

## СЕНСОРИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

## SENSORS AND INFORMATION SYSTEMS

---

---

УДК 577.14+621.314

### ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ МОНІТОРИНГОВИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ ЗІ СКЛАДНОЮ ОБРОБКОЮ ДАНИХ

*В. Г. Мельник<sup>1</sup>, І. В. Онищенко<sup>1</sup>, О. Д. Василенко<sup>1</sup>, Є. Ю. Неболюбов<sup>1</sup>,  
В. О. Романов<sup>2</sup>, Я. І. Лепіх<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Інститут електродинаміки НАН України, пр. Перемоги 56, м. Київ-57, 03680, Україна, тел.(044) 454—25—11, E-mail: melnik@ied.org.ua

<sup>2</sup> Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, пр. Академіка Глушкова 40, м. Київ, 03680, Україна, тел.(044) 227—13—89, E-mail: dept230@insyg.kiev.ua

<sup>3</sup> Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Дворянська 2, м. Одеса, Україна, тел.(048) 723—34—61, E-mail: ndl\_lepikh@onu.edu.ua

### ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ МОНІТОРИНГОВИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ ЗІ СКЛАДНОЮ ОБРОБКОЮ ДАНИХ

*В. Г. Мельник, І. В. Онищенко, О. Д. Василенко, Є. Ю. Неболюбов, В. О. Романов, Я. І. Лепіх*

**Анотація.** Розглянуто принципи побудови мультипроцесорних терміналів мережових інформаційно-вимірювальних систем, призначених для реєстрації кількох швидкозмінних взаємопов'язаних параметрів з прив'язкою до єдиної вісі часу. Описано структурні схеми для формування безперервного потоку даних вимірювань з максимально можливою швидкістю і безпосереднього керування об'єктом контролю.

**Ключові слова:** мережеві вимірювальні системи, модуль збирання даних, моніторинг

### IMPROVING OF HIGH-SPEED PERFORMANCE IN THE SENSOR SYSTEMS FOR MONITORING WITH COMPLEX PROCESSING OF DATA

*V. G. Melnyk, I. V. Onyschenko, A. D. Vasylenko, E. U. Nebolyubov, V. A. Romanov, Ya. I. Lepikh*

**Abstract.** Principles of designing of network multi-terminals information and measurement systems for the registration of several interdependent, rapidly changing parameters, linked to a single axis of time are considered. Structural diagrams for the formation of an uninterrupted flow of measurement data as fast as possible and for direct management by object under control are described.

**Keywords:** network measurement systems, data acquisition module, monitoring

## ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ МОНИТОРИНГОВЫХ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ СО СЛОЖНОЙ ОБРАБОТКОЙ ДАННЫХ

*В. Г. Мельник, И. В. Онищенко, А. Д. Василенко, Е. Ю. Неболюбов, В. А. Романов, Я. И. Лепих*

**Аннотация.** Рассмотрены принципы построения мультипроцессорных терминалов сетевых информационно-измерительных систем, предназначенных для регистрации нескольких быстроизменяющихся взаимосвязанных параметров с привязкой к единой оси времени. Описаны структурные схемы для формирования непрерывного потока данных измерений с максимальной возможной скоростью и непосредственного управления объектом контроля.

**Ключевые слова:** сетевые измерительные системы, модуль сбора данных, мониторинг

### Вступ

Важливим завданням при проведенні моніторингу та діагностики як природних, так і технічних об'єктів є аналіз швидкоплинних процесів різної фізичної природи, у тому числі одночасно декількох взаємозалежних. Для визначення параметрів цих процесів використовуються інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) з сенсорами та засобами цифрової обробки даних. Дослідження шляхів побудови ІВС даного призначення показують, що традиційні технічні рішення не забезпечують прийнятних техніко-економічних показників апаратури. Ефективне розв'язання такого класу завдань можливо за допомогою мережевих ІВС з мультипроцесорними вимірювальними терміналами, що мають багаторівневу структуру, у якій субмодулі нижнього рівня виконують рутинні операції вимірювання сигналів і формування масивів первинних даних [1]. У такому терміналі завданням контролера основного рівня є синхронізація роботи декількох субмодулів, виконання попередньої обробки масивів інформації (у тому числі аналіз образів) і передача в центральний комп'ютер системи інтегральних характеристик досліджуваних процесів. Окремий субмодуль може забезпечувати графічне подання результатів вимірювань. Нижче буде розглянуто деякі важливі питання побудови таких систем і проблеми, що при цьому виникають.

Під час моніторингу стану складних об'єктів, де одночасно контролюється велика кількість параметрів, дуже важливим є питання швидкодії не тільки окремого вимірювального каналу, але й системи збору та аналізу в цілому. Це питання актуальне навіть при відносно повільних, (у порівнянні з часом вимірювання) контрольованих процесах, оскільки необхідно враховувати витрати часу на послідовне підключен-

ня та обмін даними із джерелами інформації [2]. Важливою особливістю мережевих ІВС є те, що сполучення периферійних вимірювальних терміналів з центральним комп'ютером здійснюється єдиною магістраллю послідовного інтерфейсу, а обмін даними в такій системі здійснюється в послідовних кодах з почерговою адресацією до необхідних терміналів. Очевидно, що щільність потоків даних при цьому обмежена, і принципово складно в реальному масштабі часу одержувати картину змін декількох взаємозалежних параметрів із прив'язкою їхніх значень до єдиної часової вісі. Ця проблема тим складніше, чим вище швидкість зміни і чим більше кількість контрольованих параметрів. Ще більш ускладнюється дане завдання при необхідності збирати дані від джерел слабких сигналів і при наявності значних відносно цих сигналів рівнів завад. Останнє особливо часто має місце при біомедичних вимірах.

Значну проблему в мережевих ІВС представляє організація швидкого протиаварійного реагування, особливо якщо визначення ознак аварії здійснюється за складним алгоритмом. При послідовному виконанні вимірювальних операцій, передачі і обробки інформації задовільно вирішити це питання, як правило, неможливо.

### Шляхи і методи вирішення проблем

Одним з ефективних шляхів вирішення позначених проблем може бути введення додаткового, нижнього рівня обробки інформації в структуру власне периферійного вимірювального терміналу [3]. При цьому загальна структура мережевої ІВС лишається дворівневою, вимірювальна інформація надходить у центральний комп'ютер у статичній формі. Для аналізу швидкоплинних процесів окремі базові вимірю-

вальні термінали забезпечуються допоміжним вимірювально-інформаційним модулем (або кількома такими модулями), що працюють під управлінням контролера базового терміналу.

Такий додатковий модуль, реалізуючи один вимірювальний канал з тим чи іншим типом датчика, містить у собі вимірювальні перетворювачі та АЦП із необхідними чутливістю і швидкодією. Цей модуль містить також власний мікроконтролер і запам'ятовуючий пристрій, що дозволяють по команді основного контролера терміналу виконувати процедури виміру, накопичувати масиви даних і передавати їх для наступної обробки в основний контролер [4]. При такій структурі терміналу його мікропроцесор звільняється від рутинних операцій по виконанню багаторазових однотипних вимірів і може бути завантажений додатковими завданнями з аналізу отриманих масивів даних, визначенню їхніх узагальнюючих характе-

ристик, візуалізації досліджуваного процесу на графічному дисплеї й ін.

Важливо, що при даному підході додатковий вимірювальний модуль може бути мініатюризований, і мати дуже низьке енергоспоживання. Виконання цих умов дозволяє виконувати модуль конструктивно відособленим і встановлювати безпосередньо на об'єкті контролю. При цьому істотно спрощується захист вимірювального каналу від завад, стає більш зручною експлуатація апаратури, полегшується вирішення питань її електробезпеки. Також досить просто, чисто алгоритмічними методами, може здійснюватися синхронізація вимірів і прив'язка даних, отриманих від різних терміналів, до єдиної бази часу.

На рис. 1 зображена структурна схема вимірювально-керуючого терміналу, що пояснює один з можливих способів вирішення цього питання.

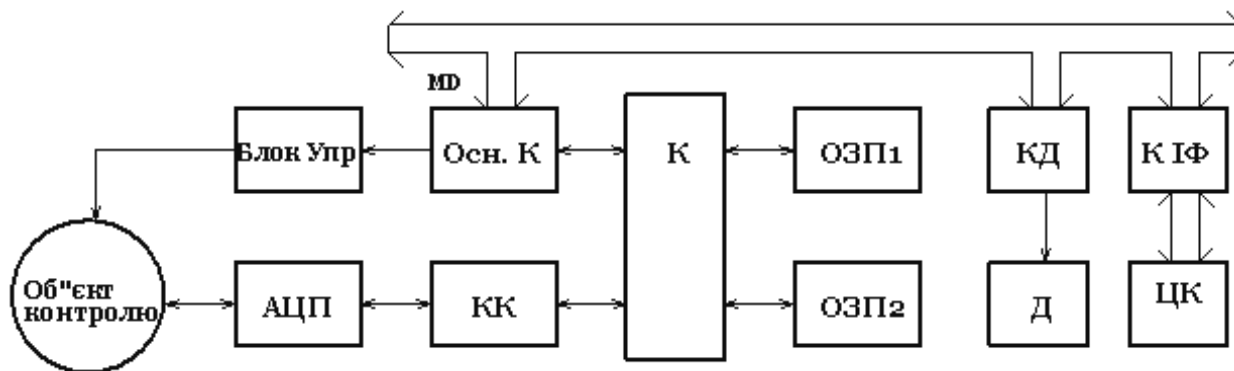


Рис. 1. Структурна схема вимірювально-керуючого терміналу з допоміжним контролером: АЦП — швидкодіючий аналогово-цифровий перетворювач; Блок. Упр. — блок управління; Осн. К — основний контролер; КК — координуючий контролер; К — комутатор; ОЗП1, ОЗП2 — оперативні запам'ятовуючі пристрої; Д — дисплей; КД — контролер дисплею; ЦК — центральний комп'ютер

Сигнали сенсора, встановленого на об'єкті контролю перетворюються в цифрові коди за допомогою швидкодіючого АЦП, який управляється координуючим контролером КК. Отримані дані через комутатор К заповнюють по чергово оперативні запам'ятовуючі пристрої ОЗП1 та ОЗП2. В тому циклі, коли заповнюється ОЗП1 основний контролер (Осн.К) підключається комутатором до ОЗП2 і аналізує результати вимірювань попереднього циклу. В наступному циклі дані вимірювань з АЦП запам'ятовуються в ОЗП2, а аналізуються результати вимірювань, що знаходяться в ОЗП1. Узагальнені результати аналізу за допомогою контролера інтерфейсу передаються в централь-

ний комп'ютер інформаційно-вимірювальної системи (ЦК). Від ЦК основний контролер терміналу отримує критерії аналізу, які зберігаються в його енергонезалежній пам'яті. У відповідності до цих критеріїв "Осн.К" через блок управління здійснює керування станом об'єкта контролю. Поточний стан об'єкта може бути відображений на графічному дисплеї (Д) терміналу за допомогою контролера дисплею КД. В розглянутій структурі основний контролер терміналу звільнено від рутинних функцій, що дозволяє забезпечити безперервний аналіз потоку інформації з об'єкта при значно вищій частоті вимірювань, ніж в існуючих мережевих системах. За рахунок адекватного вибору елементної

бази можливе значне розширення функціональних можливостей систем вимірювання і автоматичного керування при збереженні високої вартості та енергоекономічності апаратури. Викладене вище структурно-алгоритмічне рішення може бути застосоване і в багатопара-

метрових ІВС для керування технологічними процесами та для створення протиаварійних систем швидкого реагування, що формують команди керування за складними алгоритмами. Реалізувати принцип роботи попередньої схеми можна також наступним чином (рис. 2.):

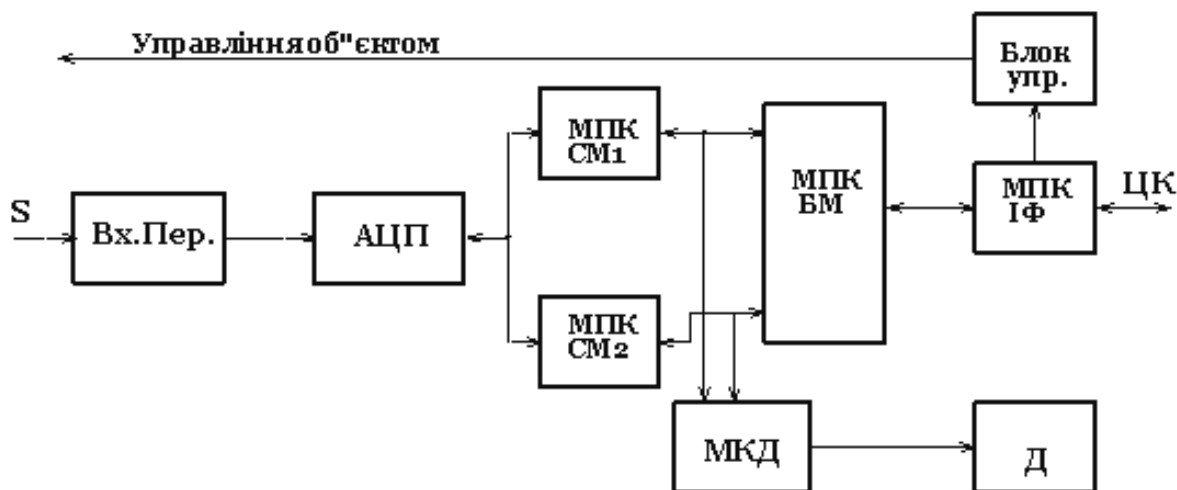


Рис. 2. Мультипроцесорний вимірювально-керуючий модуль: Вх.Пер. — вхідний перетворювач; АЦП — швидкодіючий аналогово-цифровий перетворювач; МПК СМ1 та МПК СМ2 — субмодулі з мікропроцесорними контролерами; МПК БМ — базовий модуль з більш потужним процесором; МПК ІФ — контролер інтерфейсу; Блок.упр. — блок управління; Д — дисплей; МКД — контролер дисплею; ЦК — центральний комп'ютер

Дана система функціонує за таким алгоритмом.

МПК БМ активізує субмодуль з молодшою адресою. Від ЦК на МПК БМ надходять запит про початок і кінець вимірювань. МПК БМ передає управляючі сигнали субмодулям. Сигнал з об'єкту контролю  $S$  після вхідного первинного перетворювача потрапляє на АЦП і отримане в цифровому коді значення вимірюваної величини заноситься одним із субмодулів в його власний оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП). Дані записуються одним субмодулем доти, доки не заповниться його ОЗП. Далі субмодуль видає сигнал готовності передавати накопичену вибірку даних на МПК БМ. Цей самий сигнал інший субмодуль сприймає як дозвіл розпочати вимірювання. Таким чином під час зняття вимірювальних даних одним субмодулем інший зайнятий передачею попередніх даних на МПК БМ. Така система дозволяє безперервно отримувати дані з їх прив'язкою до вісі часу без помітних втрат інформації. Викладене структурно-алгоритмічне рішення може бути застосоване і в багатопараметрових ІВС для створення протиаварійних систем швидко-

го реагування, що формують команди керування за складними алгоритмами.

### Особливості обробки потоків даних

В багатьох випадках виникає необхідність у безперервній обробці потоку отриманих даних та графічному відображенні вимірюваної величини. Для повільних процесів ця можливість забезпечується базовим програмним комплексом верхнього рівня при разовому адресному опитуванні терміналів.

В той же час для швидкоплинних процесів такий спосіб неприйнятний, адже необхідно забезпечити високу швидкість надходження даних. Проблему можливо вирішити, якщо передавати одразу масиви даних, але уникнути при цьому втрат інформації, які можуть виникнути на стиках масивів. Щоб забезпечити повне відображення великих вибірок даних, що швидко накопичуються з прив'язкою до вісі часу, пропонується використовувати наступну схему і спеціальний режим формування неперервного графічного відображення ФНГВ (рис.3). В цьому режимі ПК підключається без-

посередньо до спарених субмодулів нижнього рівня. Верхній рівень працює в асинхронному режимі обміну даними.

При включенні цього режиму (ФНГВ) проводиться разове сканування двох субмодулів, адреси яких відповідають обраним терміналам. Субмодуль з молодшою адресою отримує запит комп'ютера першим і тому починає збирати масив даних раніше другого субмодуля. При цьому молодший субмодуль дозволяє іншому субмодулю видачу результатів, що знаходяться в його пам'яті (одразу після вмикання там знаходяться нульові результати).

Після отримання запиту від комп'ютера субмодуль із старшою адресою віддає ці результати в ПК. Отримані в ПК результати старшого субмодуля виводяться на графік, після чого ПК не закриває порт і чекає отримання пакета від субмодуля з молодшою адресою. Після закінчення накопичення масиву даних субмодулем з молодшою адресою, останній знімає сигнал "дозволу видачі даних", що дозволяє субмодулю зі старшою адресою почати збір масиву даних. Одночасно з початком формування масиву старшим субмодулем починається передача в ПК масиву даних, зібраного молодшим субмодулем.

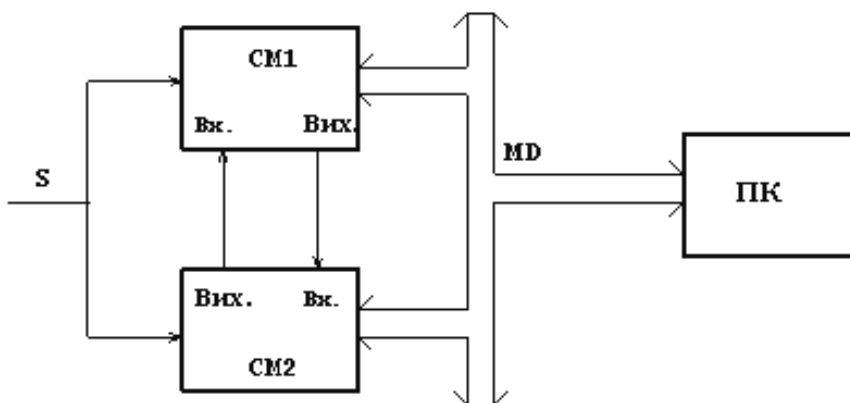


Рис. 3. Вимірювальний канал для безперервного формування і графічного відображення потоку даних при моніторингу швидкозмінних процесів

Результати, що надходять у комп'ютер, продовжують виводитись на графік. Після закінчення прийому результату від субмодуля з молодшою адресою ПК знову не закриває ІФ та чекає початку надходження масиву від субмодуля зі старшою адресою. Це відбудеться, коли останній закінчить цикл вимірювань та сформує масив даних встановленої довжини. При цьому буде видано дозвіл субмодулю з молодшою адресою розпочати збір наступного масиву даних. Приймати запит з верхнього рівня може тільки той субмодуль, котрий завершив видачу масиву і ще не отримав дозволу на накопичення масиву від іншого субмодуля.

При подачі живлення на спарені субмодулі повинен формуватися сигнал "скидання", за яким обидва субмодуля очікують команду — запит від ПК.

Після першого однократного сканування субмодулів в системі субмодулі — ПК встановлюється почергова передача даних від субмодулів. При цьому субмодуль, що накопичує дані вимірювань, не сприймає запитів ПК і

дозволяє отримувати такі запити іншому субмодулю. Якщо в системі не відбудеться збій, то однократний запуск субмодулів дозволить по чергово отримувати дані в ПК та з'єднувати їх в єдиний загальний графік.

На випадок збою системи:

Якщо обидва субмодуля опиняються в режимі збору масиву даних, то вони сформують один одному дозвіл на видачу даних до ПК. В програмі субмодуля видача даних повинна проводитись лише після завершення збору масиву. При цьому, той субмодуль, котрий першим закінчить збір даних, зніме сигнал дозволу видачі даних для другого субмодуля, що не дозволить їм одночасно видавати дані в ПК.

Якщо обидва субмодуля опиняються в режимі завершення формування масиву даних, вони сформують один одному сигнал заборони видачі даних (інверсний "дозвіл на видачу даних"). При цьому вони будуть очікувати запит від ПК. Щоб продовжити роботу системи після збою, ПК повинен повторно провести однократне сканування субмодулів. Це необхідно

робити, якщо час очікування ПК чергового масиву перевищить подвоєний час збору масиву даних субмодулем..

### **Висновки**

Розглянуті в цій роботі технічні рішення дозволяють в кілька разів підвищити швидкодію складних мережевих ІВС без значних витрат, забезпечити можливість швидкого реагування системи на виникнення позаштатних ситуацій, а також створити прості засоби моніторингу швидкоплинних процесів для використання в медицині та для наукових досліджень.

### **Список літератури**

1. Лукина И. В., Лысак А. В., Мельник В. Г., Могилевский В. М., Семеньчева Л. Н.. Открытая сетевая информационно-измерительная система с реализацией обмена данными и управления по технологии “Клиент-сервер” // *Технічна електродинаміка, Тематичний випуск: “Проблеми сучасної електротехніки”*, — ч.3. — Київ, 2006 р. — С. 113—118.
2. Василенко О. Д., Мельник В. Г. Про вибір принципів побудови мультиплексних контрольно-вимірювальних систем // *Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: “Проблеми сучасної електротехніки”*, - ч.2. — Київ, 2002р.- С.108—112.
3. Мельник В. Г., Василенко А. Д., Карпов И. М. Информационно — измерительная система с двухуровневыми измерительными терминалами для исследования быстропротекающих процессов // *Технічна електродинаміка, Тематичний випуск: “Проблеми сучасної електротехніки”*, — ч.6. -Київ, 2004 р. — С. 119—124.
4. Мельник В. Г. Термінали мережевих вимірювальних систем для безпосереднього керування об'єктами контролю // *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. Збірник наукових праць. № 1(16)*, - ч.2. — Київ, 2007р. — С.126—127.