

СИНТЕЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПОСРЕДСТВОМ ДИСКРЕТНОГО ЧАСОВОГО ЕКВАЛАЙЗЕРА

Вступ. При виконанні синтезу автоматизованих електромеханічних систем, як правило, потрібно забезпечити якісь стандартні форми перехідних функцій вихідної координати. Такі бажані форми перехідних функцій можна представити за допомогою нулів та полюсів передатної функції замкненої системи. Положення на комплексній площині, як нулів, так і полюсів передатної функції електромеханічної системи визначаються параметрами системи (коефіцієнтами підсилення, сталими часу).

Сучасні методи синтезу систем автоматичного керування забезпечують розташування нулів та полюсів характеристичного рівняння в заздалегідь визначених положеннях, які відповідають тим чи іншим показникам якості керування. Найбільш перспективними в цьому сенсі є методи модального керування зі спостерігачами станів [1] та методи узагальненого характеристичного полінома [2, 3].

Постановка задачі. Якщо під час синтезу автоматизованої електромеханічної системи відмовитись від прив'язки до будь-якого стандартного полінома, то перехідні функції вже не будуть мати «стандартної» форми. Тоді бажану перехідну функцію можна розглядати як таку, що може бути розділеною у часі (квантованою) на елементарні частини. Кожну з цих частин можна задати дискретно як елемент масиву даних, що використовується під час синтезу особливого типу регулятора – дискретного часового еквалайзера.

Задача полягає у розробці методу синтезу автоматизованих електромеханічних систем на базі дискретного часового еквалайзера.

Матеріали досліджень. Системи, що містять у своєму складі дискретний часовий еквалайзер, будуть цифро-аналоговими, оскільки об'єкт керування є аналоговим. Крім того, для сполучення дискретного еквалайзера та аналогового об'єкта слід застосовувати екстраполятор нульового порядку, який виконуватиме цифро-аналогове перетворення та відновлення дискретизованого сигналу в аналоговій формі.

Загалом, така цифро-аналогова система буде містити у собі наступні елементи (рис. 1): програму завдання вхідного сигналу $x_{вх}(t)$ та коефіцієнтів налаштування еквалайзера; дискретний часовий еквалайзер; два елементи квантування з періодом T ; цифро-аналоговий перетворювач (екстраполятор нульового порядку); обернену еталонну модель об'єкта керування; об'єкт керування, що отримує сигнал керування $u(t)$, та на який діє декілька збурень $f_1(t), f_2(t), \dots, f_q(t)$; датчик зворотного зв'язку за вихідною координатою, який виконує вимірювання координати $y(t)$ та перетворює її на сигнал зворотного зв'язку $x_{зв.з}(t)$, що подається на вхід суматора, де віднімається від сигналу $x_{вх}(t)$.

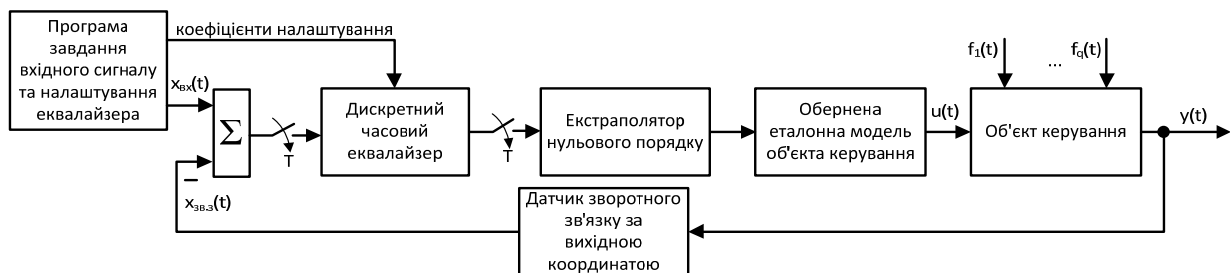


Рис. 1. Функціональна схема замкненої електромеханічної системи

Об'єкт керування та його обернена еталонна модель можуть у сукупності бути описані приведеною до дискретного вигляду передатною функцією $W_{прив}(z)$. Між дискретним часовим еквалайзером та $W_{прив}(z)$ розташовується екстраполятор нульового порядку з передатною функцією

$$W_{екс}(p) = \frac{1 - e^{-Tp}}{p} = \frac{z - 1}{zp}, \quad (1)$$

де p – оператор Лапласа; z – оператор дискретного перетворення; T – період квантування.

Після введення оберненої еталонної моделі об'єкта керування в замкнену систему теоретично можна вважати, що передатна функція послідовного з'єднання еталонної моделі та об'єкта керування дорівнює одиниці $W_{прив}(z) = 1$. Тоді передатна функція замкненої системи у дискретній формі $W_3(z)$ становитиме

$$W_3(z) = \frac{W_{екс}(z)W_{прив}(z)}{1 + W_{екс}(z)W_{прив}(z)k_{зв.з}} = \frac{W_{екс}(z)}{1 + W_{екс}(z)k_{зв.з}}. \quad (2)$$

Дискретний часовий еквалайзер повинен виконувати налаштування системи на дискретну перехідну функцію кінцевої тривалості, котра теоретично можлива за умови зведення характеристичного рівняння до вигляду z^n . Тоді бажана передатна функція приведеної до дискретного вигляду цифро-аналогової системи буде наступною (порядок чисельника може бути меншим за порядок знаменника, або йому дорівнювати):

$$W_6(z) = \frac{a_k z^k + a_{k-1} z^{k-1} + a_{k-2} z^{k-2} + \dots + a_1 z + a_0}{z^k}, \quad (3)$$

де k – порядок характеристичного рівняння (повинен співпадати або бути більшим за порядок характеристичного рівняння об'єкта керування $k \geq n$); $a_k, a_{k-1}, a_{k-2}, \dots, a_1, a_0$ – коефіцієнти, що характеризують збільшення рівнів перехідної функції на кожному такті квантування.

Перехідна функція, що буде теоретично забезпечуватись у системі з передатною функцією $W_6(z)$ наведена на рис. 2.

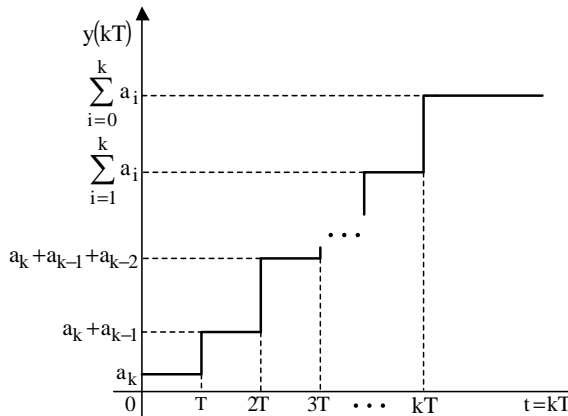


Рис. 2. Перехідна функція у автоматизованій електромеханічній системі з дискретним

Кількість рівнів перехідної функції визначається порядком характеристичного рівняння бажаної передатної функції k . Значення перехідної функції на рівнях будуть наступними: $a_k, a_k + a_{k-1}, a_k + a_{k-1} + a_{k-2}, \dots, \sum_{i=1}^k a_i$,

наступними: $a_k, a_k + a_{k-1}, a_k + a_{k-1} + a_{k-2}, \dots, \sum_{i=1}^k a_i$. Таким чином, кожен рівень такої функції являє собою суму коефіцієнтів a_i , починаючи з коефіцієнта a_k , при найбільшій степені бажаного полінома чисельника і закінчуючи коефіцієнтом a_0 . Усталене значення (найвищий рівень) являє собою суму всіх коефіцієнтів чисельника $\sum_{i=0}^{m-1} a_i$.

Прирівнюючи передатну функцію замкненої системи $W_3(z)$ з бажаною передатною функцією $W_6(z)$, одержимо математичний вираз для дискретного часового еквалайзера

$$W_{\text{екв}}(z) = \frac{a_k z^k + a_{k-1} z^{k-1} + a_{k-2} z^{k-2} + \dots + a_1 z + a_0}{(1 - k_{\text{зв.з}} a_k) z^k - k_{\text{зв.з}} a_{k-1} z^{k-1} - k_{\text{зв.з}} a_{k-2} z^{k-2} - \dots - k_{\text{зв.з}} a_1 z - k_{\text{зв.з}} a_0}. \quad (4)$$

Висновки. Аналізуючи одержану передатну функцію дискретного часового еквалайзера, можна зазначити, що її чисельник повністю повторює чисельник бажаної передатної функції $W_6(z)$ автоматизованої електромеханічної системи. Знаменник передатної функції $W_{\text{екв}}(z)$ являє собою поліном степені k , коефіцієнт при z^k визначається як $(1 - k_{\text{зв.з}} a_k)$, де $k_{\text{зв.з}}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку.

Частіше за все порядок чисельника бажаної передатної функції обирається меншим за порядок знаменника. Тоді відповідні коефіцієнти у виразі для $W_{\text{екв}}(z)$ будуть дорівнювати нулю. Наприклад, коли порядок чисельника бажаної передатної функції менше на одиницю від порядку знаменника, то коефіцієнт $a_k = 0$ і дискретний часовий еквалайзер може бути описаний наступною передатною функцією:

$$W_{\text{екв}}(z) = \frac{a_{k-1} z^{k-1} + a_{k-2} z^{k-2} + \dots + a_1 z + a_0}{z^k - k_{\text{зв.з}} a_{k-1} z^{k-1} - k_{\text{зв.з}} a_{k-2} z^{k-2} - \dots - k_{\text{зв.з}} a_1 z - k_{\text{зв.з}} a_0}. \quad (5)$$

Література.

1. Толочко О.І. Аналіз та синтез електромеханічних систем зі спостерігачами стану: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Донецьк: Норд-Прес, 2004. – 298 с.
2. Марущак Я.Ю. Метод синтезу систем підпорядкованого регулювання, який забезпечує стандартні форми розподілу коренів характеристичного рівняння // Вісник Харківського державного політехнічного університету. Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. Спец. вип. – Харків: ХДПУ. – 1998. – С.190-192.
3. Марущак Я.Ю. Метод синтезу регулятора струму // Вісник Харківського державного політехнічного університету. Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. Спец. вип. – Харків: ХДПУ. – 1998. – С.193-195.