

## СУЧАСНІ МІКРОКОНТРОЛЕРИ В СХЕМАХ РУХОМОГО СКЛАДУ

Наведена загальна структура мікроконтролера, сформульовані основні вимоги до нього та периферійних пристроїв у разі застосування в системах автоматичного керування рухомих складом. Проведено аналіз і визначена перспективна структура сучасних систем керування на базі мікроконтролерної техніки.

Представлена обшая структура микроконтроллера, сформулированы основные требования к нему и периферийным модулям при использовании в системах автоматического управления подвижным составом. Выполнен анализ и определена перспективная структура современных систем управления на базе микроконтроллерной техники.

General structure of a microcontroller has been presented; the basic requirements to it and its peripheral modules have been formulated in case of their use in the systems of automated control of rolling stock. An analysis has been executed and a perspective structure of modern control systems on the basis of microcontroller equipment has been identified.

Впровадження мікроконтролерів в системах керування на рухомому складі залізниць поряд з простою заміною елементної бази і розширенням функцій апаратури створює також принципово нові можливості в побудові керівних комплексів. Змінюються також методи і технічні засоби проектування автоматичних систем.

У системах автоматичного керування (САК) застосовують центральне, децентралізоване і комбіноване керування [1]. У системах з центральним керуванням задача обробки сигналів з метою формування керівного впливу вирішується центральним цифровим керівним пристроєм, що з'єднаний багатьма каналами зв'язку з об'єктом керування.

Загальна структурна схема для цього випадку показана на рис. 1. Вона складається з об'єкта (об'єктів) керування (ОК), цифрового керівного пристрою (ЦКП), ряду вхідних аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП), ряду вихідних цифрово-аналогових перетворювачів (ЦАП) з'єднаних з виконавчими пристроями (ВП). Якщо здійснюється керування складними багатовимірним об'єктом, то така САК є зв'язаною. Якщо ж вирішується задача керування сукупністю незалежних по керівних параметрах одновимірних об'єктів, то система є незв'язаною. У такому випадку САК наведена у вигляді сукупності одноконтурних систем автоматичного керування (рис. 2), кожна з яких має свою програму керування ПК<sub>1</sub>, ..., ПК<sub>k</sub> об'єктами ОК<sub>1</sub>, ..., ОК<sub>k</sub>.

У разі керування об'єктом від центрального цифрового керівного пристрою він обслуговує по черзі окремі канали керування. Ця черга може формуватися по жорсткій програмі або по

мірі надходження заявок від окремих каналів з можливістю використання пріоритетного обслуговування.

У системах з децентралізованим керуванням в кожний контур керування включається автономний цифровий керівний пристрій.

Структурна схема САК з децентралізованим керуванням показана на рис. 3, де для автономних керівних пристроїв ЦКП введені позначення МК<sub>1</sub>, ..., МК<sub>k</sub>. Для автономних ЦКП широко використовують регулюючий мікроконтролер.

У децентралізованих системах центральний керівний пристрій або відсутній зовсім, або вводиться для передачі йому функції диспетчера. У цьому випадкові реалізується комбіноване керування.

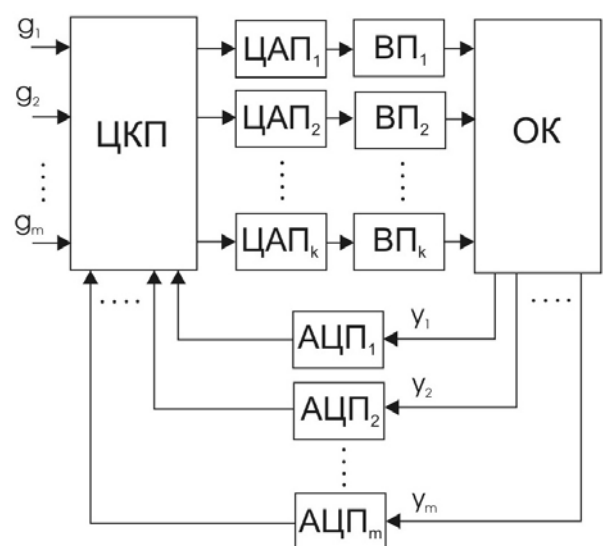


Рис. 1. Структура мікропроцесорної САК з центральним керуванням

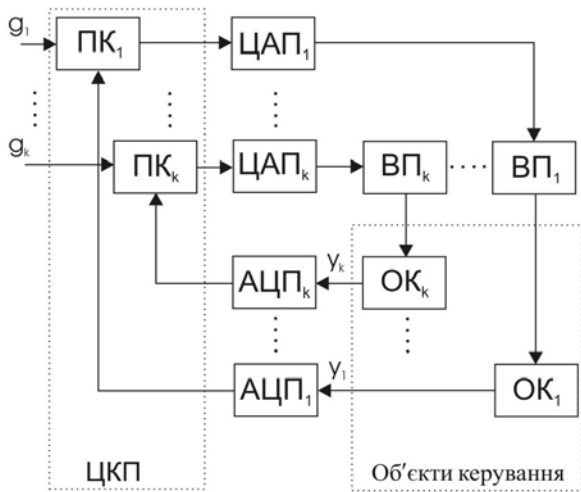


Рис. 2. Структура мікропроцесорної САК групою незв'язаних об'єктів

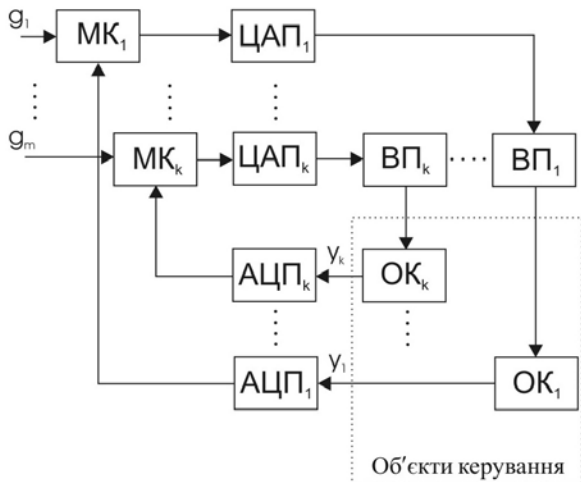


Рис. 3. Структура мікропроцесорної САК з децентралізованим керуванням

Вибір принципу керування (центральне, децентралізоване, комбіноване) в САК, побудованих на базі мікроконтролерів, залежить від багатьох взаємопов'язаних факторів: вартість і надійність систем, їх живучість, гнучкість, здібність працювати в масштабі реального часу.

Цифровий мікроконтролер повинен мати необхідну розрахункову потужність для розрахунку і видачі сигналів керування, а також мати необхідний інтерфейс для керування системою в реальному масштабі часу. Робота в реальному масштабі часу означає, що тривалість циклу обробки інформації  $T_{ц}$  в мікроконтролері узгоджена з вимогами до якості керування, з частотними характеристиками елементів контуру керування і з спектрами збурень. Вона не може бути більше величини  $T$  – такту дискретизації процесу в часі, який встановлюється розрахунковим шляхом або методом математичного моделювання.

Основою апаратного забезпечення мікроконтролера є: модулі аналогового вводу-виводу і цифрового вводу-виводу, мікропроцесор, пам'ять та пульт оператора (рис. 4)

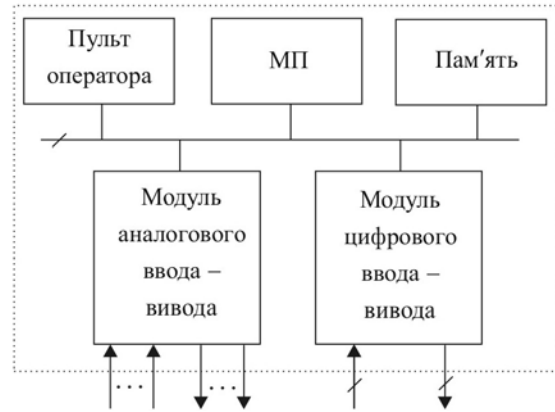


Рис. 4. Узагальнена структура мікроконтролера

Модуль аналогового вводу-виводу містить вузли гальванічного розмежування сигналів, вузол мультиплексування аналогових вхідних сигналів і групу перетворювачів сигналів і кодів.

Особливістю мікроконтролера є те, що на його виході не використовується мультиплексування (кількість АЦП рівна кількості вихідних кіл мікроконтролера). Це пов'язано з необхідністю запам'ятовувати кожне значення керівного сигналу після зупинки розрахунків.

Пульт оператора в мікроконтролері використовується для встановлення необхідної конфігурації регулюючого контуру, вибору алгоритму керування, контролю значень змінних, оперативного втручання в процес керування.

Можливості мікроконтролера характеризують, використовуючи поняття віртуальної структури. Віртуальна структура описує властивості мікроконтролера в традиційних для систем регулювання поняттях, основними з яких є канали керування, з системної точки зору еквівалентні окремому приладу або типовому поєднанню приладів безперервної системи керування, і конфігурація, що визначає систему зв'язків каналів із виходами та входами мікроконтролера, а також варіанти взаємодії каналів.

На даному етапі розвитку мікропроцесорної техніки, провідні фірми виробники продовжують розвивати RISC – мікроконтролери в бік збільшення потужності ядра, розширення об'єму пам'яті, збільшення кількості виводів і нових периферійних модулів (CAN/USB). Розширюється номенклатура в напрямку створення завершеної системи pin-to-pin сумісних пристроїв різної обчислювальної потужності ядра і набору периферії [2].

Використання мікроконтролерів в системах автоматичного керування висуває на перший план проблему їх зв'язку з об'єктами, стан яких в більшості випадків характеризується безперервними функціями часу. Тому в процесі використання і обробки таких функцій важлива роль відводиться операції перетворення безперервних (аналогових) сигналів в цифрову форму і навпаки. Це здійснюється за допомогою аналогово-цифрових і цифрово-аналогових перетворювачів (АЦП і ЦАП).

У системах автоматичного керування використовуються такі види аналогово-цифрових і цифрово-аналогових перетворювачів: «кут-код», «фаза-код», «напруга-код», «час-код», «код-напруга», «код-час» і т. д. Очевидно, що переваги цифрових методів обробки інформації в САК можуть бути реалізовані лише, коли АЦП і ЦАП не вносять обмежень по точності та швидкодії. Вирішення проблеми забезпечення заданих показників якості керування пов'язано з вибором кількості рівнів квантування вхідного сигналу, які залежать від енергетичних характеристик процесу, так і від алгоритму обробки інформації, і обмежена відповідними характеристиками перетворювачів аналогових сигналів в код і довжиною розрядної сітки мікропроцесорної обчислювальної системи. Для усунення негативних ефектів пов'язаних з роботою перетворювачів необхідно виконати такі умови [3]:

1. Розрядності вхідних і вихідних перетворювачів, а також діапазон подання чисел в процесорі повинні бути достатньо великими.

2. Потрібно добиватись максимального заповнення розрядної сітки перетворювачів та процесора введенням раціонального масштабу даних.

3. Операції множення (ділення) виконувати з подвійною точністю.

4. Необхідно слідкувати, щоб в колах прямого зв'язку не виникали зони нечутливості навколо усталених становищ.

5. Розрядність перетворювача аналогової величини в код потрібно вибирати таким чином, щоб його похибка квантування була меншою від статичних та динамічних похибок.

6. Розрядність перетворювача коду в аналогову величину необхідно мати таку, щоб зміна керівного сигналу на один крок квантування викликала після проходження через аналогову частину системи зміну коду в перетворювачі аналогової величини в код на одиницю молодшого розряду.

Сучасний рівень та тенденції розвитку технології виробництва мікроконтролерів, цифрових сигнальних процесорів (DSP), специфіка конкретних задач керування рухомим складом дозволяють зробити висновок, що мікроконтролерні САК побудовані з використанням принципу децентралізованого керування є найбільш виправданими технічно та економічно.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бесекекерский В. А. Микропроцессорные системы автоматического управления / В. А. Бесекекерский, Н. Б. Ефимов, С. И. Зиятдинов. – Л.: Машиностроение, 1988. – 365 с.
2. Однокристальные 8-разрядные FLASH CMOS микроконтроллеры компании Microchip Technology Incorporated: PIC 16F873, PIC 16F874, PIC 16F876, PIC 16F877. – М.: ООО «МикроЧип», 2002. – 183 с.
3. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984. – 541 с.

Надійшла до редколегії 15.09.2006.