

$$Y_9 \Leftarrow X_1 * X_7$$

$$Y_9 \Leftarrow X_7$$

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

**Формулювання проблем та актуальність.** Проектування сучасних систем керування літальними апаратами насамперед висуває високі вимоги до кваліфікації розробників.

Сучасна система керування аеродинамічною поверхнею літального апарата звичайно складається з датчиків положення важелів керування та датчиків положення поверхонь, електрогідравлічного приводу, силового перетворювача і, як правило, мікропроцесорної або мікроконтролерної системи керування.

В реальних умовах експлуатації динамічні характеристики виконавчих електрогідравлічних приводів та агрегатів системи керування визначаються істотною нелінійністю. Це пов'язано з фізичною різноманітністю компонентів систем, складністю процесів та складністю їх узгодження для досягнення потрібних експлуатаційних характеристик, а також, різноманіттям очікуваних умов експлуатації та режимів роботи та параметричними збуреннями. Передавальні функції агрегатів при нестационарних температурних режимах та широким діапазоном діючих навантажень характеризуються змінними значеннями параметрів, які можуть істотно відрізнятися від розрахункових значень. Регулятори, що розробляються залежно від характеру зміни регульованого параметра, повинні враховувати ці зміни.

Вирішення даної проблеми дозволить зменшити перерегулювання керованих параметрів, знизити час їх встановлення і підвищити показники якості контурів керування. Це особливо навіть в умовах неповної інформації про об'єкт керування.

**Мета та задачі.** Метою роботи є викладення вимог до структурної та конструкційної побудови стендів для досліджень, та скорочення термінів проектування складних систем гідроавтоматики шляхом розроблення переліку необхідних вимог та параметрів, що створює передумови для формалізації процесу проектування систем та контурів керування. *Задачею* є розроблення відповідних методик та алгоритму їх використання для проектування структурних схем систем керування.

Налаштування та доведення показників роботи до заданих зазвичай виконується висококваліфікованими спеціалістами на спеціально побудованих для цих задач стендах. Стенд обладнаний спеціальним пультом керування через який оператор встановлює необхідну конфігурацію ПД-регулятора регулюючого контуру, вибирає та задає алгоритми керування та алгоритми контролю значень параметрів функціонування системи. Також конструктивно передбачена можливість оперативного втручання в процес керування та можливість внесення будь-яких збурень чи відхилень.

Цифровий обчислювач, що реалізований на мікроконтролері, в реальному масштабі часу повинен мати необхідну обчислювальну потужність для розрахунку і видачі сигналів керування, а також мати необхідний інтерфейс для керування системою. Робота в реальному масштабі часу означає, що тривалість циклу обробки інформації в мікроконтролері узгоджена з вимогами показників якості керування, та з частотними характеристиками елементів контуру керування з урахуванням можливого впливу зовнішніх збурень.

**Затримка передачі сигналів.** Показники якості керування (показники швидкодії, стійкості, точності) у системах керування зі зворотнім зв'язком теоретично погіршуються навіть через затримку передачі сигналів на один такт. А якщо припустити, що для досягнення заданого положення вихідної ланки приводу або зв'язаною з нею аеродинамічною поверхнею керування необхідно декілька тактів, тоді для мінімізації поточної похибки мікроконтролер може видати надмірний керуючий сигнал, який призведе до перерегулювання. Знання затримки передачі сигналів стає важливою задачею.

Вимірювання затримки повинно здійснюватись за допомогою зовнішніх еталонних та незалежних від мікроконтролера приладів. Ці прилади повинні забезпечити реєстрацію процесів, які протікають в швидкодіючому цифровому контурі керування.

При цьому слід враховувати наступне:

- швидкість тактів обробки сигналів від датчиків та видачі заданих сигналів керування становить 1-2 мілісекунди;

- сучасні стандарти передачі даних використовують протоколи двостороннього інформаційного обміну між елементами системи у цифровому форматі.

Розробники повинні передбачити можливість вимірювання значень затримки в контрольних точках схеми. Вивід опорних строб-сигналів (наприклад, на вході та виході мікроконтролера, на вході в привод) для синхронізації початку реєстрації процесів різними приладами.

**Очікуваний ефект від запропонованих засобів.** Запропоновані вимоги до структурної та конструкційної побудови стендів для досліджень дозволяють скоротити терміни проектування складних систем керування літальними апаратами. Переліку необхідних вимог та параметрів, створює передумови для формалізації процесу проектування систем та контурів цифрового керування з заданими показниками якості.

#### Список використаних джерел

1. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов/ Т.М. Башта. - М.: Машиностроение, 1967.- 495с.
2. Бесекерский В.А. Микропроцессорные системы автоматического управления / В.А. Бесекерский, Н.Б. Ефимов, С. И. Зиатдинов. – Л.:Машиностроение, 1988. – 365 с.
3. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984. – 541 с.
4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни Системи керування електроприводами (для студентів 4 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050702 – "Електромеханіка"). - Харків – ХНУМГ – 2013
5. Орловський І.А., Горобець Є. І. Управління у технічних системах.- 2014. - УДК 681.5.01.23.
6. Степанець О.В., Каракой А.В., Розробка нечіткого регулятора для задачі забезпечення температурної складової комфортного мікроклімату. - УДК 621.311:681.5. - DOI: 10.15587/2312-8372.2016.59037.
7. Устименко Д.В., Сучасні мікроконтролери в схемах рухомого складу. - УДК 629.4.05.- 2014.

#### УДК 62.525

**Ганпанцурова О.С.,** к.т.н., доц., **Беліков К.О.,** к.т.н., ст.викл., **Муращенко А.М.,** к.т.н., ст.викл., **Губарев О.П.,** д.т.н., проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м.Київ, Україна

### ІНВАРІАНТ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДУЛІВ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

**Анотація.** Робота присвячена розробці узагальненої моделі функціональних модулів мехатронних систем в алгоритмах керування на основі циклічно модульного підходу. Основною задачею є інваріантне зображення існуючого різноманіття пневматичних і гідравлічних пристроїв автоматизації та алгоритмічних компонентів при розробці алгоритмів керування. Запропоновано бінарно-циклічний інваріант з керованими потоками активізації і контролю стану. Показано можливість врахування асинхронних та не детермінованих у часі дії функціональних модулів. Побудовано приклади представлення пневматичних, гідравлічних і інформаційних компонентів у вигляді запропонованого інваріанту. Застосування однорідного представлення елементів системи в алгоритмі керування дозволяє спростити процедури укладання і тестування алгоритмів керування мехатронних систем.

**Ключові слова.** Мехатроніка, циклічний модуль, виконавчий пристрій, алгоритм керування.

**Формулювання проблем та актуальність.** В більшості алгоритмів керування мехатронних систем можна окреслити дві групи типових компонентів: 1 – логіка впорядкування змістовних дій, 2 – забезпечення виконання змістовних дій. Перша група, по-перше, є похідною від автоматизованої технології, по-друге – застосованого підходу до побудови алгоритму керування або структури системи. Ця група, за умов відповідності щодо обраного інваріанту системи та її фізичного прототипу, має здебільшого однорідний склад. Основна функція її компонентів може бути визначена, як поєднання контрольованих завершень попередніх дій з