи.

При пересуванні коренів одночасно змінюються і характеристики, показані на рис. 9.

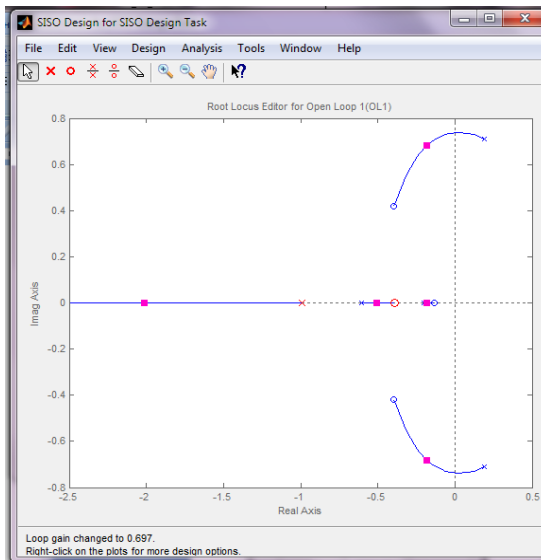


Рисунок 8 - Вікно з корневим годографом.

У вікні **Control and Estimation** на вкладці **Tools Manager Compensator Editor** можна побачити параметри компенсатора (коригувального пристрою). Вказане вікно показане на рис.10.

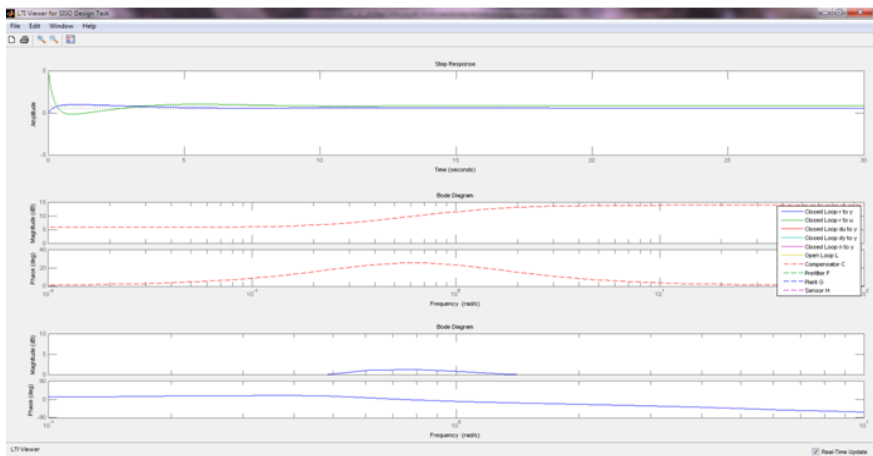


Рисунок 9 – Характеристики системи, отримані в SISO Design Tool (реакція на одиничний стрибок моделі з замкненою петлею зворотного зв'язку, частотні характеристики з коригувальним пристроєм та без нього).

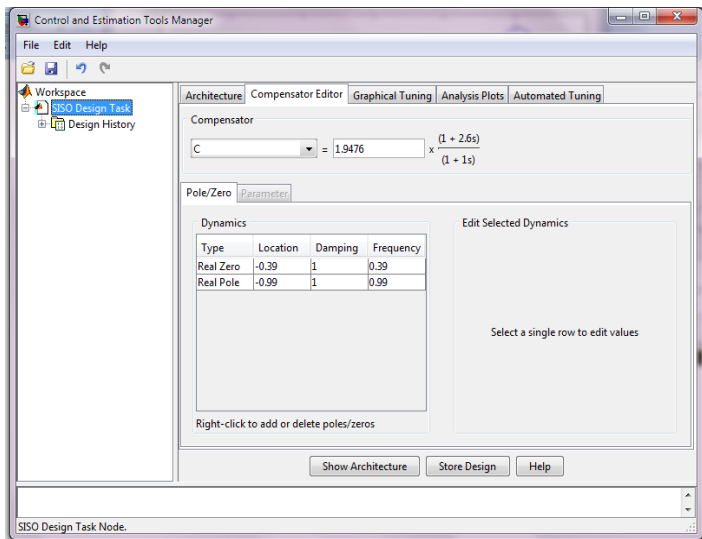


Рисунок 10 – Вікно з параметрами компенсатора

Отримані параметри коригувального пристрою були введені у модель системи, показану на рис. 11.

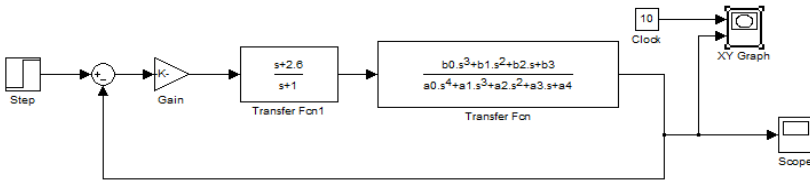


Рисунок 11 – Модель системи з коригувальним оптимізованим за параметрами пристроєм

Результати роботи моделі представлені на рис. 12.

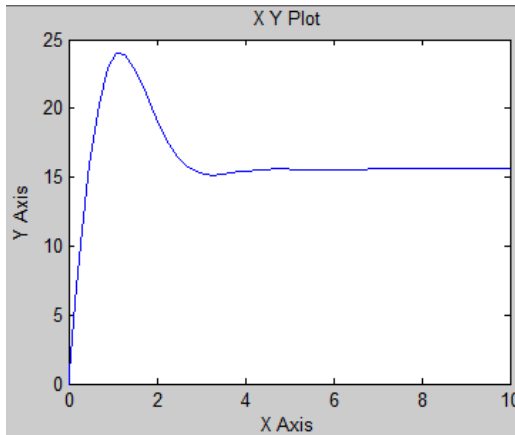


Рисунок 12 – Результати роботи моделі системи з коригувальним пристроєм, що має оптимізовані параметри

Перехідна характеристика на рис. 12 значно поліпшена. Перехідний процес швидко затухає. Недоліком є те, що характеристика має значний викид внаслідок перерегулювання. Для усунення викиду необхідно ускладнювати систему автоматичного регулювання шляхом введення додаткових блоків, наприклад, в ланцюг зворотного зв'язку.

Висновки:

1) дослідження нестационарної системи регулювання, передавальна функція якої була задана, проведено декількома способами. При дослідженні використовувався метод «заморожених» коефіцієнтів для отримання

чисельних значень коефіцієнтів передавальної функції на різних секундах функціонування системи;

2) перший спосіб включав розробку моделей досліджуваної системи в системі Simulink MatLab;

3) другий спосіб використовувався для дослідження стійкості системи, в якому застосовувався модифікований метод кореневого годографа і система моделювання динамічних і подієкерованих систем - SISO Design Tool середовища інженерних і наукових розрахунків MatLab;

4) з використанням перелічених способів вдалося значно покращати перехідну характеристику системи, але не вдалося усунути перегулювання;

5) роботу системи можна покращати при введенні додаткових блоків корекції.