

УДК 681.5(042.3)

В. В. СЕМКО,

Державний університет телекомунікацій, Київ

КВАЗІЛІНІЙНА СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ КОНФЛІКТОМ

Розглянуто можливості використання алгоритму з поліномним часом обчислень як стабілізуючого регулятора системи інтелектуального управління об'єктом при розв'язанні конфлікту. Досліджено показники стійкості на прикладі моделі системи інтелектуального управління динамічним об'єктом.

Ключові слова: конфлікт; стійкість; система інтелектуального управління; алгоритм; поліномний час; діаграма; технічна система.

Вступ

Забезпечення безпеки функціонування кібернетичних (КС) і динамічних (ДС) систем вимагає розв'язання конфлікту взаємодії об'єктів як у просторі спостереження (ПС), так і у віртуальному кібернетичному просторі (КП) для КС.

Розв'язання конфлікту дає змогу захистити й забезпечити ресурси системи інтелектуального управління (СІУ) від загроз тим її властивостям, які становлять сутність окремих елементів системи та системи в цілому [1].

Згідно з моделлю конфлікту [2–4] розглянемо квазілінійну СІУ об'єктом управління (ОУ) із варіативною множиною об'єктів спостереження (ОС) у ПС і КП.

СІУ технічною системою (ТС) або технічною ергатичною системою (ТЕС) [5] щодо КС має забезпечувати сталість її функціонування в умовах конфлікту.

Основна частина

У загальному випадку до складу СІУ ТС і ТЕС ДС та КС входить підсистема синтезу цілі та рішень (ПСЦР) щодо ОУ, які утворюють систему з квазілінійною моделлю управління (рис. 1).

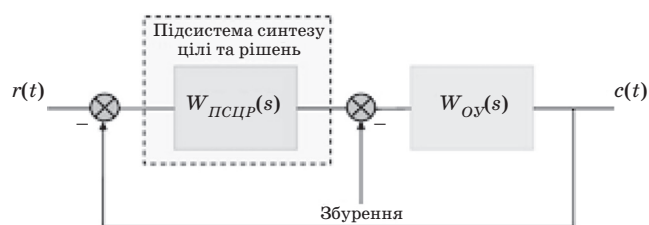


Рис. 1. Система з квазілінійною моделлю інтелектуального управління об'єктом

Для ТС сигнал управління СІУ передається до ОУ. Збурення, які виникають у ПС та середовищі функціонування ТС, впливають на процес керування ОУ.

Слід зазначити, що не кожний регулятор $W_{ПСЦР}(s)$ може стабілізувати СІУ. Проте для забезпечення стійкості регулятор $W_{ПСЦР}(s)$ має бути стабілізуючим.

Для СІУ визначимо передатну функцію

$$W(s) = \frac{W_{ПСЦР}(s)W_{ОУ}(s)}{1 + W_{ПСЦР}(s)W_{ОУ}(s)}. \quad (1)$$

У співвідношення (1) ПСЦР входить нелінійно, що значно ускладнює аналіз і синтез СІУ.

Подамо співвідношення (1) у вигляді

$$W(s) = Q(s)W_{ОУ}(s), \quad (2)$$

де

$$Q(s) = \frac{W_{ПСЦР}(s)}{1 + W_{ПСЦР}(s)W_{ОУ}(s)}. \quad (3)$$

Тоді співвідношення (2) має вигляд передатної функції послідовного з'єднання ОУ $W_{ОУ}(s)$ та регулятора $Q(s)$.

Відповідно до (3) функція $Q(s)$ має бути стійкою, аби забезпечити стійкість передатної функції (2).

У такому разі множина параметризуючих стабілізуючих регуляторів згідно з параметризацією Юла набирає вигляду

$$W_{ПСЦР}(s) = \frac{Q(s)}{1 - Q(s)W_{ОУ}(s)}. \quad (4)$$

За наявності людини-оператора (ЛО) СІУ перетворюється на ТЕС управління (рис. 2).

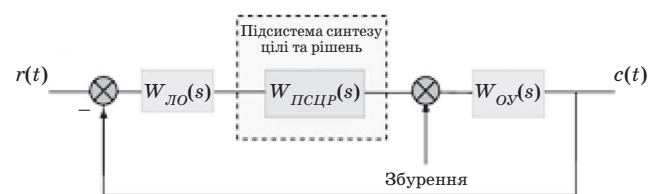


Рис. 2. Технічна ергатична система управління

Моделі (1) – (4) добре функціонують у часовій і частотній областях.

Для ТЕС

$$W(s) = \frac{W_{ЛО}W_{ПСЦР}(s)W_{ОУ}(s)}{1 + W_{ЛО}W_{ПСЦР}(s)W_{ОУ}(s)}. \quad (5)$$

З урахуванням співвідношень (5) і (2) маємо:

$$Q(s) = \frac{W_{ЛО}W_{ПСЦР}(s)}{1 + W_{ЛО}W_{ПСЦР}(s)W_{ОУ}(s)}. \quad (6)$$

Отже, множина параметризуючих стабілізуючих регуляторів згідно з параметризацією Юла для ТЕС подається так:

$$W_{ПСПР}(s) = \frac{Q(s)}{(1 - Q(s)W_{ОУ}(s))W_{ЛО}} \quad (7)$$

Для моделей (6) і (7) припускаємо, що ЛО діє згідно з певними критеріями оптимальності в умовах, які накладаються обмеженнями.

Модель (6) відтворює залежність вихідного сигналу від вхідного за припущення, що ЛО має власні правила стосовно оптимальності управління ОУ. Що ж до алгоритму функціонування ПСПР, то він має забезпечувати вимоги функціонального гомеостазису ЛО при синтезі та реалізації стратегій гарантованого управління ОУ в просторі функціональних станів, які можуть бути здійснені.

СІУ ТС (див. рис. 1) і ТЕС (див. рис. 2) забезпечують управління за принципом відхилення керованої змінної. Від'ємний гнучкий зворотний зв'язок утворює замкнений контур керування. Таким чином, на ОУ подається керуючий вплив, пропорційний до різниці між поточними значенням вхідної змінної та її заданим значенням.

За таких умов СІУ є повністю керованою, якщо в довільний момент часу вона може бути переведена з будь-якого початкового стану $r_0(t)$ у стан $r_1(t)$ за допомогою кусково-неперервного впливу $U(t) \in [t_0, t_1]$.

Повна спостережуваність СІУ забезпечується тим, що всі змінні стану $r(t)$ можна визначити за вихідним впливом $c(t)$.

Це означає, що йдеться про замкнену СІУ, подану ОУ та регулятором. При цьому замкненість СІУ призводить до зміни знаменника передатної функції в співвідношеннях (1) і (5), тобто полюсів системи.

Для аналізу стійкості СІУ доцільно скористатись діаграмою Нікольса, яка дозволяє подати вихідний сигнал лінійної стаціонарної динамічної системи в частотній області (частотний відгук) як реакцію на вхідний сигнал, змінюваний за частотою і постійний за амплітудою, у вигляді графіка в декартових координатах. На такому графіку частота виступає параметром кривої, тоді як фаза і амплітуда системи на заданій частоті подаються абсцисою і ординатою кожної точки характеристики. По суті такий графік об'єднує на одній площині логарифмічну амплітудно-частотну (ЛАЧХ) і фазово-частотну (ФЧХ) характеристики СІУ.

В основу визначення стійкості СІУ покладено модель у вигляді ланки, охопленої від'ємним зворотним зв'язком. Припускається можливість входження СІУ в автоколивання (коливальна межа стійкості). Умовою автоколивань є наявність додатного зворотного зв'язку, причому коефіцієнт підсилення в прямому напрямі проходження сигналу має бути не нижчий від одиниці. Фаза

вихідного сигналу (визначена ФЧХ) через ланку від'ємного зворотного зв'язку подається на вхід. При цьому *запасом за фазою* називається додатковий зсув за фазою, який має бути на виході СІУ для забезпечення додатного зворотного зв'язку. Коефіцієнт передачі в прямій гілці описується ЛАЧХ. Частота, якій відповідає одиничне посилення, називається *частотою зрізу*. На ЛАЧХ частота зрізу визначається як точка перетину характеристики з віссю абсцис. Графічно запас за фазою визначається як різниця між фазою, яка дорівнює π (180°), і фазою на частоті зрізу (умова одиничного коефіцієнта в прямій гілці).

Аналіз стійкості з використанням діаграми Боде простий і зручний. Діаграма Боде є ЛАФЧХ частотного відгуку лінійної стаціонарної системи в логарифмічному масштабі. Будується вона у вигляді двох графіків — ЛАЧХ і ФЧХ, які зазвичай розташовуються один під одним.

Для СІУ важливі також показники запасу стійкості за модулем і фазою та смуга пропускання. Визначення цих показників можливе за діаграмою Боде. Слід зазначити, що запізнення за часом істотно впливає на стійкість та якість СІУ.

Для уточнення параметрів регулятора СІУ та отримання перехідних характеристик по заданих каналах регулювання необхідно визначити алгоритмічну структуру системи регулювання, ураховуючи використання в системі пропорційного інтегрально-диференціального (ПІД) регулятора, який працює за певним законом і має власну перехідну характеристику. Цей регулятор повинен формувати ПІД-закон регулювання для отримання необхідного характеру перехідного процесу. Налаштування регулятора, який функціонує на базі алгоритму синтезу стратегій управління ОУ, визначається за результатами аналізу діаграм Нікольса і Боде, а також за характером перехідного процесу СІУ.

Стабілізуючий регулятор як алгоритм функціонування СІУ при синтезі рішень щодо розв'язання конфлікту в процесі управління динамічним об'єктом (ДО) [5; 7–9] з урахуванням збурень зовнішнього середовища [10] наведено на рис. 3.

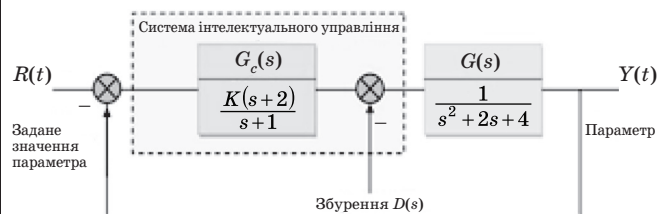


Рис. 3. Система інтелектуального управління з квазілінійною моделлю

Збурення $D(s)$, які виникають у просторі Q та середовищі функціонування ТС, впливають на процес управління ОУ.

Передатна функція СІУ має вигляд

$$G_c(s) = \frac{K(s+2)}{s+1}, \quad (8)$$

де K — коефіцієнт підсилення.

Передатна функція ОУ має вигляд

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 4}. \quad (9)$$

Для дискретного ступінчастого вхідного сигналу $R(s)$ визначимо похибку

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \left[\frac{R(s)}{1 - G_c(s)G(s)} \right] = \frac{1}{1 - G_c(s)G(0)} = \frac{1}{1 + \frac{K}{2}} = \frac{2}{2 + K}.$$

Для ТС із квазілінійною СІУ (див. рис. 3) побудуємо діаграму Нікольса при $K = 5; 10; 20$ (рис. 4).

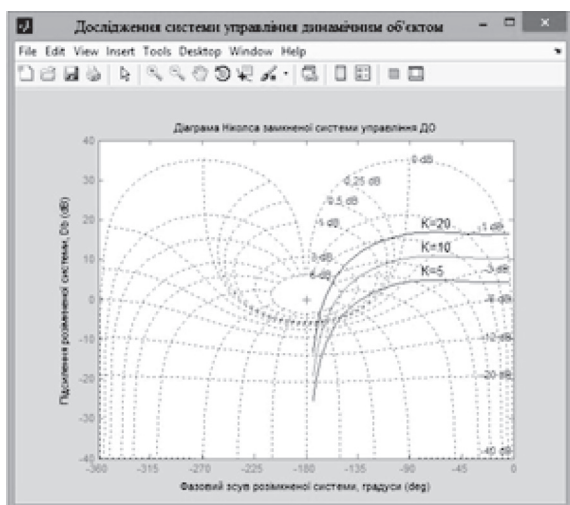


Рис. 4. Діаграма Нікольса

Як показує діаграма Нікольса, при $K = 20$ значення похибки $e_{ss} \approx 0,09$.

Для побудови діаграми Боде визначимо

$$G_c(s)G(s) = \frac{10 \left(1 + \frac{s}{2} \right)}{(1+s) \left(1 + \frac{s}{2} + \frac{s^2}{4} \right)} = \frac{20(2+s)}{(1+s)(4+2s+s^2)}. \quad (10)$$

Частотні характеристики для розрахованої діаграми Нікольса наведено в таблиці.

Частота ω , рад/с	0	1,2	1,6	2,0	2,8	4	6
Підсилення, дБ	20	18,4	17,8	16,0	10,5	2,7	-5,2
Фазовий зсув, ...°	0	-65	-86	-108	-142	-161	-170

За таблицею та діаграмою Нікольса (див. рис. 4) встановимо, що для значення підсилення розімкненого контуру управління $M_{po} = 12$ дБ запас за фазою дорівнює 15° . При цьому система є недемпфованою, а перерегулювання становить близько 60%.

Фазові характеристики ТС подано на діаграмі Боде (рис. 5), яка дозволяє встановити зв'язок між часовими та частотними характеристиками

ТС і визначити діапазони резонансних частот при управлінні ОУ із застосуванням СІУ.

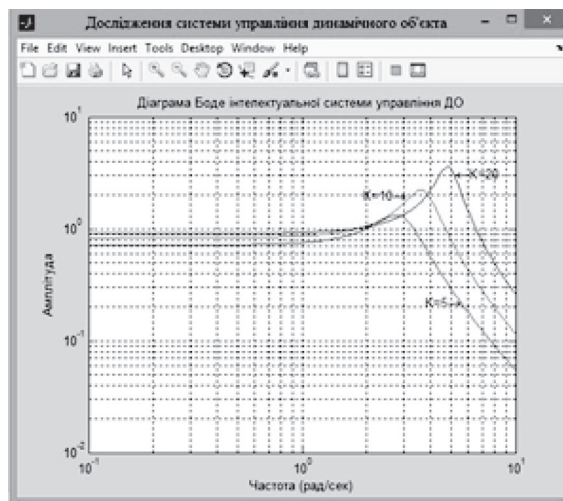


Рис. 5. Діаграма Боде

Перехідні характеристики запропонованої ТС подано на рис. 6.

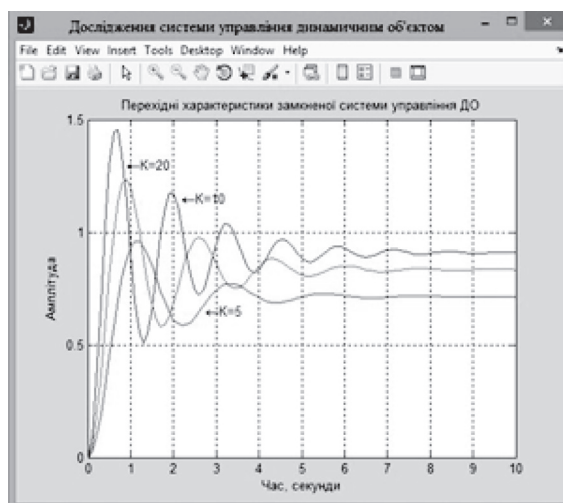


Рис. 6. Перехідні характеристики ТС

Як показує аналіз перехідних характеристик ТС, збільшення коефіцієнта K може призвести до появи автоколивань. Для аналізованої ТС найбільш прийнятним є значення $K = 10$.

Із метою розкриття сутності процесів у ТС досліджено частотні характеристики СІУ та ОУ згідно з (8) і (9).

Висновки

Запропоновано концептуальну структурну схему системи ситуаційного управління ОУ при розв'язанні конфлікту.

Як стабілізуючий регулятор використано поліномний алгоритм функціонування системи інтелектуального управління при розв'язанні конфлікту. Аналіз характеристик СІУ в разі використання цього алгоритму засвідчив його стійкість при управлінні розв'язанням конфлікту

взаємодії ОУ з відкритою множиною ОС у ПС за умов обмежень і невизначеності.

Показано, що застосування поліномного алгоритму як стабілізуючого регулятора забезпечує стійкість СІУ КС. При цьому завдяки використанню методів криптографічного захисту інформації досягається стійкість показників функціонування КС в умовах зовнішніх збурень, що виникають при конфліктах у КП.

Результати аналізу частотних характеристик СІУ ОУ вказують на фактичну відсутність зв'язку між часовими та частотними характеристиками системи управління об'єктом, що, у свою чергу, визначає стійкість та сталість його стану при розв'язанні конфлікту.

Використання поліномних алгоритмів у стабілізуючому регуляторі СІУ КС дозволяє забезпечити вимоги конфіденційності, цілісності, доступності та спостережуваності при розв'язанні конфлікту.

Квазілінійна структура СІУ конфліктом забезпечує інваріантність щодо фізичної сутності ОУ та ПС.

Література

1. *Модель управління захистом інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі* / [В. В. Семко, В. Л. Бурячок, С. В. Толюпа, П. М. Скляданій] // *Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка»: Радіоелектроніка та телекомунікації.*— 2015.— № 818.— С. 151–155.

2. *Семко, В. В. Модель конфлікту взаємодії об'єктів кібернетичного простору* / В. В. Семко // *Проблеми інформатизації та управління.*— 2012.— Вип. 2 (38).— С. 88–92.

3. *Семко, В. В. Модель взаємодії кібернетичних організмів та синтез стратегій оптимального керування в кібернетичному просторі* / В. В. Семко // *Проблеми інформатизації та управління.*— 2013.— Вип. 3 (43).— С. 75–82.

4. *Семко, В. В. Формальний опис простору пошуку при синтезі рішень* / В. В. Семко // *Проблеми інформатизації та управління.*— 2013.— Вип. 2 (42).— С. 104–111.

5. *Семко, В. В. Дослідження властивостей рішення задачі конфлікту за методом інтегрального усікання варіантів* / В. В. Семко, О. В. Семко // *Проблеми інформатизації та управління.*— 2013.— Вип. 2 (46).— С. 60–71.

6. *Павлов, В. В. Конфликты в технических системах* / В. В. Павлов.— К.: Вища шк., 1982.— 184 с.

7. *Семко, В. В. Логіко-математична модель опису простору рішень* / В. В. Семко // *Вісник Чернігів. держ. технолог. ун-ту.*— 2013.— № 2(65).— С. 147–155.

8. *Семко, В. В. Використання методу інтегрального усікання варіантів при вирішенні задач конфлікту взаємодії об'єктів у просторі спостереження* / В. В. Семко // *Інформаційні та телекомунікаційні технології.*— 2015.— Вип. № 1.— С. 59–66.

9. *Семко, В. В. Вирішення задачі конфлікту за методом інтегрального усікання варіантів* / В. В. Семко // *Інформаційні та телекомунікаційні технології.*— 2015.— Вип. № 2.— С. 40–50.

10. *Семко, В. В. Моделювання турбулентності приземного шару атмосфери* / В. В. Семко // *Вісник Чернігів. держ. технолог. ун-ту.*— 2015.— № 2(78).— С. 230–234.

Рецензент: доктор техн. наук, професор В. Л. Бурячок, Державний університет телекомунікацій, Київ.

В. В. Семко

КВАЗИЛИНЕЙНАЯ СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНФЛИКТОМ

Рассмотрены возможности использования алгоритма с полиномиальным временем вычислений в качестве стабилизирующего регулятора системы интеллектуального управления объектом при разрешении конфликта. Исследованы показатели устойчивости на примере модели системы интеллектуального управления динамичным объектом.

Ключевые слова: конфликт; устойчивость; система интеллектуального управления; алгоритм; полиномиальное время; диаграмма; техническая система.

V. V. Semko

CONFLICT INTELLIGENT MANAGEMENT QUASILINEAR SYSTEM

Polynomial algorithm as stabilising regulator for object intelligent management system solving a conflict is considered.

Keywords: conflict; stability; intelligent management system; algorithm; polynomial time; diagram; technical system.