

КО. Следует отметить, что клапан давления может быть расположен как на входе, так и на выходе дросселя. Для контроля работы ОГП служат преобразователи давления ПД, реле давления РД и датчик положения штока ДП гидроцилиндра Ц1.

В нейтральной позиции золотника «о» гидрораспределителя Р рабочие элементы – золотники переливного клапана и клапана давления КД регулятора расхода РП занимают следующие положения:

- пружина 2 клапана КП перемещает золотник 1 вверх, образуя положительное перекрытие $+x_{щ,гк}$ между корпусом и кромкой золотника;
- пружина 4 регулятора РП смещает золотник 5 вниз, открывая проход РЖ от насоса к дросселю ДР1 с открытием $x_{кр}$.

При подаче питания на электромагнит У2 золотник гидрораспределителя Р смещается влево (занимает позицию «b»), благодаря чему РЖ от отвода А направляется через золотник 5 (сечение щели прохода РЖ пропорционально открытию кромки $x_{кр}$) и дроссель ДР1 с расходом $q_{д1}$ к бесштоковой полости гидроцилиндра Ц1. Значения перемещения кромки дросселя ДР1 обозначено $X_{д}$. Давление в нижней торцовой полости золотника 5 обозначено $p_{д2}$. Слив РЖ из штоковой полости осуществляется через отводы В и Т гидрораспределителя Р и далее через фильтр Ф в бак Б. При этом переливной клапан поддерживает постоянное давление $p_{н}$ в линии нагнетания насоса Н путем слива (перелива) части потока РЖ из полости, образованной золотником 1 и корпусом клапана (кольцевой щелью высотой $x_{щ,гк}$), в гидробак Б (давление $p_{сл}$).

Для регулирования расхода, поступающего к гидроцилиндру Ц1, служит двухлинейный регулятор расхода РП, содержащий регулируемый дроссель ДР1 с запорно-регулирующим элементом, нормально открытый клапан давления КД (включает дифференциальный золотник 5 и пружину 4) и три ламинарных дросселя ДР2, ДР3 и ДР4. Через дроссели ДР2 и ДР3 реализуются отрицательные обратные связи по давлению p_2 , а через дроссель ДР4 – по давлению p_3 , создаваемому нагрузкой на штоке гидроцилиндра Ц1.

Все гидроустройства описаны соответствующими уравнениями расходов, перемещения рабочих элементов, площадей для прохода РЖ и силовых нагрузок, что позволило получить полную математическую модель ОГП. Для задания внешних нагрузок на шток гидроцилиндра использовались ступенчатый, гармонический и экспоненциальный законы. Динамические характеристики ОГП исследовались на холостом ходу, переменных нагрузках с различными законами и малых («ползучих») скоростях, специфичных для работы приводов подач станков.

Исследования показали, что математическая модель и, построенная на этой базе диаграмма вычислительных блоков пакета VisSim, открывают возможность для поиска решений по улучшению показателей качества переходных процессов на малых скоростях движения механизма подачи станка.

УДК 62.525

Губарев О.П., д.т.н., проф., **Ганпанцурова О.С.**, к.т.н., доц.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м.Київ, Україна

ЛОГІЧНО-ІНЕРЦІЙНИЙ МОДУЛЬ В ЦИКЛІЧНОМУ АЛГОРИТМІ КЕРУВАННЯ

Анотація. Робота присвячена розширенню елементної бази циклічно-модульного підходу в задачах структурного синтезу систем та алгоритмів керування мехатроніки. Основною задачею є розробка модульних засобів корегування процесів функціонування шляхом накопичення досвіду позитивних і негативних результатів функціонування систем. Запропоновано інерційно-логічний бінарний модуль, що використовує структуровану

пам'ять щодо попередніх дій системи для розрахунку ймовірнісної складової логічних компонент алгоритмів керування. Побудовано приклад логічно-інерційного модуля на основі задач пневмоавтоматики. Застосування логічно-інерційних модулів надає можливість адаптації дії системи до непрогнозованих змін в результатах функціонування.

Ключові слова: мехатроніка, циклічний модуль, інерція, бінарна логіка, алгоритм керування.

Формулювання проблем та актуальність. Проблеми інтелектуалізації технічних систем набувають поширення як у сучасних засобах автоматизації, так і в виробництві в цілому [1,2]. Отримують нове наповнення поняття складності систем, кількості інформації, рефлексивних та адаптивних алгоритмів [3,4], Циклічно-модульний підхід дозволяє в однорідній формі будувати детерміновані алгоритми керування фізичними та інформаційними компонентами мехатронної системи [5,6]. Інваріант модуля складають дві вхідних змінних – керування, та дві вихідних змінних – контроль виконання команд, між якими існує взаємно-однозначна відповідність. Стан модуля визначено в трійчій абетці $\{0, *, 1\}$. Зміна стану модуля відбувається тільки під впливом зовнішнього сигналу і є нерегламентованою у часі. Тобто інваріант модуля має вигляд асинхронного тригера із затримкою по задньому фронті з основними та інверсними входами і виходами. Неприпустимою, за логічною будовою, є одночасна активізація основного і інверсного входів.

[6]. За первинною формою може бути побудована більшість алгоритмів керування виконавчими пристроями мехатроніки. Необхідність виконувати вибір між двома альтернативами в процесі керування призвела до побудови об'єднання двох модулів, кожний з яких має відслідковувати одну з альтернатив [5]. Логічні умови системи щодо активізації обох модулів є однаковими, а додаткові умови є взаємно неприпустимими. Неприпустимою, за логічною будовою, є одночасна активізація основних входів обох модулів. За об'єднаною формою двох альтернативних модулів може бути побудована більшість алгоритмів керування з пріоритетним вибором, рефлексивним керуванням, селективними діями та тестуванням стану в системах мехатроніки. Задачею досліджень є перехід до використання показників вірогідності при визначенні пріоритетної дії і може бути побудованим як структурне розширення пар альтернативних модулів [7,8].

[7]. **Логічно-інерційний модуль** має в структурі логічно-інерційний компонент, і на відміну від альтернативного вибору, вміщує модуль розрахунку ймовірності за історією попередніх дій, модуль-генератор випадкових чисел, модулі ідентифікації результатів дій. Модуль генератор, побудований за Т/С схемою, що надає випадкові числа відповідно до загальної кількості спроб системи. Модулі ідентифікації результатів дій системи повинні ідентифікувати початок дій, визначати факт реакції системи та варіант реакції системи на вхідні сигнали, відносити отриманий результат до певної категорії та вносити відповідну інформацію до історії дій системи.

[8]. Для формування інерційної складової найменша кількість вхідних впливів по одному фактору дорівнює 2. Збільшення цієї кількості може бути переведено в структуру з 2 змінними і додатковими (внутрішніми) альтернативними модулями. Для 2-х вхідної структури початок реакції системи припадає на перший за часом отримання збуджуючий сигнал, наприклад x_{s1} або x_{L1} . Сигнали мають логічне і змістовне навантаження. Один з них (x_{B1}) є безпосереднім вказівником на зміст зовнішнього збудження. Другий сигнал (x_{L1}) є опосередкованим вказівником на той самий зміст. Сигнали є бінарними і кожен має приналежність до множини $\{0,1\}$. Відповідно до змістовної підпорядкованості, при одиничному значенні (x_{B1}) і опосередкований сигнал (x_{L1}) матиме значення «1» (табл. 1).

[9]. Оскільки одночасне отримання двох сигналів є мало ймовірним, але є умовою формування інерційного компоненту, модуль вміщує часову паузу Δt_0 «нечутливості». Якщо часова відстань між двома сигналами збудження менша за цю паузу, то обидва сигнали в історії пам'яті фіксуються як одночасні.

[10]. Для врахування результатів дій системи в пам'яті необхідно проаналізувати ці результати, а для аналізу їх необхідно отримати. Зважаючи на властивості мехатронних систем отримання результату є змістовною дією певних виконавчих пристроїв, що належать до складу системи. Тобто, після визначення типу реакції системи на збуджуючий вплив виникає змістовна пауза на очікування результату Δt_Y . Тільки після цього результат може бути зіставлено з очікуванням.

[11]. За двома збуджуючими сигналами і двома типами реакції системи може бути побудовано повну множину з $4*4=16$ варіантів. Але певні варіанти є логічно неможливими. Наприклад, два «0» входи є варіантом, але не є дією.

[12].

Формування варіантів подій

Таблиця 1

№ варіанту	x_{B1}	x_{L1}	реакція: Y_{liner}	результат Z	Співпадіння Y_{liner} і Z	Формування інертності
1	1	1	1	1	+	
коментар	так	так	дія	позитив	вірно	+
2	0	1	1	1	+	
коментар	ні	так	дія	позитив	вірно	+
3	0	1	1	0	-	
коментар	ні	так	дія	нема	Не вірно	-
4	0	1	0	1	-	
коментар	ні	так	Реакція відсутня	позитив	Не вірно	+
5	0	1	0	0	+	
коментар	ні	так	Реакція відсутня	нема	вірно	-
6	1	0	1	1	+	
коментар	так	ні	дія	позитив	вірно	-
7	1	0	1	0	-	
коментар	так	ні	дія	нема	Міраж	Не буває
8	1	0	0	0	+	
коментар	так	ні	Реакція відсутня	нема	Міраж	Не буває
9	1	0	0	1	-	
коментар	так	ні	Реакція відсутня	позитив	Міраж	Не буває
10	0	0	0	0	-	
коментар	ні	ні	Реакція відсутня	очікування	Чекаю	Не подія

Порядок дій модуля з напрацюванням інерційної складової має початковий та заключний сегменти, що забезпечують коректний вхід у процес накопичення пам'яті, та коректний вихід з процесу з можливим його поновленням. Основна частина реалізована наступним чином.

1. **Вмикання модуля** із запам'ятовуванням – короткочасний зовнішній сигнал $Y_{in1}=1$, відбувається вхід до 0-го сегменту алгоритму

Перевірка початкового стану модуля: виконавчі модулі, елементи пам'яті, таймери (час нечутливості, час змістовної дії), відсутність зовнішнього збудження $L1=0$ та $B1=0$.

2. **Очікування зовнішнього впливу:** $x_{B1} = 1$ або $x_{L1} = 1$

Вмикання таймера нечутливості Δt_0

Очікування «одночасного» впливу двох збуджуючих сигналів

3. **Розрахунок інерційної складової** команди за попередньою історією результатів дій системи

Розрахунок ймовірнісного показника за Т\С генератором

Завершення паузи нечутливості

Вибір плану дій з врахуванням інерційної складової:

(Реакція відсутня (M №0) або Дія (M №1))

(допоміжна індикація обраного варіанту – налагодження алгоритму)

3.1 Вибір M №0 (реакція на опосередковане збудження відсутня)

Вмикання змістовної затримки часу Δt_v

Система очікує на результат зовнішнього впливу:

Чи присутній фактор впливу? ($x_{B1} = 1$)

Після відпрацювання змістовної затримки – доповнення пам'яті системи відповідно до результату (з прапором покриття і додавання кількості спроб $J=J+1$):

+ + ($x_{B1} = 1, x_{L1} = 1$) або - + ($_ , x_{L1} = 1$) .

(допоміжна індикація – звуковий або оптичний сигнал про відпрацювання спроби)

Підтвердження відпрацювання модуля №0: $X_0=1$

3.2 Вибір M №1 (реакція на опосередковане збудження - дія)

(дія – реакція на $x_{B1} = 1$ або ($x_{L1} = 1$ та **L1+T/C**))

Вмикання змістовної затримки часу Δt_v

Система очікує на результат зовнішнього впливу:

Чи присутній фактор впливу? ($x_{B1} = 1$)

Після відпрацювання змістовної затримки – доповнення пам'яті системи відповідно до результату (з прапором покриття і додавання кількості спроб $J=J+1$):

+ + ($x_{B1} = 1, x_{L1} = 1$) або + - ($x_{B1} = 1, _$) або - + ($_ , x_{L1} = 1$).

(допоміжна індикація – звуковий або оптичний сигнал про відпрацювання спроби)

Підтвердження відпрацювання модуля №1: $X_1=1$

3.2.1. Вмикання основного виконавчого пристрою №9 з підтвердженням X_9

після X_9 – отримання результату негативного - альтернатива №2 – **N B1**, позитивного – альтернатива №3 **B1**.

3.2.1.1. Альтернатива №3 (**B1=1**) : Вмикання модуля обробки позитивного результату №4.

3.2.1.2. Альтернатива №2 (**B1=0**) : Вмикання модуля обробки негативного результату №3.

3.2.2. Поновлення вихідного стану модулями системи.

4. Якщо N STOP – перехід до п.1.

5. Якщо STOP – перехід один на початок алгоритму, очікування на продовження дій S1.

Логічна впорядкованість дій складових модуля забезпечена логічними виразами та умовами команд керування:

$$Y_0 \Leftarrow X_6 * X_7 * \overline{X_1} \wedge (P \text{ int} \geq PCT) * \overline{B1}$$

$$Y_0 \Leftarrow X_7$$

$$Y_1 \Leftarrow X_6 * X_7 * \overline{X_0} \wedge ((P \text{ int} < PCT) + B1)$$

$$Y_1 \Leftarrow X_7$$

$$Y_2 \Leftarrow X_9 \wedge (\overline{B1}) * \overline{X_3}$$

$$Y_2 \Leftarrow X_1 * X_9$$

$$Y_3 \Leftarrow X_9 \wedge (B1) * \overline{X_2}$$

$$Y_3 \Leftarrow X_1 * X_9$$

$$Y_4 \Leftarrow X_3$$

$$Y_4 \Leftarrow X_3$$

$$Y_5 \Leftarrow X_2$$

$$Y_5 \Leftarrow X_2$$

$$Y_6 \Leftarrow X_7$$

$$Y_6 \Leftarrow X_8$$

$$Y_7 \Leftarrow X_8 * X_6 * (L1 + B1)$$

$$Y_7 \Leftarrow X_0 + X_5 + X_4$$

$$Y_8 \Leftarrow (X_0 * X_7 * X_6 + X_4 * X_5 * X_7 * X_6) * (\overline{L1} * \overline{B1}) \quad Y_8 \Leftarrow X_6$$

$$Y_9 \Leftarrow X_1 * X_7$$

$$Y_9 \Leftarrow X_7$$

Запропонований підхід до будови інерційно-логічного макромодуля реалізовано мовою ST з використанням узагальнених виконавчих пристроїв, місце яких в практичних системах можуть обіймати змістовні модулі, або підсистеми. Наступним кроком є випробування макромодуля на фізичних моделях, для чого розроблено тестову систему на базі електропневматичного обладнання FESTO з контролером FC100. В системі застосовано 3 пневматичних циліндри з моностабільним керуванням, сенсорним контролем зворотніх дій та часовим контролем основних дій. Паузи нечутливості та очікування задано у вихідних даних. Кількість спроб корегує розподіл ймовірності між позитивними і негативними спробами, а структурована пам'ять надає пріоритетне врахування наблизеним результатам у ймовірнісному вигляді за логарифмічною шкалою.

Список використаних джерел

1. H.A. ElMaraghy and T. AlGeddawy. *Co-evolution of products and manufacturing capabilities and application in auto-parts assembly* / Flexible Services and Manufacturing Journal., 2012, vol. 24, no. 2, pp. 142–170.
2. Burennikov, Y., Kozlov, L., Pyliavets, V., & Piontkevych, O. (2017, June). *Mechatronic Hydraulic Drive with Regulator, Based on Artificial Neural Network*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 209, No. 1, p. 012071). IOP Publishing.
3. Глушков М.В., Капитонова Ю.В., Мищенко А.Т. *Логическое проектирование дискретных устройств*. -К.:Наукова думка, 1987. – 264с.
4. Колмогоров А.Н. *Три подхода к определению понятия “количество информации”*/ В кн.:Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. -М.:Наука, 1987, С.213-223.
5. *Управление в технических системах с жидким и газовым компонентами: Учебное пособие* / Ю.А. Абрамов, А.П. Губарев, А.В.Узунов и др. – К.: ИСМО, 1997. – 288 с.
6. Gubarev A. *Control Algorithms in Mechatronic Systems with Parallel Processes* / A. Gubarev, O. Yakhno, O. Ganpanturova // Solid State Phenomena Vol. 164 (2010) pp. 105-110.
7. Губарев А.П. *К вопросу адаптации логического управления*. - Депонент /УкрНИИНТИ, 1986,N282-Ук86.-29с.
8. Гантаничурова О.С., Губарев О.П. *Логіко-інерційна складова команд керування виконавчим модулем мехатронної системи* / Матеріали XVII МНТК АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика» 2016: тези доповідей. Харків, 2016, С. 72.

УДК 681.52:004.896+004.94

Кравецький Ю.А., Корольова Є.С.

Державне підприємство «Антонов», м. Київ, Україна

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ КОНТУРІВ УПРАВЛІННЯ ПРИВОДАМИ

Анотація. Робота присвячена питанням проектування стендів для проведення досліджень процесів, що протікають між електронними, гідравлічними та механічними компонентами. Основними проблемами є неможливість прямого вимірювання значень параметрів в лініях керування та лініях зворотнього зв'язку, які використовують сучасні цифрові стандарти двостороннього інформаційного обміну між елементами системи. Застосування традиційних методів та засобів вимірювання та обчислення параметрів функціонування цифрових контурів керування, не дозволяють оцінити показники якості контурів керування та не дозволяють порівнювати вказані системи між собою.

Використання сучасних стандартів та мікроконтролерів висуває високі вимоги до кваліфікації розробників, та апаратури вимірювання та реєстрації параметрів функціонування системи.

Запропоновані підходи до вирішення складної технічної проблеми, що впливає на показники якості системи, з урахуванням впливів зовнішніх збурень. Використання формального алгоритму проектування знижує вимоги до кваліфікації і зменшує часові витрати на розробку контурів керування приводами.

Ключові слова. Стенд для досліджень, показники якості, контур керування, затримка передачі сигналів, принципова схема, мікроконтролерна система керування, ефективність проектування, формалізація