

УДК 620.179.680

Д. О. Горда, аспірант КНУБА

## ПОЛЕ ЗАДАЧ САПР СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО СЛІДКУЮЧОГО РУЛЬОВОГО ПРИВОДУ

Загальну постановку задачі моделювання й автоматизованого проектування САУ слідкуючих рульових гідроприводів (ГСРП) у складі системи керування будівельної машини сформулюємо наступним чином [1,2]: побудувати, використовуючи управління через ідентифікацію та управління через адаптацію, процедуру оптимального управління ГСРП за реально вимірними даними при заданих критеріях ефективності.

Нехай:

$t_0$  – початковий момент спостереження поведінки ГСРП (відома величина);

$t_1$  – момент початку здійснення керування (невідома величина);

$t_2$  – момент переходу ГСРП у заданий стан (на початку відома величина, але для деяких задач може бути невідомою);

$\varphi(t)$  – кут повороту руля в момент часу  $t$ ;

$\Delta\varphi(t)$  – зміна кута повороту руля в момент часу  $t$ , що визначає процес управління ГСРП (основний параметр дослідження);

$\Delta\varphi_t(t)$  – швидкість зміни кута повороту руля в момент часу  $t$  (величина є невідомою на початку керування);

$\vec{P}(t)$  – вектор, що описує стан ГСРП в момент часу  $t$  (описується моделлю системи);

$\vec{P}_t(t)$  – вектор зміни стану системи в момент часу  $t$  (описується моделлю системи);

$\Phi$  – функціонал, що задає енергетику дії ГСРП (відома величина);

$\Phi_{int}$  – функціонал, який визначає внутрішні реакції системи (відома величина);

$\Phi_{out}$  – функціонал визначення реакції моделі на сторонній вплив (відома величина);

$C_1 \leq \Delta\varphi_t(t) \leq C_2$  – умова обмеження швидкості керування ГСРП ( $C_1$  і  $C_2$  – відомі константи);

$C_3 \leq \Delta\varphi(t) \leq C_{24}$  – умова обмеження керування ГСРП ( $C_3$  і  $C_4$  – відомі константи);

$t_0 \leq t_1 \leq t_2$  – послідовність керування системи у часі;

$\vec{P}(t_0)$  – значення вектору-стану в початковий момент часу  $t_0$  (невідома величина);

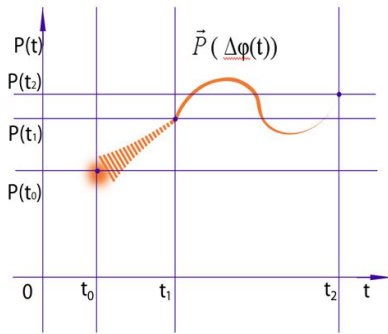
$\vec{P}(t_1)$  – значення вектору-стану в початковий момент часу  $t_0$  (невідома величина);

$\vec{P}(t_2)$  – значення вектору-стану в початковий момент часу  $t_0$  (відома величина, але для деяких задач може бути невідомою);

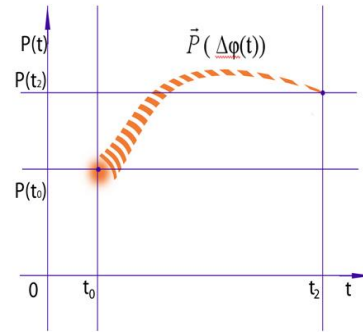
$\Phi_{int} = \Phi_{out}$  – рівняння балансу реакції системи на сторонній вплив (є відомим і описується моделлю ГСРП);

$t_2 - t_0 \rightarrow \min$  – критерій швидкості переходу системи із стану  $\vec{P}(t_0)$  і стан  $\vec{P}(t_2)$  (відома величина);

$\Phi(t_2 - t_0) \rightarrow \min$  – критерій економного переходу системи із стану  $\vec{P}(t_0)$  і стан  $\vec{P}(t_2)$  (відома величина);



Визначити  $\bar{P}(t_0), t_1$  для побудови процедури керування  $\Delta\phi(t)$ , щоб в момент  $t_2, \bar{P}(t_2)$ .



Визначити  $P(t_0), \Delta\phi(t_0)$  для побудови процедури керування  $\Delta\phi(t)$ , щоб в момент  $t_2, P(t_2)$ .

Рисунок 1. Управління через ідентифікацію.

Рисунок 2. Управління через адаптацію.

Розглянемо два випадки управління системою:

1. Точно задані координати точки-цілі  $(.) L_{end}$  або її допустимого околу  $O\varepsilon(L_{end})$  (рис.1).
2. Існує процедура визначення  $O\varepsilon(L_0)$  або  $(.)L_0$ , де  $L_0$  – початкової точки (рис.2).

На основі чого зробимо класифікацію задач визначення процедури управління (табл. 1)

Таблиця 1. Класифікація задач визначення процедури управління

№	Початкова умова	Кінцева умова	Обмеження у часі	Класифікація задач
1	$(.) L_0$	$(.) L_{end}$	$T = +\infty$	КЗД з вільним часом – задача ідентифікації управління.
2	$(.) L_0$	$(.) L_{end}$	$\forall i : t_i \leq T$	КЗД регулювання – задача ідентифікації управління.
3	$(.) L_0$	$(.) L_{end}$	$\min \max t_i$ – или – $\min \sup t_i$	КЗД швидкодії – задача ідентифікації управління.
4	$(.) L_0$	$O\varepsilon(L_{end})$	$T = +\infty$	ЗК з вільним часом – побудова оптимального управління
5	$(.) L_0$	$O\varepsilon(L_{end})$	$\forall i : t_i \leq T$	ЗК регулювання – побудова оптимального управління
6	$(.) L_0$	$O\varepsilon(L_{end})$	$\min \max t_i$ – или – $\min \sup t_i$	ЗК швидкодії – побудова оптимального управління
7	$O\varepsilon(L_0)$	$(.) L_{end}$	$T = +\infty$	ЗК з вільним часом – побудова оптимального управління
8	$O\varepsilon(L_0)$	$(.) L_{end}$	$\forall i : t_i \leq T$	ЗК регулювання – побудова оптимального управління
9	$O\varepsilon(L_0)$	$(.) L_{end}$	$\min \max t_i$ – или – $\min \sup t_i$	ЗК швидкодії – побудова оптимального управління
10	$O\varepsilon(L_0)$	$O\varepsilon(L_{end})$	$T = +\infty$	*
11	$O\varepsilon(L_0)$	$O\varepsilon(L_{end})$	$\forall i : t_i \leq T$	*
12	$O\varepsilon(L_0)$	$O\varepsilon(L_{end})$	$\min \max t_i$ – или – $\min \sup t_i$	*

де: КЗД – крайова задача Діріхле; ЗК – задача Коші; \* – двойствені задачі, які допускають розв’язок як задачі Коші так і Діріхле, а також змішані задачі.

Обробка результатів імітаційного моделювання – це опис та аналіз розрахункових або модельних рішень. Вихідні дані представляються як стаціонарні величини

(максимальне навантаження й т.д.), і також як динамічні ряди при стаціонарному вхідному значенні випробувань, тобто збирається вихідна статистика й розраховується функція, що описує поведінку системи із часом.

Задача обробки множини отриманих вихідних даних як статистичні тимчасових рядів зводиться до трьох задач:

1. задачі ідентифікації системи;
2. задачі діагностики ГСРП;
3. задачі визначення адекватності моделі.

Перша задача – ідентифікація системи полягає у наступному: за відомими статистичними вхідними даними і параметрами, що задовольняють трендам, отримати статистично відомі рішення.

У випадку гідроприводу визначення адекватності моделі на відомих процесах застосовується для класифікації його стану, тобто практично для вирішення зворотної задачі, а саме, за відомими статистичними станами гідроприводу, тобто за вхідними/вихідними даними, що спостерігаються, і значеннями параметрів класифікується його стан.

Під станом гідроприводу мається на увазі модель, що описується середньостатистичними значеннями параметрів на даний момент часу, відновлена за величинами, які спостерігаються. Якщо це можливо, для неї визначаються динамічні вхідні дані на поточний момент класифікації. Рішення даного завдання класифікації ґрунтується на імітаційній моделі за рахунок якої визначається найбільш близький стан у якому може перебувати гідропривід у цей момент часу при відомій передісторії динамічного навантаження й при даному потоці спостережуваних величин, що характеризують значення параметрів і вхідні дані.

Друга задача – задача діагностики полягає у визначенні стану ГСРП на попередньому відрізьку часу. Під станом гідроприводу маємо на увазі модель, яка описується середньостатистичними значеннями параметрів на даний момент часу, відновлену за спостережуваними величинами, значення параметрів та вхідних величин. На її основі визначаються динамічні вхідні дані на момент класифікації.

Ця задача вирішується тільки за рахунок імітаційного моделювання тому, що вхідними даними є також спостережувані величини, тобто вихідні дані знімають із гідроприводу з певною точністю, при цьому вони можуть бути не повними або неоднозначними.

З метою відстеження поведінки гідроприводу в реальних умовах, знаючи всі тренди (тренди параметрів, тренди вихідних, допуски, тренди зв'язків), визначається поведінка генератора як часовий ряд. За заданим законом зміни вхідних даних моделі у малому повинні змінюватися вихідні значення у великому. Для цього будується ряд залежностей які є аналогом функцій відгуку моделі, що описує гідропривід, на зміну початкових значень або параметрів. При імітаційному методі дослідження порушення тієї або іншої закономірності, говорить про те, що модель у цій точці або втрачає стійкість або перетворюється в іншу модель з іншою структурою параметрів, з іншим фазовим портретом. Цінність такого методу – можливість опису механізму виявлення закономірностей, які властиві даній моделі гідроприводу.

Актуальність задач ідентифікації та діагностики визначається цілями використання гідроприводу, цілями складання планів графіків його ремонтів, або визначенням ресурсу гідроприводу, як системи, при даних динамічних навантаженнях.

Третя задача – визначення адекватності моделі на відомих процесах означає, що при в середньому відомих вхідних даних і параметрах отримуються усереднені рішення, які моделюють відоме поведінку гідроприводу.

Вирішення цієї задачі дозволяє, з однієї сторони, визначити адекватність математичної моделі до фізичних процесів у гідроприводі, а з іншої – побудувати межі її

застосування, тобто більш точно визначити значення параметрів моделі й вхідних даних у їхньому взаємозв'язку, коли модель поводить адекватно.

Суть імітаційного дослідження гідроприводу розбивається на ряд задач (рис.3):



Рисунок 3. Структура задач імітаційного дослідження моделі ГСРП.

Підзадача «Визначення стану гідроприводу» спричинена виникненням невизначеності у класифікації стану, як такого, на поточний момент часу.

Підзадача дослідження перехідних процесів, а саме процесів які спостерігаються в гідроприводі в умовах плавної зміни параметрів або вхідних даних, при яких може зникати стійкість у роботі системи – тобто визначення поведіння ГСРП залежно від початкових умов, від моменту й величини зміни параметрів, вхідних даних, характеристик поведіння гідроприводу в перехідному процесі.

Підзадача «Визначення базових станів гідроприводу» спричинена тим, що перехідний процес гідроприводу може перебувати в одному з базових станів.

Підзадача – побудова прогнозу поведіння гідроприводу в специфічних умовах (при швидкій зміні параметра, появи нового зв'язку вихідних даних з параметрами) спричинена тим, що практичним результатом вирішення цієї задачі є побудова апроксимуючих функцій поведіння гідроприводу в специфічних умовах. їх станів залежно від значення його параметрів і вхідних даних.

Наступна підзадача – побудова границі застосування ІМ, тобто більш точне визначення значень параметрів моделі й вхідних даних у їхньому взаємозв'язку при адекватній поведінці моделі.

Наступна підзадача – визначення процесів та факторів моделі за різних умов їх зміни, спричинена тим, що існують умови зміни параметрів гідроприводу або вхідних даних при яких може губитися стійкість роботи.

Задача обробки отриманої множини вихідних даних як статистичних часових рядів забезпечує вирішення трьох основних задач:

- визначення адекватності моделі – на відомих процесах, тобто при відомих у середньому вхідних даних і параметрів, отримувати відомі в середньому рішення;
- дослідження перехідних процесів, а саме процесів які спостерігаються в гідроприводі в умовах плавної зміни параметрів гідроприводу. Тобто визначення поведінки гідроприводу залежно від початкових умов, моменту й величини зміни параметрів, вплив цих змін на вихідні дані, на характеристики поведінки гідроприводу в перехідному процесі;
- побудова моделей прогнозу поведінки гідроприводу в специфічних умовах (при швидкій зміні параметра, появі нового зв'язку вхідних даних з параметрами).

Розроблена імітаційна модель ГСРП і його елементів на основі теорії статистичного моделювання ГСРП покладена в основу методики проектування управління ГСРП і побудови керування на підставі отриманих даних як статистичної апроксимації фазових портретів поведінки системи, практично вирішує задачі з даного поля задач.

#### *Література*

1. Пелевін Л.С., Горда О.В., Горда Д.О. Дослідження математичної моделі гідромеханічного сліdkуючого приводу. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Випуск 63 – К.: КНУБА. 2004 С.35 – 42.
2. Цюцюра С.В., Горда Д.О. Структури даних імітаційної моделі перехідних процесів гідроприводу. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Випуск 69 – К.: КНУБА. 2007 С.75 – 81.