

ОБЛАСТЬ ЗАХОПЛЕННЯ ДИСКРЕТНОЇ СТОХАСТИЧНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ СЛІДКУЮЧОЇ СИСТЕМИ

Шматок С.О., проф., дтн., Шматок О.С., Петренко А.Б.

Робота дискретних радіоелектронних систем, як і довільних нелінійних систем автоматичного управління, розпочинається з перехідного режиму, коли проходить суттєве зменшення початкових похибок. Такий динамічний режим отримав найменування режиму захоплення сигналів на автоматичне супроводження. Властивості слідкуючих систем у цьому режимі залежать як від нелінійних елементів так і від лінійних безперервних частин (фільтрів оцінювання). Крім того, як відомо [1], динамічні властивості дискретних нелінійних систем залежать також від вхідних корисних сигналів та шумів і завад. В роботі пропонується проводити якісні дослідження нелінійної стохастичної динаміки дискретних слідкуючих систем методом фазової площини за допомогою осереднених конечно – різницевих рівнянь відносно моментах функцій. У якості прикладу обрано дискретний стохастичний нелінійний слідкуючий вимірювач швидкості (СВШ). Призначення слідкуючого вимірювача швидкості (СВШ) відслідковувати з відповідною точністю поточну частоту сигналу, що приймається і який має доплерівський зсув частоти.

Процес захоплення в дискретних системах.

Дискретна система представляється векторно-матричним рівнянням в кінцевих різницях виду:

$$X(t+1) = F(X(t), t), \quad (1)$$

де $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ - вектор змінних стану (фазових координат СВШ)

Точки $X_i = R_i = \|a_{i1}, \dots, a_{in}\|$ - є точками рівноваги системи (1), якщо вони являються рішеннями матричного рівняння $F(R_i, t) \equiv 0$, тобто вони обертають в нуль вектор кінцевого прирощення $F(X, t)$.

Процес захоплювання в системі управління представляє собою перехід точки зображення системи у її фазовому просторі від початкового значення похибки до стану стійкої рівноваги лише в обмеженій області, близькій до такої точки рівноваги. Це означає, що захоплюються тільки ті сигнали, для яких початкові похибки потрапляють до області “притягування” відповідного стану рівноваги (він стає аттрактором).

Відповідно, процес захоплювання можна характеризувати конфігурацією та розмірами областей притягування фазових траєкторій [4]. В деяких випадках, межами області захоплення можуть бути: сепаратиси, “вуси” та інші граничні значення і особливі точки.

Область захоплювання при відсутності випадкових збурень.

Розглянемо структурну схему

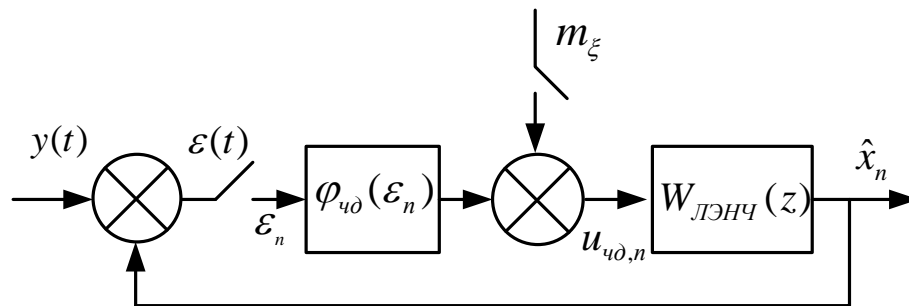


Рис. 1

Цю систему можна описати рівнянням в кінцевих різницях певного порядку відносно сигналу відхилення (похибки оцінювання) [3]:

$$\varepsilon_n = y_n - \hat{x}_n = y_n - Z^{-1}\{W_{\text{ЛЭНЧ}}(z) \cdot Z[u_{\text{чд},n}]\}. \quad (2)$$

Якщо задаючий сигнал відсутній, то рівняння спрощується

$$\Delta\varepsilon_n = -\alpha\varphi_{\text{чд}}(\varepsilon_{n-1}); \quad (3)$$

де $\varphi_{\text{чд}}(\varepsilon_{n-1})$ - статична характеристика частотного дискримінатору (ЧД).

З виразу (3) видно, що фазовою траєкторією цієї системи є залежність першої кінцевої різниці $\Delta\varepsilon_n$ від попереднього значення сигналу похибки ε_{n-1} , та по формі співпадає з оберненим зображенням статичної характеристики ЧД. Точки

рівноваги системи відповідають нульовим значенням першої кінцевої різниці сигналу похибки. Кількість точок рівноваги залежить від виду функції $\varphi_{\text{од}}(\varepsilon_{n-1})$ (від того скільки разів ця функція перетинає вісь абсцис $0\varepsilon_n$).

Різницевий фазовий портрет відображається в одновимірному фазовому просторі, яким являється числова вісь $0\varepsilon_n$.

Якщо функція $\varphi_{\text{од}}(\varepsilon_{n-1})$ має вигляд, наприклад, косинусоїди, як показано на рис. (2а), то точки рівноваги та області захоплювання (відрізки прямих зліва та справа від точок стійкої рівноваги) представлені на рис. (2.б)

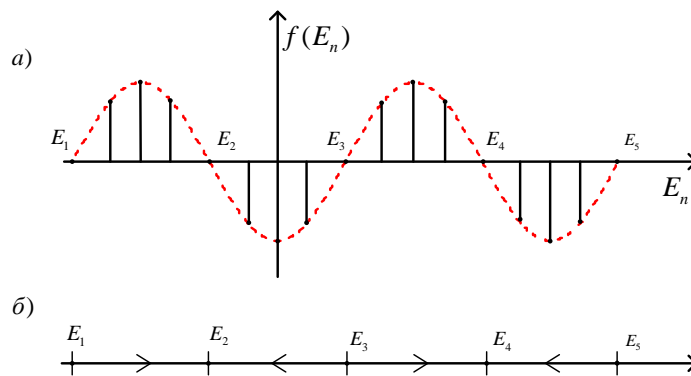


Рис. 2 а,б

Напрямок руху точки зображення визначається знаком першої різниці $\Delta\varepsilon_n$.

Точки E_1, E_2, E_3, E_4 осі $0\varepsilon_n$ - це точки рівноваги системи. До точок E_2 та E_4 точка зображення системи рухається як зліва, так і справа - відповідно, це точки стійкої рівноваги системи. Точки E_1, E_3, E_5 - нестійкі.

До точки E_2 будуть сходиться ті рішення $Y(n, X_0)$ системи (1), які відповідають початковим умовам $E_1 < X_0 < E_3$.

До точки E_4 - сходяться ті рішення, для яких початкові умови визначені в інтервалі $E_3 < X_0 < E_5$.

Таким чином, в дискретних системах 1-го порядку область захоплювання являється одномірна область – відрізок ліній, обмежений сусідніми нестійкими точками рівноваги.

Фазовий портрет дискретної стохастичної слідкуючої системи при нульовому математичному сподіванні похибки оцінювання.

Координатами фазового простору дискретної стохастичної системи є математичне сподівання та дисперсія випадкової похибки оцінювання вектору стану витoku корисного сигналу (об'єкту слідкування)[3,4]. Якщо математичне сподівання похибки відсутнє (дорівнює нулю), то у якості координат фазової площини обираємо першу кінцеву різницю дисперсії випадкової похибки та саму дисперсію. В будь-якому випадку для обчислення моментних функцій випадкової похибки оцінювання стохастичної системи необхідно використовувати метод статистичної лінеаризації нелінійного елемента – статичної характеристики дискримінатора [2]. З урахуванням статистичного коефіцієнта лінеаризації за випадковою складовою кінцево – різницевого рівняння, що визначає фазовий портрет слідкуючого вимірювача має вид [5]:

$$\Delta b\theta_{\varepsilon,n} = -b\theta_{\varepsilon,(n-1)} \alpha (1 + b\theta_{\varepsilon,(n-1)})^{-\frac{3}{2}} [2 - \alpha (1 + b\theta_{\varepsilon,(n-1)})^{-\frac{3}{2}}] \quad (4)$$

За рівнянням (4) обчислимо та побудуємо в Matlab графіки фазових траєкторій. Отримані результати для $\alpha = 1$ та $\alpha = 2$ представлені на рис.3:

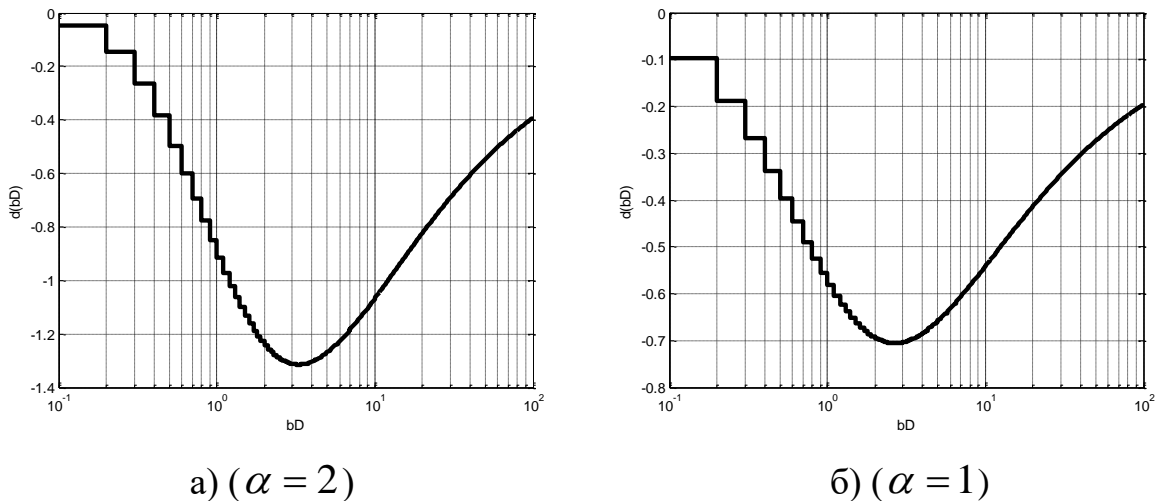


Рис.3 а,б

Відповідно до графіків рис. 3 а,б, які побудовані для нульової інтенсивності випадкової завади ($g_s^2 = 0$), фазові траєкторії проходять через початок координат, де і розташовується точка рівноваги дискретної стохастичної системи. Ці графіки

представляють собою огинаючі, що проходять через точки, які належать решітчастим функціям. При інтенсивностях, відмінних від нуля, фазові траєкторії переміщуються вздовж осі ординат на величину $(\alpha k_2)^2 \frac{g_3^2}{2}$.

На рис.4 побудовано графік фазової траєкторії для $(\alpha k_2)^2 \frac{g_3^2}{2} = 0,6$ при $\alpha = 2$ і $k_2 = 1$.

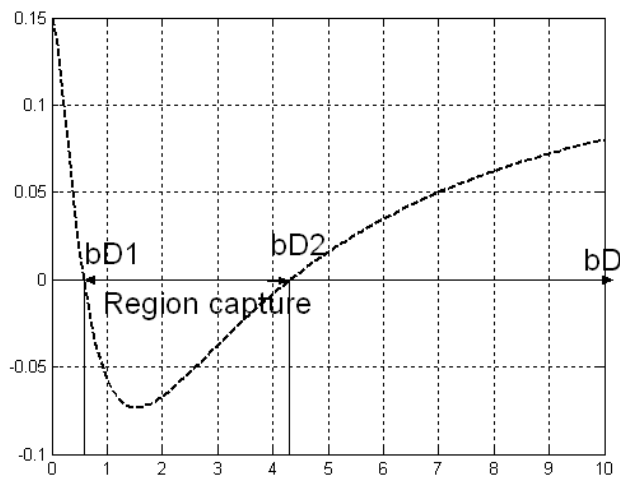


Рис.4

Фазова траєкторія перетинає вісь абсцис в двох точках $b\theta_\varepsilon^1 \approx 0,6$ і $b\theta_\varepsilon^2 \approx 4,2$.

Точка $b\theta_\varepsilon^1$ є точкою стійкої рівноваги, в той час, як точка $b\theta_\varepsilon^2$ відповідає не стійкій рівновазі. В наслідок цього, захоплення в дискретній системі можливе тільки при початкових значеннях дисперсії похибки, величина якої не перебільшує величини в точці не стійкої рівноваги. При збільшенні інтенсивності випадкових збуджень, фазові траєкторії переміщуються далі в продовж осі ординат. При цьому збільшується також сталие значення дисперсії похибки оцінювання вектора стану об'єкта $b\theta_\varepsilon^1$. З рис.3 і рис.4 видно, що фазові траєкторії не перетинають вісь абсцис при певних значеннях інтенсивності похибки $b\theta_\varepsilon^{nop}$, що свідчить про відсутність стаціонарного режиму та зменшення області захоплення до однієї точки (до нуля).

Література

- 1.Первачев С.В., Валуев А.А., Чиликин В.И. Статистическая динамика радиотехнических следящих систем. – М.: Сов. Радио, 1973. – 487с.
- 2.Казаков И.Е., Доступов Б.Г. Статистическая динамика нелинейных автоматических систем. – М.: Физматгиз, 1962. – 332с.
- 3.Сигалов Г.Г., Мадорский Л.С. Основы теории дискретных систем управления.//Под ред. Сигалова Г.Г. – Минск: «Вышэйшая школа», 1973.
- 4.Баранов О.А., Лісовий І.П., Шматок С.О. Нелінійна стохастична динаміка фільтрів оцінювання: захоплення та розподіл сигналів. – Київ.: Радіоаматор, 2000. – 217с.
- 5.Шматок С.О., Шматок О.С., А.Б. Петренко. Математична модель дискретної стохастичної нелінійної системи вимірювання частоти. – Збірник наукових праць ЖВІРЕ. - Житомир. Вип..6, 2007.