



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111941** (13) **C2**
(51) МПК (2016.01)
G01D 21/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

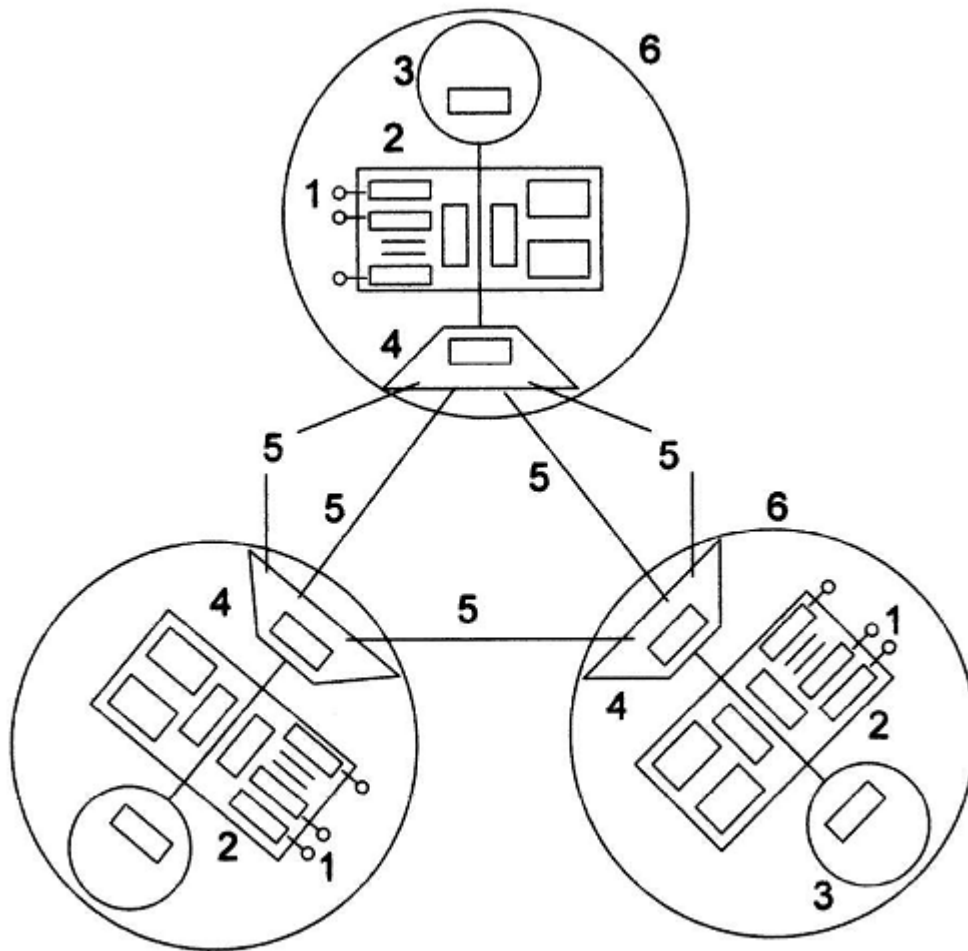
(21)	Номер заявки:	а 2012 14691	(73)	Власник(и): Манжело Валерій Олександрович , вул. Донецька, 57-а, кв. 181, м. Київ, 03151 (UA), Конельський Володимир Анатолійович , вул. Жовтнева, 1, кв. 27, м. Вишневе, 08132 (UA), Конельський Віктор Анатолійович , вул. Жовтнева, 1, кв. 27, м. Вишневе, 08132 (UA)
(22)	Дата подання заявки:	21.12.2012	(56)	Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2439500 C2, 10.01.2012 RU 2459218 C1, 20.08.2012 RU 2368872 C1, 27.09.2009 US 7818364 B2, 19.10.2010 US 7734877 B2, 08.06.2010 EP 0318270 A2, 23.11.1988 JP 2731742 B2, 25.03.1998 RU 109567 U1, 20.10.2011
(24)	Дата, з якої є чинними права на винахід:	11.07.2016		
(41)	Публікація відомостей про заявку:	25.06.2014, Бюл.№ 12		
(46)	Публікація відомостей про видачу патенту:	11.07.2016, Бюл.№ 13		
(72)	Винахідник(и): Манжело Валерій Олександрович (UA), Конельський Володимир Анатолійович (UA), Конельський Віктор Анатолійович (UA)			

(54) ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА

(57) Реферат:

Винахід належить до засобів вимірювання фізичних величин, а саме до інформаційно-вимірювальних систем, складених із пристроїв, що здатні перетворювати під час вимірювання фізичну взаємодію середовища з чутливими органами вхідних блоків цих пристроїв (давачами) у функціонально визначений електричний сигнал, а також потім останній у відповідний цифровий код (цифрове вимірювальне перетворення). Інформаційно-вимірювальна система включає давачі з вимірювальними перетворювачами та мікропроцесори з інтерфейсними пристроями, з яких сформовано основу мікропроцесорного вузла, а також канали міжвузлових зв'язків, із залученням яких у межах системи утворено автономну мережу передавання цифрових кодів, в якій мікропроцесорні вузли розподілені на окремі функціональні рівні системи і в межах кожного з цих рівнів з'єднані каналами міжвузлових зв'язків по три в одному кластері, при цьому всі мікропроцесорні вузли, приналежні кожному кластеру нижнього рівня, приєднані каналами міжвузлових зв'язків тільки до одного з мікропроцесорних вузлів більш високого функціонального рівня відповідного до цього кластера. Технічним результатом є можливість досягнення будь-якого необхідного числа задіяних у процесах вимірів швидкодіючих давачів для обслуговування реального локального технічного комплексу за умов збереження найвищих показників їх швидкодії в разі підключення до відповідних терміналів інформаційно-вимірювальної системи.

UA 111941 C2



Фиг. 1

Винахід належить до засобів вимірювання фізичних величин, а саме до систем, складених із пристроїв, що здатні перетворювати під час вимірювання фізичну взаємодію середовища з чутливими органами вхідних блоків цих пристроїв (давачами) у пропорційний електричний сигнал, а також потім останній у відповідний цифровий код (цифрове вимірювальне перетворення). Передбачені в структурі названої системи мікропроцесорні пристрої та канали зв'язку між ними забезпечують автоматичну реалізацію наперед заданої програми вимірювань та передавання отриманої інформації у вигляді потоку даних (цифрових кодів) на адресу визначених приймачів.

Інформаційно-вимірювальна система з наданими вище ознаками може використовуватися в промисловості й науково-дослідницькій діяльності при забезпеченні технічної підтримки широкого кола реальних задач вимірювання, спостереження за технічним станом об'єктів та управління. Особливістю запропонованого в заявці технічного рішення є можливість досягнення такого рівня готовності, надійності та ремонтпридатності інформаційно-вимірювальної системи й оперативності та достовірності отриманих даних, який дозволяє її використання у так званих "важких" умовах експлуатації: на сучасному автоматизованому транспорті (швидкісна залізниця та авіація), в енергетиці, у хімічній та гірничодобувній промисловості для гарантованого забезпечення високої якості метрологічного та інформаційного обслуговування визначених відповідальних технологічних об'єктів. Інформаційно-вимірювальні системи, як подальший розвиток техніки телеметричних систем, обов'язково мають канали зв'язку, що автоматично розподіляють оброблені сигнали між давачами та засобами відображення інформації. Комп'ютерна техніка використовувалась у таких системах з самого початку їх становлення, тому й сучасні мікропроцесори є заздалегідь пристосованими ефективно працювати в подібних засобах автоматизації вимірювань.

Базовим технічним рішенням, що забезпечило об'єднання відповідно обладнаних універсальних засобів вимірювання у потужну, гнучку та ремонтпридатну інформаційно-вимірювальну систему, було впровадження спеціалізованого каналу цифрового зв'язку між лабораторними приладами, відомого як HP-Bus [1, 2, 3]. У модернізованому варіанті [4] цей канал для збирання разом приладів, що мають відповідний інтерфейсний пристрій, в єдину систему автоматизованих вимірювань використовується до цього часу завдяки унікальній простоті монтування складових, включаючи "гаряче" підключення та відімкнення й видалення засобів вимірювання. Але навіть при технічній швидкості каналу до 8 (10) Mb/s через відсутність контролю помилок і гальванічної розв'язки у "загальній шині" її фактична продуктивність стає помітно меншою при збільшенні числа приладів вже більше двадцяти. Іншим суттєвим недоліком, який обмежує використання інформаційно-вимірювальної системи, що є сформованою завдяки безпосередньому електричному підключенню багатоконтактним з'єднувачем з шлейфом каналу HP-Bus всіх приладів, виявляється висока ймовірність втрати працездатності як автоматизованого комплексу через блокування всієї системи в разі несправності інтерфейсного пристрою будь-якого одного приладу, що є ввімкнутим безпосередньо в "загальну шину". Все це зменшує сферу використання такого технічного рішення в основному для оснащення дослідницьких лабораторій або діагностичних стендів, де вже заздалегідь має бути сконцентрованим необхідний парк універсальних і досить дорогих вимірювальних приладів, що мають свої специфічні вимірювальні перетворювачі високого класу точності. Тому подібну систему не слід розглядати як самостійний виріб, а лише як реалізацію технічної можливості об'єднання вимірювальних приладів різного призначення в комплекс з тимчасово встановленою загальною програмованою послідовністю вимірювальних процедур. Крім гарантованих метрологічних характеристик кожного окремого засобу вимірювання, тут ніякі інші характеристики цього комплексу фактично не регламентовано, що виключає його використання як атестованого разом з технологічним обладнанням.

Широко відома модель промислового призначення, що поклала початок стандартизованим інформаційно-вимірювальній системі у модульному виконанні КАМАК (САМАС) [5, 6, 7]. Обов'язковими складовими в такій системі є давачі з вимірювальними перетворювачами та мікропроцесори з інтерфейсними пристроями. В такому ж складі ці блоки є і у більш сучасних варіантах виробів цього типу [8]. Вони лише доповнені засобами використання інтерфейсів до найбільш вживаних сучасних каналів, наприклад, USB 2.0 (канал обміну сигналами "від точки до точки"), а також мережевих каналів з дисципліною Ethernet (підтримка протоколу Інтернет ТСРЯР). Принциповим недоліком означених вище систем є використання як основного засобу передавання сигналів "шинної" форми підключення блоків і сама конструктивна реалізація каналу зв'язку у межах базового конструктиву (крейта). Все це обмежує загальну продуктивність та не виключає за певних умов випадків повного блокування передачі сигналів і як наслідок втрату інформації про поточний режим обслуговуваного об'єкта. Показники готовності та

надійності є недостатніми для багатьох сфер застосування в комплексі з обладнанням цілодобового циклу роботи, а значні матеріальні витрати реалізації зменшують коло потенціальних користувачів.

Інші відомі інформаційно-вимірювальні системи промислового призначення, що розроблені для вдосконалення окремих якостей пристроїв подібної конструкції, оптимізуючи їх складові, нічого принципово нового в структуру і склад блоків не вносять. Ці вироби [9, 10] однак користуються великим попитом через зниження ціни їх реалізації, покращених метрологічних характеристиках та завдяки окремим перевагам у формах розгортання систем на об'єктах різного спеціального призначення.

В друкованих науково-технічних джерелах [11-15] описані загальні принципи побудови інформаційно-вимірювальних систем з використанням базових функціональних блоків, відомих із складу названих вище моделей. Метою дотримання цих принципів є оптимізація показників якості за рахунок наближення структури нових розробок до певного еталону, що було сформовано на підставі наукових досліджень. Всі описані в джерелах конструктивні особливості об'єднання блоків в систему стосуються форм зв'язків між давачами, вимірювальними перетворювачами і каналами зв'язку, що керовані засобами, сполученими з мікропроцесорами. Однак опис в цих джерелах не уточнює будь-якої нової сукупності конструктивних деталей, інших відмінностей, ніж визначено в технічній документації, яка супроводжує вже названі промислові вироби.

Незважаючи на достатню універсальність та досягнення таких якісних показників, що задовольняють більшість споживачів продукції для оснащення звичайних видів підприємств, загально наукових установ та багатьох технологічних засобів широкого вжитку, усі ці описані моделі не забезпечують гарантованого високого рівня достовірності наданої вимірювальної інформації в складних умовах експлуатації, коли обставини вимагають жорсткий мінімальний ліміт часу між послідовними актами вимірювань, нерозривність потоку даних вимірювальної інформації, стійкість до наслідків технічних та умисних руйнівних ушкоджень окремих блоків (каналів) чи тимчасової зупинки їх нормальної роботи.

Для забезпечення достовірності даних, хоча б на рівні необхідному для комерційних розрахунків за витрачені споживачами ресурси, надані постачальниками через лінії електропередач чи трубопроводи, розроблено численні варіанти інформаційно-вимірювальних систем [16, 17] для дистанційного періодичного отримання інформації з приладів обліку різних виробників, обладнаних своїми атестованими давачами і перетворювачами, коли ці прилади здатні до систематичного послідовного накопичення та відображення даних для можливого в аварійному режимі ручного введення обслуговуючим персоналом відновлених показів і корекції таким чином цифрової інформації в разі апаратного збою або тимчасового блокування чи руйнування засобів автоматизованої передачі цифрових сигналів у сегментах системи. Для таких систем технічно обґрунтований мінімальний часовий проміжок для отримання послідовності з кількох достовірних блоків даних визначається на рівні одиниць годин, а за умов відновлення інформації з втручанням ремонтно-обслуговуючого персоналу цей часовий проміжок може досягати кількох діб. Такий низький рівень оперативності виключає їх використання як досконалих засобів диспетчерського управління або ж у системах моніторингу поточного стану кількох динамічних об'єктів, що спостерігаються разом в комплексі.

Також відома модель інформаційно-вимірювальної системи для обслуговування експериментів із швидкісними (надзвуковими) малими літаючими об'єктами [18]. Особливістю тут є структурно забезпечена необхідна висока швидкодія для підтримання потрібного темпу надавання вимірюваних даних протягом усього кількох секунд за сенс (кілька десятків кадрів вимірів), коли обслуговуваний надзвуковий об'єкт знаходиться в зоні досяжності для давачів, високий гарантований показник готовності системи та задовільна достовірність отриманих даних. Цього досягнуто багатоканальністю використаних вимірювальних засобів і жорсткою синхронізацією поточних даних у єдиному загальному каналі передачі цифрових даних від груп давачів до накопичувача у мікропроцесорному пункті збирання в один масив інформаційних блоків даних (кадрів) від просторово-розподілених пунктів вимірювання акустичних сигналів. Суттєвим недоліком такої моделі є короткочасність її функціонування у певній сталій конструктивній формі. Після кожного експерименту блоки роз'єднують, окремі частини системи перепрограмувають, їх переміщують територіально і повністю монтують в нових умовах з ревізією обслуговуючим персоналом складових частин каналів зв'язку між перетворювачами, а також новим налаштуванням блоків обробки сигналів.

Мобільна система [19] для проведення дистанційних вимірювань рівня акустичних сигналів у польових умовах з вимірювальними постами, що рознесені на значні відстані від центрального поста, з яким встановлено зв'язок через середньо- або короткохвильовий радіоканал, може

бути прийнята як близький однорівневий аналог. В цій системі паралельно з передаванням визначеного обсягу цифрової інформації, що є результатом обробки первинних сигналів, які надходять від мікрофонів (давачів) до аналого-цифрових перетворювачів (вимірювальних перетворювачів), реалізовано накопичення даних у мікропроцесорній системі, що керує радіомодемом (інтерфейсним пристроєм) віддаленого вимірювального поста. Система розрахована на подовжений період функціонування в автономному режимі без операторської підтримки та в жорстких кліматичних умовах. Тому використане апаратне забезпечення є максимально спрощеним, а його метрологічні та інші характеристики є відносно низькими. В структурі системи ніяких засобів забезпечення безперервності зв'язку й контролю достовірності отриманих інформаційних сигналів не передбачено.

Близьким аналогом може також бути модель, відома з публікації [20], в якій реалізовано радіоканали передавання цифрових даних, отриманих на вісімнадцяти віддалених комп'ютеризованих пунктах спостереження, що працюють цілодобово без присутності обслуговуючого персоналу. Сигнали в єдиному потоці надходять на три централізовані пости управління, які діють синхронізовано. У цій моделі реалізовано дворівневу структуру, де давачі нижнього рівня мають альтернативні канали зв'язку з приймачами (інтерфейсними пристроями) верхнього рівня засобами усупільненого єдиного радіоканалу. Так реалізовано бездротовий варіант засобу зв'язку типу "загальна шина" з усіма його функціональними обмеженнями. Тим більше знаючи, що радіоканал як фізичний засіб передавання сигналів є принципово "широкомовним", і таким чином встановлено інформаційний зв'язок з ознакою "одночасно все - всім", то також слід зважати на те, що якимось миттєво всі інформаційні потоки можуть бути заблоковані потужним полем електромагнітних завад, наприклад, від некерованого індустриального джерела, чи значно слабшим, але прицільним постановником шумоподібних перешкод. Також, якщо дисципліна обслуговування усупільненого радіоканалу передбачає контроль наявності (відсутності) несучої частоти радіосигналу (технічний прийом, використаний в кабельній мережі Ethernet зі швидкістю 10 Mb/s), то блокування цього каналу може спровокувати навіть слабкий випадково модульований сигнал з близьким до робочого спектром випромінювання. Таке зводить до нуля достовірність оперативних вимірів в умовах критичного розгортання подій, а подібна система може працювати лише як додаткова (спостережна) для моніторингу, наприклад, поставарійного стану довкілля, якщо в конструкції не встановлені спеціальні засоби забезпечення високої надійності каналів зв'язку. Це ж для системи, де згідно з описом, відстань до давачів, що досягає 30 км, є самостійною складною технічною проблемою, для розв'язання якої мають бути задіяні додаткові структурні та методичні заходи, які в описі відсутні.

Досить близьким аналогом [21], відомим з науково-технічних джерел щодо інформаційно-вимірювальних систем, проектування яких спрямоване на одночасне досягнення високих метрологічних характеристик, значної розгалуженості у просторі великої кількості давачів з вимірювальними перетворювачами та отримання найбільшого рівня оперативності налаштувань, своєчасності й достовірності вимірювальної інформації, є унікальна за характером організаційна та апаратно-технічна розробка, описана як складова в комплексі керування електросистемою у певному районі енергопостачання. У цьому сталому за кількісним складом комплексі технічних засобів реалізовано радіально-вузловий зв'язок між вимірювальними пристроями різного призначення (в номенклатурі є метеорологічні, теплофізичні та електричні) та диспетчерськими пунктами, які відтворюють верхній рівень отримання інформаційних сигналів, і також у своєму складі мають мікропроцесори з інтерфейсними пристроями, але в основному у вигляді персональних комп'ютерів, оснащених незахищеними варіантами операційних систем і потребуючих періодичного перезавантаження для відновлення працездатності. Крім того, передбачено напівавтоматичне резервування каналів та функцій обробки інформаційних сигналів під час їх передавання до верхнього рівня системи засобами дротового зв'язку та комп'ютерних мереж (стр. 66-74, рис.4.4, 4.5; стр. 90-94, рис. 6.2 [21]). При цьому в описах реалізації системи немає жодних уточнень конструктивних особливостей, які складають ознаки нових суттєвих відмінностей побудови від інших відомих аналогів, що були згадані раніше. Складність та варіативність реалізації обумовлена лише різноманітністю вимог до окремих ланок в ланцюгах отримання та передавання обробленої інформації про поточні електрорежими об'єктів спостереження.

Як і в попередніх моделях, засоби вимірювання з'єднані зі структурними утвореннями вищого рівня за допомогою засобів формування автономної спеціалізованої мережі передавання цифрових сигналів без уточнення особливостей зв'язків, що можуть забезпечувати суттєві відмінності конструктивного та якісного рівня. У більшості розглянутих моделей така мережа передбачає відому структуру із "загальною шиною" або "багатопроточна

зірка" з можливою модифікацією у "довільне дерево" з безальтернативними напрямками передавання сигналів між передавачами та отримувачами інформації. Вказівка про використання мережі Інтернет як одного з фізичних сегментів автономної мережі інформаційно-вимірювальної системи розширюючи географічно зону розповсюдження сигналів від давачів не тільки не поліпшує якісних показників в плані існування можливих альтернативних каналів надходження пакетів із специфічною інформацією, але й суттєво підвищує рівень невизначеності поточної якості мережевого зв'язку через принципову необхідність залучення при проходженні пакетів за протоколом ТСРЛР нерегламентованих технічних засобів (проміжних серверів), технічний стан яких повністю залежить від їх власників - провайдерів (юридичних осіб), що у певний часовий інтервал трансляції даних вимірювання формують шлях проходження базової більшості корисних системних пакетів з оперативною вимірювальною інформацією.

Аналізуючи технічні рішення, які можуть нести риси аналога й відомі лише з описів до патентів, слід вказати на такі.

Інформаційно-вимірювальна система [22], яка створена шляхом реалізації способу визначення часу та координат утворення вивідних льодовиків на припаї (айсбергів), характерна тим, що для визначення комплексу необхідних суттєвих параметрів об'єкта спостереження треба одночасно й постійно мати узгодженими в часі до одиниць мілісекунд щонайменше три потоки даних з трьох територіальних станцій спостереження та додатковий фоновий рівень сейсмаактивності у віддаленій підводній зоні ґрунту. При цьому на тлі безперервних цілодобових спостережень часовий інтервал критичних подій (поштовхи, що провокують відрив маси льоду) може складати лише кілька секунд. Саме це накладає дуже жорсткі функціональні вимоги на апаратно-технічну реалізацію гіпотетичної інформаційно-вимірювальної системи, без задоволення яких конструкція невідздатна згідно з задекларованим призначенням. Вважаючи, що робота системи має відбуватися у несприятливих кліматичних умовах Арктики та в режимі відсутності обслуговуючого персоналу, розробка досконалого проекту та його втілення у формі діючої моделі складає серйозну технічну проблему.

Контрольно-вимірювальна система радіомоніторингу [23] характерна тим, що для визначення геодезичних параметрів об'єктів, що досліджуються, та які можуть переміщуватися на площі з досить великою швидкістю, слід мати не тільки стаціонарні пункти спостереження, що обладнані давачами з відповідними вимірювальними перетворювачами (спеціалізовані приймачі-пелінгатори, наприклад, Патент РФ № 2125239, МПК G01D 9/00, G01D 9/28), але є й інші одиниці рухомої техніки, і при цьому координати останніх систематично змінюються. Тому узгодження взаємного місцезнаходження засобів спостереження стає самостійною задачею, яка вирішується весь час паралельно й безпосередньо в межах загального процесу моніторингу. Саме таке спонукало авторів пропозиції передбачити в структурі не менше двох паралельних каналів для кожної станції спостереження. Кожен із засобів забезпечення каналів взаємного обміну інформацією має в своєму складі, крім вимірювальних, ще й інтерфейсні та мікропроцесорні пристрої. Утворена автономна мережа із стаціонарних та мобільних спеціалізованих засобів вимірювання має відповідати виключно високим показникам готовності, надійності та ремонтпридатності, щоб не втратити визначені параметри об'єкта, який з'являється в зоні спостереження на короткий час або цілеспрямовано змінює позицію та робочі частоти своєї активності. В описі до патенту немає жодних вказівок на засоби усунення недоліків, що можуть знижувати оперативність та достовірність при визначенні нестационарних цілей спостереження. Таке суттєво зменшує привабливість дорогої системи, ставлячи її в ряд посередніх.

Ще одна інформаційно-вимірювальна система [24] має характеристики подібні до аналога. Через високу чутливість давачів та вимірювальних перетворювачів до зовнішніх магнітних полів як завад, що виникають при нормальному штатному режимі живлення апаратури опрацювання даних вимірювання, в системі запропоновано на різних фазах часових інтервалів апаратно й структурно розмежувати акти отримання первинних даних та процедур їх подальшої обробки і трансляції для відображення. Знімання показів дійсного діючого в точці виміру магнітного поля Землі з давачів-магнітометрів проведено за умов мінімального струму живлення вимірювальної частини системи, а фіксацію даних (в межах цього технічного рішення) виконано в спеціальному аналоговому запам'ятовуючому пристрої. У другій фазі часового інтервалу відбувається зчитування потенціального сигналу з аналогового запам'ятовуючого пристрою, який є малочутливим до наведеного приладами магнітного поля, що виникає в разі вже необхідного повнострумового живлення всієї апаратури. Так своєрідно реалізовано принцип синхронізованої послідовної обробки вимірювального сигналу двома операційними структурами системи - вузлами, що мають відповідно тільки чутливі та керуючі утворення. Очевидний недолік цієї

системи у її вузько спеціалізованому спрямуванні як за методом, так і за системною реалізацією вимірювання.

Аналогом, який прийнято за прототип, є технічне рішення відоме з патенту [25], що може бути використано для побудови достатньо розвиненої у функціональному відношенні інформаційно-вимірювальної системи. Особливістю базового приладу й системи на його основі є вказана в описі працездатність із широкою номенклатурою засобів утворення каналу передавання інформаційних потоків, а також напрямків, куди саме здійснюється передавання інформації. Хоча це не відображено у формулі, бо є загально відомим на рівні принципової можливості реалізації, але в тексті опису (на Фіг. 2 до патенту [25]) присутня пряма вказівка авторів про застосування у запропонованому технічному рішенні структурних засобів "одному модулю транслявання сигналу іншого модуля на систему керування". Однак у цьому пристрою суттєві обмеження в якісних показниках, що в умовах реальної експлуатації в "жорстких" умовах все ж залишаються на низькому рівні, виникають через принципову недосконалість запропонованої структури зв'язків між окремими блоками сформованої інформаційно-вимірювальної системи (це ж є притаманним усім розглянутим раніше аналогам) та повна відсутність в структурі будь-яких інших функціональних блоків, що їх було б можливо мобілізувати для компенсації тимчасової втрати ресурсів у критичних станах системи, які виникають через локальне "логічне перевантаження" або часткову технічну відмову (програмний збій). Порушення (навіть короточасне) одного з найбільш наближених до центрального пристрою каналів зв'язку, через який в цій системі може бути спрямовано майже весь потік даних (а саме про таке і вказано в описі прототипу як позитив від спрощення) припиняє повністю надходження або ж суттєво ушкоджує безперервність та цілісність потоків даних (а також їх достовірність в разі відсутності контролю помилок як у HP-Bus). Таке порушує загальний потік інформації для усього сегмента, приєднаного в цій точці. На практиці подібне відбувається найчастіше через певне "надмірне навантаження" мікропроцесора вузла, коли за діючим фрагментом програми критичного режиму виконуються лише найбільш пріоритетні завдання по отриманню й збереженню в пам'яті у підвищеному темпі вимірювальних даних зі "своїх давачів" замість загального обслуговування каналів зв'язку, в тому числі і для більш "віддалених" користувачів. На другому місці таких дуже імовірних втрат часових ресурсів виявляються вимушені утримання ("підвіси") приймача інформації в стані очікування сигналів, підтверджуючих обмін від "збійного" пристрою в суміжному другорядному каналі. Тут незалежно від того, чи надають інші пристрої свої виміри згідно зі стимулами від внутрішніх таймерів, все ж на верхні рівні системи ці данні, якщо і надійдуть взагалі, то вже із значною затримкою, що може бути причиною критичної втрати спостережливості за обслуговуванням об'єктом та як прямий наслідок в подальшому розвиток некерованих аварійних процесів.

Іншим суттєвим недоліком прототипу є принципова неможливість вилучення (наприклад, для перепрограмування чи ремонту) із структури з гранично спрощеними зв'язками будь-яких ретранслюючих вузлів без ризику краху всієї системи вимірювань через повну втрату (на час відключення) відповідної значної частини загального інформаційного потоку.

З проведеного аналізу технічного рівня й оцінки якостей вибраних відомих аналогів стають очевидними їх обмеження швидкодії системи при виконанні вимірювальних операцій через структурно закладений спосіб доступу при опитуванні давачів; реальна можливість втрати критичних даних через тимчасові перерви у функціонуванні окремих блоків, включаючи канали зв'язку, а також відсутність передбачених в структурі технічних засобів автоматичного відновлення рівня повноцінного функціонування (інакше це потребує прямого втручання персоналу і значних часових витрат на такі дії); низький максимально досяжний рівень достовірності отриманих даних вимірювання через брак в системі альтернативних джерел надходження інформації; зниження всіх якісних показників при збільшенні "логічної відстані" між давачами та центральними структурами інформаційно-вимірювальної системи.

Загальними конструктивними ознаками найближчого аналога та інформаційно-вимірювальної системи, яка пропонується згідно із цією заявкою на отримання патенту, є те, що всі вони включають до складу давачі з вимірювальними перетворювачами та мікропроцесори з інтерфейсними пристроями, і з них сформовано основу мікропроцесорного вузла, а також канали міжвузлових зв'язків із залученням яких у межах системи утворено автономну мережу передавання цифрових кодів.

Суттю винаходу є технічне рішення для подолання раніше обговорених принципових недоліків, характерних для відомих аналогів і прототипу, а саме заходи для підвищення швидкодії, надійності та ремонтпридатності системи при одночасному поліпшенні оперативності й достовірності даних та досягнення нерозривності самого потоку цифрових кодів, що циркулюють в системі. Таке стає можливим при умові досконалої технічної реалізації

логічних зв'язків між мікропроцесорними вузлами та створення необхідного функціонального розмежування давачів відповідно до множини вимірюваних фізичних змінних. Позитивний результат отримано завдяки тому, що мікропроцесорні вузли розподілені на окремі функціональні рівні системи, і в межах кожного з цих рівнів з'єднані каналами міжвузлових зв'язків по три в одному кластері, при цьому всі мікропроцесорні вузли, приналежні кожному кластеру нижнього рівня, приєднані каналами міжвузлових зв'язків тільки до одного з мікропроцесорних вузлів більш високого функціонального рівня відповідного до цього кластера, а також для кожного з угруповань із трьох кластерів додатковими каналами міжвузлових зв'язків між самими кластерами одного функціонального рівня утворено зовнішнє замикаюче кільце так, що ці кластери з'єднані в домен даного рівня і, крім цього, діагональними міжрівневими каналами міжвузлових зв'язків кожен три мікропроцесорні вузли у межах домену підключені так, що мікропроцесорний вузол з системним індексом $\{k+1\}$ приєднано до вузла з індексом $\{(k+1)(l+1)(m+1)\}$, де значення складових k , l та m в індексі належать множині чисел 1, 2, 3 із циклічним переходом від 3 до 1 при додаванні 1.

Підвищені експлуатаційні та метрологічні характеристики інформаційно-вимірювальної системи, що мають бути отримані при використанні даного технічного рішення, забезпечують загальний позитивний техніко-економічний ефект обслуговуваних об'єктів. Таке полягає в тому, що стає можливим суттєво зменшити простой та запобігти значних витрат від аварій технологічного обладнання, які виникають завдяки недостатнім знанням про фактичний стан цього об'єкта через відсутність або низьку достовірність поточних результатів вимірів критичних параметрів. Також створюються підстави для помітної економії часу та коштів, які мали б залучатися для виконання періодичних ремонтно-профілактичних робіт, що встановлені нормативами обслуговування важливого обладнання, введеними задовго до початку експлуатації обслуговуваних об'єктів і не враховують відповідально визначених шляхом систематичних вимірів тих умов, за яких термін безаварійної роботи може ще продовжуватись.

Розроблені новітні методи діагностики та деталізованого дослідження технічного стану різних видів унікального технічного обладнання в більшості й досі використовуються як лабораторні чи стендові випробування, а не як експлуатаційні через брак надійних економічних вбудованих засобів інформаційно-вимірювального забезпечення, здатних витримувати близькі до аварійних умови функціонування безпосередньо на об'єкті. Запропоноване технічне рішення надає підстави для уникнення чи зменшення впливу конструктивно-технологічних обмежень в сфері побудови інформаційно-вимірювальних систем високої якості й надійності. Оснащення, наприклад, турбінного парку запропонованою системою дозволить використовувати такі методи робочої поточної діагностики, як формування нескінченної послідовності оцифрованих циклограм на підставі миттєвого аналізу акустично-шумових вимірювань, що досконало відображають стан навантаження лопаток роторів та ступінь зносу і люфти в опорах. Порівняння масивів даних циклограм різних періодів експлуатації надають інформацію про фактичну, а не тільки нормативну необхідність зупинки на розбирання для профілактики агрегату, яке може коштувати його власнику набагато більше, ніж встановлення необхідної кількості давачів та мікропроцесорних вузлів для проведення оперативних вимірів потрібного рівня достовірності. З використанням запропонованої інформаційно-вимірювальної системи так само очікуваним є оновлення практичних методик оцінки оперативного стану висотних будівель (веж, витяжних труб, опор і пілонів мостів та багатоповерхових будинків), коли поряд з виміром інтегральних рівнів навантаження конструкцій стануть доступними достовірні миттєві значення вимірів з тензодавачів та лазерно-коливальних давачів деформацій разом із сигналами акустично-емісійних мікрофонів в межах єдиної постійно діючої в реальних умовах системи отримання потоку діагностичної інформації.

Зображення на фіг. 1 надає функціональну схему кластера системи, сформованого з трьох мікропроцесорних вузлів з міжвузловими каналами зв'язку, що є відгалуженнями від інтерфейсних пристроїв.

На фіг. 2 відображено у вигляді розподілення на два умовних просторових шари, поданих у символічній формі суміжних функціональних рівнів та розкрито встановлений міжвузловими каналами зв'язок одного кластера нижнього рівня системи з відповідним йому мікропроцесорним вузлом вищого рівня.

Фіг. 3 показує формування в системі домена замиканням у кільце шляху передавання цифрових кодів трьох кластерів додатковими міжвузловими каналами зв'язку (потовщена лінія), а також відображено міжрівневі діагональні міжвузлові канали зв'язку (пунктирна лінія), які поєднують мікропроцесорні вузли двох суміжних функціональних рівнів у межах кластера вищого рівня.

На схемі фіг. 4 надані всі міжвузлові канали зв'язку, які складають повну автономну мережу передавання цифрових кодів для трирівневого варіанта інформаційно-вимірювальної системи. Міжвузлові канали мережі показані тут умовно як вони мають бути в проекції на площину в плані дивлячись з верхньої точки. Діагональні міжвузлові канали зображені дугами пунктирних ліній.

Фіг. 5 відображає міжвузлові канали повної автономної мережі передавання цифрових кодів, де потовщеною лінією виділена та її частина, яка відповідає оптимізованій структурі максимально виродженого (гранично спрощеного), але все ще задовільно працездатного стану системи, що виникає при блокуванні (або вилученні із структури) всіх необхідних для роботи з найвищим показником якості дублюючих один одного міжвузлових каналів зв'язку. Зображення мережі подано у вигляді умовної просторової аксонометричної проекції "будівлі" з кількох шарів для трьох функціональних рівнів системи та додаткового супервізорного вузла, який може бути включено факультативно у цій системі.

Часові діаграми на фіг. 6 представлені умовно у вигляді визначених цифровими кодами ординат в окремих кадрах для відображення процесу формування результатів процедури порівняння із резервованих блоків вимірюваних даних, отриманих групою давачів, що забезпечують виміри одного з параметрів на трьох функціональних рівнях системи.

Підключення засобів сприймання змін фізичних величин як вимірюваних параметрів виконано за відомою схемою, що широко використана в багатьох діючих мікропроцесорних системах.

Чутливими (сенсорними) елементами запропонованої системи є давачі 1 (Фіг. 1), що приєднані до відповідних вимірювальних перетворювачів 2. Виходи вимірювальних перетворювачів у свою чергу приєднані до вхідних пристроїв (наприклад, приймальних реєстрів, зображених прямокутниками), керованих мікропроцесором 3 через наявні в типовій конструкції мікропроцесорного комплексу специфічні шини сигналів керування рухом вхідних даних. Також до мікропроцесора 3 приєднаний через набір його внутрішніх шин інтерфейсний пристрій 4, від якого відгалужені лінії передавання цифрових кодів, що утворюють канали зв'язків 5. Кожний комплекс функціональних блоків 1-4 існує в цій системі як основа її мікропроцесорного вузла 6, в складі якого можуть також бути інші блоки (наприклад, для індикації, внутрішньої діагностики та подібні), що не впливають на конструкцію інформаційно-вимірювальної системи згідно з даним технічним рішенням. Канали зв'язків 5, що виходять з інтерфейсного пристрою 4 одного мікропроцесорного вузла 6 і закінчуються приєднаними до такого ж інтерфейсного пристрою іншого мікропроцесорного вузла, є каналами міжвузлових зв'язків.

Три канали 5 міжвузлових зв'язків з'єднали між собою три мікропроцесорних вузли 6 в єдине конструктивне угруповання, яке в цьому описі носить назву "кластер". В межах кластера кожний з його мікропроцесорних вузлів 6 є підключеним до двох сусідніх так, що реалізовано надсилання та приймання від них цифрових кодів через канали 5 міжвузлових зв'язків та інтерфейсні пристрої 4 незалежно від технічного стану або режиму активності того з вузлів 6 кластера, який в цю мить не приймає участі в поточному інформаційному обміні. Така можливість фізичної ізоляції та інформаційної незалежності є базовою особливістю "логічних каналів" типу "від точки до точки" (наприклад, стандартних каналів з протоколом RS 232, USB, SATA та ін., або ж спеціально сформованих виділенням в окремі підканали частотним, фазовим чи часовим розподілом ресурсу із загального радіоканалу). Якщо канали 5 міжвузлових зв'язків виконанні як спеціалізовані для такої системи з використанням окремих відрізків тонкого оптично-волоконного кабелю та лазерно-діодних електрооптичних перетворювачів на їх кінцях, то гранична продуктивність передавання цифрових кодів може бути піднята до рівня у 10 Gb/s з досягненням практично повної нечутливості до сильних електромагнітних полів завад, які найчастіше діють на потужних енергетичних агрегатах та у дослідницьких установках з керованим іонно-плазмовим розрядом.

Уся множина наявних у системі мікропроцесорних вузлів 6 розподілена на функціональні рівні, і тут з них виділено умовно вищі та нижчі угруповання відповідно окреслені позиціями 7 та 8 (Фіг. 2) за ступенем їх "логічного наближення" до центральних структур інформаційно-вимірювальної системи. Кластер з трьох мікропроцесорних вузлів 6 на нижчому функціональному рівні 8 приєднаний лише до одного мікропроцесорного вузла у кластері на вищому рівні 7. Підключення, що забезпечує взаємний обмін цифровими кодами, виконано шляхом з'єднання трьох інтерфейсних пристроїв 4, приналежних до трьох мікропроцесорних вузлів 6 кластера нижнього рівня, каналами міжвузлових зв'язків 9 до одного вузла 6 на вищому рівні, які у цьому разі виступають як "прямі міжрівневі" канали. Використання каналів 9 міжвузлових зв'язків забезпечено трансляцію даних (цифрових кодів), отриманих від давачів 1, приналежних будь-якому з мікропроцесорних вузлів кластера на рівні 8 до мікропроцесорного

вузла 6 на рівні 7. Таке надає постійний інформаційний зв'язок трансляванням цифрових кодів через один безпосередній шлях, а також через будь-які чотири альтернативні шляхи з "логічною відстанню" (кількість задіяних каналів у ланцюгу передавання) відповідно від двох до трьох.

Додатковими каналами 10 міжвузлових зв'язків (Фіг.3, потовщена лінія) з'єднано мікропроцесорні вузли 6 суміжних кластерів, приналежних одному логічному рівню, в одне угруповання, що в цьому описі назване "домен" певного рівня. З'єднання каналами 5 та 10 міжвузлових зв'язків виконано так, що вони підключені послідовно по черзі. Тоді на кінцевому кроці вказаного підключення стає утвореним постійно існуючий спільний для трьох кластерів кільцевий шлях з шести каналів (5, 10, 5, 10, 5, 10) міжвузлових зв'язків для передавання цифрових кодів між будь-якою парою вузлів 6 цього домену завдяки трансляції даних вузлами-посередниками із числа задіяних в кластері. Запропонована форма встановлення з'єднань між собою наявних мікропроцесорних вузлів 6 надає загалом більше трьох десятків варіантів напрямків передавання цифрових кодів вимірів від давачів 1 будь-якого з вузлів 6 рівня 8 до інших мікропроцесорних вузлів на рівні 7, забезпечуючи при цьому цифровий зв'язок з "логічною відстанню" від одного до шести залежно від комбінації задіяних мікропроцесорних вузлів 6 на шляху "передавач-отримувач".

В запропонованій формі побудови автономної мережі передавання цифрових кодів між мікропроцесорними вузлами 6 системи (її фрагмент подано на фіг. 3) виконано з'єднання також і за допомогою додаткових "діагональних міжрівневих" каналів 11 міжвузлових зв'язків (показані потовщеною пунктирною лінією). Канали 11 міжвузлових зв'язків з'єднують три мікропроцесорні вузли 6 кластерів одного з доменів на нижньому функціональному рівні, які не задіяні в формуванні кільцевого шляху за допомогою каналів 5 та 10, із закономірно визначеними трьома мікропроцесорними вузлами 6 одного кластера вищого рівня.

Ефективне передавання й отримання цифрових кодів у довільному напрямку між усіма передавачами та отримувачами інформації в будь-якій з відомих реалізацій багатовузлових цифрових мереж забезпечено тим, що кожний з вузлів має свою "мережеву логічну адресу", тобто унікально визначений специфічний код, який у кожному акті передавання інформації є її необхідним атрибутом. Згідно із запропонованим технічним рішенням унікальне значення цього "адресного коду" є сформованим з врахуванням визначених для всієї структури системних індексів кожного з її мікропроцесорних вузлів 6. Системні індекси в описі представлені множиною змінюваних цифрових комбінацій, узагальнено записаних через послідовність із взятих разом символів k , l та m (для відмінності від інших позначень системний індекс в тексті опису та кресленнях взято у фігурні дужки). Сукупність цифрових символів в системному індексі залежать від місця вузла 6 в кластері мікропроцесорних вузлів i домену (для l), до якого він належить, а також функціонального рівня угруповання цих частин (для k) в структурі інформаційно-вимірювальної системи. Вищі рівні мають в системному індексі k меншого значення, ату межах одного кластера поступово збільшується при обході його вузлів 6 по колу, рухаючись за годинниковою стрілкою. Дотримуючись вказаних вище обумовлень, регулярність встановлення з'єднань за допомогою каналів 11 міжвузлових зв'язків, які на фіг. 3 зображено потовщеним пунктиром, для відповідних вузлів 6 задано такою закономірністю: "Мікропроцесорний вузол 6 з системним індексом $\{k\ l\ t\}$ приєднано каналом 11 до іншого вузла з індексом $\{(k+1)\ (l+1)\ (m+1)\}$, де значення складових k , l та m в індексі належать множині чисел 1, 2, 3 із циклічним переходом від 3 до 1 при додаванні 1".

В межах фрагмента автономної мережі передавання цифрових кодів запропонованої інформаційно-вимірювальної системи, поданого на фіг. 3, де для спрощення відображено лише один кластер верхнього рівня та один домен на нижньому рівні, кількість можливих шляхів передавання цифрових кодів вимірювальної інформації від кожного довільно вибраного мікропроцесорного вузла 6 до іншого такого ж вузла системи визначається сотнями альтернативних варіантів, і при цьому "логічна довжина" найдовшого ланцюга не перевищує одинадцяти. При можливому "найтяжчому одночасному" блокуванні (чи навіть руйнуванні) від п'яти до семи з багатьох існуючих каналів 5, 9, 10 чи 11, що можуть діяти як альтернативні канали формування шляхів для міжвузлових зв'язків, загальний потік даних між мікропроцесорними вузлами 6 не зникає, тобто стає забезпеченою нерозривність потоку вимірювальної інформації. Лише можлива відносно невелика в порівнянні із циклом вимірювань надмірна часова затримка через автоматичне включення додаткових ланок у зміненій конфігурації послідовності каналів для ретрансляції цифрових кодів, яка загалом не перевищує десяти системних квантів часу трансляції (тут квант трансляції визначає затримку на виконання однієї закінченої процедури передавання кодів між двома суміжними мікропроцесорними вузлами 6).

На фіг. 4 відображена вся кількість каналів 5, 9, 10 та 11 міжвузлових зв'язків, яка відповідає повному складу із технічних засобів запропонованої інформаційно-вимірювальної системи, що має як одну з можливих досконалих структуру трирівневої організації. Зображення на цій схемі фіг. 4 каналів міжвузлових зв'язків надане в проекції на площину в плані при погляді з верхньої точки. На схемі фіг. 4 мікропроцесорні вузли 6 для спрощення графіки креслення показані без умовного кола і подані лише як символічне закінчення кількох відрізків прямих ліній для каналів 5, 9 та 10 чи дуг з пунктирних ліній для вирізнення діагональних каналів 11. В цих місцях в системі вузли 6 мають бути підключеними їх інтерфейсними пристроями 4. Також мікропроцесорні вузли 6 визначені за допомогою своїх системних індексів, записаних цифрами у фігурних дужках (як рядок символів специфічного тексту) для відмінності від цифрових позицій блоків, що їх подано в описі системи.

Кожне з базових утворень блоків мікропроцесорного вузла 6 загалом може забезпечити можливість періодичного опитування до кількох сотень давачів 1, обслуговування паралельно кілька десятків вимірювальних перетворювачів 2 та трансляцію даних інтерфейсними пристроями 4 у шести напрямках. Дев'ять кластерів із мікропроцесорних вузлів 6 (усього тут є двадцять сім мікропроцесорів 3 та їх інтерфейсних пристроїв 4) в показаних на схемі фіг. 4 трьох доменах на найнижчому рівні підключено сукупністю із тридцяти шести каналів 5, 9, 10 та 11 загалом до дев'яти мікропроцесорних вузлів 6 домену вищого за попередній (другого) рівня. Цей домен, що як і всі в запропонованій системі також має мікропроцесорні вузли 6, що оснащені своїми давачами 1 та вимірювальними перетворювачами 2, підключено до мікропроцесорних вузлів 6 кластера самого верхнього (першого) рівня за допомогою дванадцяти міжрівневих каналів 9 та 11.

Конструкція запропонованої інформаційно-вимірювальної системи передбачає можливість (це як варіант подальшого розвитку її структури) використання на спеціальному супервізорному рівні (вище першого) окремого спеціалізованого мікропроцесорного вузла 12 (Фіг. 5). Цей вузол, як правило, не несе в складі його комплексу блоків для обслуговування вимірювальних перетворювачів 2 з давачами 1. Коли його введено до інформаційно-вимірювальної системи, то для досягнення відповідної якості він має бути оснащеним високопродуктивними засобами обчислення й відображення інформації, наприклад, багатоядерним мікропроцесором з вбудованою чи окремою потужною графічною станцією. Таке забезпечує формування для архівації та відображення досконалих за формою орієнтованою для сприйняття людиною-оператором образів, характерних для різних режимів типового стану обслуговуваного об'єкта з індикацією можливих відхилень та керуючих рекомендацій.

Мікропроцесорний вузол 12 своїм інтерфейсним пристроєм 4 підключений до трьох мікропроцесорних вузлів 6 кластера першого рівня тільки трьома каналами 9 міжвузлових зв'язків. Таким чином для такого супервізорного рівня завжди є до трьох альтернативних каналів 9 зв'язку мікропроцесорного блока 12 з вузлами 6 кластера на першому функціональному рівні, а також від десяти до тридцяти двох каналів 9 та 11 міжвузлових зв'язків з мікропроцесорними вузлами 6, що формують шляхи передавання вимірювальної інформації, яка виникає на другому та третьому рівнях.

Важливою конструктивно-технологічною особливістю інформаційно-вимірювальної системи, що створена згідно із запропонованим технічним рішенням, є те, що вона допускає існування повністю дієздатної, і одночасно гранично спрощеної форми реалізації, коли між мікропроцесорними вузлами 6 фактично задіяні тільки по одному закономірно визначеному каналу зв'язку від одного до іншого інтерфейсного пристрою 4. Саме така форма з'єднань каналами відображена потовщеною лінією на фіг. 5. Задіяними тут є канали міжвузлових зв'язків усіх існуючих груп: 5, 9, 10 та 11, і вони у певній черговості підключення загалом надають повний зв'язок з усіма мікропроцесорними вузлами 6, а як наслідок доступність всіх без винятку давачів 1 та вимірювальних перетворювачів 2.

При виробничому встановленні безпосередньо на об'єкті стає можливою початкова побудова гранично спрощеної форми реалізації, а в подальшому її розгортання до стану повністю розвиненої системи з багатьма додатковими каналами. Саме з формування вказаного на фіг. 5 потовщеною лінією цього "головного набору" каналів, їх тестування та налаштування програмованих мікропроцесорних вузлів 6 на просування корисної вимірювальної інформації цим визначеним шляхом як "головним резервним" починає працювати система при її ініціалізації. У такій мінімальній формі структура інформаційно-вимірювальної системи не є оптимальною як для "логічної відстані" до давачів, але все ж вона забезпечує їх повну досяжність. Тобто у кластері мікропроцесорних вузлів 6 на верхньому рівні завжди є присутніми результати вимірів від усіх без винятку давачів 1. З подальшим підключенням альтернативних каналів дублюючих одне одного залежно від досягнення потрібного проміжного значення

надійності та ремонтпридатності, що кількісно визначена у технічному завданні на розробку реальної системи на послідовних етапах, відбувається подальший цілеспрямований розвиток системи в напрямку поліпшення її метрологічних та інших експлуатаційних характеристик. Очевидно, що їх найкращі значення забезпечує тільки повна форма реалізації.

5 З іншого боку, функціональна здатність повністю чи частково розгорнутої системи все ж зберігається із певним зниженням показників аж доки її поступова деградація через тимчасове блокування чи втрату каналів 5, 9, 10 та 11, а також частини мікропроцесорних вузлів 6 не досягне рівня характерного для мінімальної форми. Така структурно обумовлена нечутливість до рівня працездатності окремих частин гарантує високу "живучість" інформаційно-
10 вимірювальної системи та її стійкість до випадкових (технічних) чи умисних ушкоджуючих впливів. Це також надає принципову можливість "гарячого" видалення та наступного встановлення на попереднє місце блоків (каналів), які потребують невідкладних ремонтів чи обслуговування, якщо в їх конструкції було передбачено спеціальні засоби "неруйнуючого" вмикання (наприклад, опто-електронні пари тощо).

15 Підвищена достовірність вимірювальної інформації досягнута тим, що давачі 1 розміщені на об'єкті так, що вони окремо й незалежно надають одночасні виміри будь-якого одного з досліджуваних параметрів, які таким чином завжди є дубльованими потрібні завдяки тому, що їх сформовано незалежно на трьох функціональних рівнях системи. Це зроблено можливим через передбачений в конструкції системи розподіл для всіх відокремлених давачів 1, які
20 належать до мікропроцесорних вузлів 6 відповідно нижнього (третього), середнього (другого) та вищого (першого) функціональних рівнів, таким чином, що для кожного з параметрів спостереження ці три давачі з різних функціональних рівнів є розташованими в одній вимірній зоні обслуговуваного об'єкта, і тому на їх чутливі частини (сенсори) весь час діють максимально наближені між собою фізичні фактори, стан яких має відображатися у формі цифрових кодів. Відмінність може полягати лише в тому, що частота опитування давачів 1 або ж частота
25 квантування при аналого-цифровому перетворенні сигналів з самих давачів закономірно знижена для верхніх рівнів, де згідно з конструкцією зосереджена відносно менша кількість мікропроцесорних вузлів 6 і має бути застосованим мультиплексорне підключення давачів 1 до вимірювальних перетворювачів.

30 Встановлене конструктивно в цій інформаційно-вимірювальній системі постійне співвідношення між цифровими кодами, отриманими шляхом програмованої обробки вимірів з трьох відокремлених давачів 1 будь-якої однієї з діючих фізичних змінних для одного з вимірюваних параметрів пояснюють зображення на фіг. 6. На графіках у вигляді умовних часових діаграм (ордината пропорційна значенню цифрового коду) показана хронологія надходження сигналів для взаємодії блоків при порівняльній верифікації отриманих
35 вимірювальних даних. Умовні графіки 13, 14 та 15 подають зміну в часі одного з досліджуваних параметрів, як вони відображені у цифрових кодах протягом одного поточного кадру вимірювання, що відбувається із залученням трьох мікропроцесорних вузлів 6 відповідно на нижньому (третьому), середньому та вищому (першому) рівнях. Графік 16 показує репліку (як копію змісту чарунок запам'ятовуючого пристрою вузла 6) кадру вимірювання, який отримано мікропроцесорним вузлом 6 на середньому функціональному рівні від вузла нижчого рівня по міжвузловому каналу 9 міжвузлових зв'язків. На графіках 17, 18 та 19 надані кадри цифрових відображень зміни цього ж параметра на об'єкті, якими вони послідовно (репліки кадрів)
40 надходять до запам'ятовуючого пристрою мікропроцесорного вузла 6 по різних каналах 9 міжвузлових зв'язків з мінімальною технічною затримкою на трансляцію кодів. Точки 20, 21 та 22 на графіку - це умовні значення ординат величини вимірюваного параметра, які отримані від відокремлених давачів 1, і вони надійшли можливо й альтернативними шляхами (канали 5, 9, 10 та 11) з різних функціональних рівнів системи, але є близькими між собою, що відповідає найбільш імовірному відображенню фактичного рівня фізичної змінної як цього поточного
45 значення параметра на самому об'єкті.

Відсутність з яких-небудь технічних причин одного чи навіть двох з числа кадрів 13, 14 або 15 вимірів знижує точність, достовірність та часову відповідність кінцевих відображень первинних фізичних величин, але в запропонованій системі це не призводить до відсутності
50 самого сьогочасного значення виміру взагалі у цьому кадрі на верхньому рівні. Тобто за будь-яких реальних перешкод у функціонуванні системи завжди є наявним поточний вимір параметра, і потік Даних не переривається. Графіки 23, 24 та 25 - то є наступні кадри вимірів, що сформовані як незалежні відповідно на третьому, другому та першому функціональних рівнях.

Множина чутливих (сенсорних) частин давачів 1 постійно знаходиться під впливом фізичних
60 факторів вимірюваних параметрів об'єкта спостереження, які через особливості спеціально

створеної конструкції самих давачів закономірно змінюють їх прохідний електричний струм або напругу на вихідних клемах. Завдяки прямому з'єднанню з відповідними входами вимірювальних перетворювачів 2 останні формують вихідний цифровий код, що в кожному акті вимірювання є безпосереднім відображенням самої фізичної величини та множини випадкових миттєвих фізичних дій на сенсор (завад, шумів тощо), а також методичної недосконалості засобів аналого-цифрового перетворення. Саме такий цифровий код є зафіксованим у реєстровому пристрої мікропроцесора 3 і у подальшому має бути оброблений разом з усіма іншими послідовно отриманими цифровими кодами згідно з локальною комп'ютерною програмою цього мікропроцесорного вузла 6. Результатом обробки стає масив даних (теж цифрових кодів), які накопичуються у запам'ятовуючому пристрої мікропроцесора і цілеспрямовано через інтерфейсний пристрій 4 передаються у канали 5 міжвузлових зв'язків до відповідних мікропроцесорів 3 через інтерфейсні пристрої 4 їх мікропроцесорних вузлів 6. В подальшому отримані від суміжних, вузлів цифрові коди та коди від власних вимірювальних перетворювачів, затримуючись на деякий час в запам'ятовуючих пристроях мікропроцесорного вузла 6 і тому досяжних для локального відтворення (зчитування) та обробки програмою для мікропроцесора, спрямовуються далі у напрямку центральних структур вимірювальної системи. Комплекс узгоджено працюючих локальних комп'ютерних програм/усіх мікропроцесорів (послідовність процедур поточної обробки отриманих даних вимірювань) має реалізації алгоритмів фільтрації завад та шумів, компенсації методичної та випадкової динамічної втрати точності за умов сталого прогнозованого або закономірно змінюваного режиму обслуговуваного об'єкта спостереження. В запропонованій системі, крім цього, передбачено автоматичний запуск додаткових процедур або цілого комплексу програм для зменшення негативних наслідків окремих відмов функціональних блоків системи, включаючи канали зв'язку та програмні збої. Суттєвою відмінністю від відомих реалізацій інформаційно-вимірювальних систем в даному технічному рішенні передбачено цілеспрямовано утворену гарантовану оптимально необхідну структурно-апаратну та функціональну надмірність засобів обробки та передавання цифрових кодів, яку в разі потреби миттєво мобілізують для автоматичного маневрування наявними ресурсами, що відповідають позитивному рівню поточних нормам їх дієздатності.

Відомо, що у складних пристроях із застосуванням програмованої цифрової (обчислювальної) техніки функціонально дискредитованим може стати будь-який фізично неушкоджений й технічно досконалий вузол із блоків, який за поточних умов виконання послідовності кількох процедур у реальному часі саме в цю мить не відповідає позитивно на запит про його готовність, наприклад, через знаходження в стані очікування надходження даних від суміжного пристрою. Тому він службовою програмою реконфігурації має бути автоматично виключеним з множини наявних ресурсів, активованих для даного етапу виконання спільного обчислювального завдання, щоб не спровокувати подальше поширення стану відмови нормальної дієздатності або ж подовження тимчасового простою інших ресурсів. Дезактивований вузол блоків автоматично замінюють іншим з наявного резерву. На наступних етапах такий функціональний вузол також автоматично знову включають до складу спільних ресурсів. Саме такий спосіб вимушеної дезактивації та наступної активації ресурсів реалізовано в запропонованій системі за рахунок цілеспрямованого переключення на один з можливих нових шляхів трансляції даних та використання проміжного накопичення й дублювання даних у суміжних мікропроцесорних вузлах 6. Позитивною особливістю цієї інформаційно-вимірювальної системи є відсутність так званого "пасивного резерву" як у більшості відомих резервованих систем, бо тут всі мікропроцесорні вузли 6 є постійно задіяними у виконанні поточних вимірювальних процедур, всі вони забезпечують структурне підвищення метрологічних характеристик, а також усі тимчасово зберігають частку поточних даних, отриманих від інших вузлів 6 в межах кластеру та домену і постійно керують активністю всіх каналів зв'язку в системі.

Конструкція інформаційно-вимірювальної системи забезпечує отримання цифрових відображень фізичних змінних (вимірів параметрів) паралельно на всіх трьох функціональних рівнях так, що практично одночасно існують щонайменше три незалежних величини одного виміру параметра, надані взаємно ізольованими давачами 1, що розташовані в одній вимірювальній зоні, і всі вони разом відображають один спільний та синхронізований потік даних. Наприклад, три термопари, розміщені поряд в одному струмені технологічної рідини певного обладнання, досконало й надійно відображають всі зміни температури з урахуванням особливостей фізичної реалізації об'єкта, коли інтервал між послідовними їх опитуваннями задано коректно. В іншому випадку для досконалого відображення коливального процесу за допомогою трьох давачів, що розташовані навіть на мінімальній відстані, вже мають бути враховані фазові відмінності через кінцеву швидкість розповсюдження, наприклад, акустичної

хвилі в технологічному середовищі. В подібній ситуації додаткові канали зв'язку між мікропроцесорними вузлами 6, що не транслюють в цей момент в прямому напрямку потік вимірювальної інформації, передбачено використовувати як засіб для гнучкої синхронізації, і через них постійно у вигляді цифрових кодів направляти змінні поточні налаштування та сформовані автоматично на підставі порівняння незалежних вимірів тимчасові величини коригування систематичних похибок.

Давачі 1 та вимірювальні перетворювачі 2, які обслуговує мікропроцесор 3 вузла 6 нижнього рівня, надають цифрові відображення (кадри 13) досліджуваного параметра у максимальному технічно обґрунтованому темпі. Через канали 9 міжвузлових зв'язків копії отриманих цифрових кодів, що тимчасово схоронені в запам'ятовуючому пристрої, надсилаються до вузла 6 вищого рівня, а також як активний резерв даних через канали 5 вони надходять до суміжних мікропроцесорних вузлів 6 свого ж кластера. В нормальному режимі виміри (кадри 16) цього параметра як копії виміру у кадрах 13 з нижнього рівня отримують з невеликою затримкою на час виконання прямої міжрівневої трансляції. В умовах виявленої тимчасової відмови (блокування) будь-якого з каналів 9 кадр 16 все одно буде повністю сформованим, нехай і з більшою поточною затримкою, яка тепер потрібна для трансляції резервної копії з іншого мікропроцесорного вузла 6 кластера нижчого рівня. Вимірам кадру 16 передують виміри кадру 14, які надійдуть від давачів 1 мікропроцесорних вузлів 6 функціонального рівня, де формується сукупність кадрів 16 та 14. Обидва кадри несуть кількісну інформацію про характер поточної зміни одного й того ж параметра, тому їх автоматичне порівняння підвищує достовірність в разі співпадання кодів чи вірогідного наближення обох значень (з поправкою на похибку через обмежену технічну точність давачів та невелику часову розбіжність актів вимірювань в кадрі). Так само сформовано кадри 17-19 на найвищому рівні системи. Окрім копій кадру 14 у вигляді кадру 18 та кадру 16 (він же репліка кадру 13), що тут відповідають кадру 19, буде присутнім кадр 15 вимірів давача 1, приналежного саме цьому функціональному рівню як вищому. Зібрані разом у запам'ятовуючому пристрої мікропроцесорного вузла 6 кластера вже цього рівня виміри 17, 18 та 19 будуть відповідно резервовані у суміжних вузлах 6 цього кластера трансляцією каналами 5 та паралельно оброблені за відповідною програмою аналізу даних, включаючи їх порівняння між собою. Наявність одночасно трьох реплік усіх трьох кадрів 13, 14 та 15 (це є кадри 19, 18 та 17) надає реальну можливість в кожному з незалежно функціонуючих вузлів 6 цього рівня застосувати програмні реалізації із різних методик кінцевої обробки надісланих поточних даних з остаточним порівнянням сформованих результатів для суттєвої мінімізації завжди присутньої у будь-яких вимірах фізичних величин методичної недосконалості та випадкових складових діючих факторів.

Отримані на найвищому рівні досконало сформовані (алгоритмічно фільтровані та синхронізовані в часі з урахуванням кількості актів ретрансляції каналами 5, 9, 10 та 11, які було виконано для просування кожного з поточних кадрів 13-19) ці дані стають основою формування масиву достатньо верифікованих цифрових відображень параметрів (ординати точок 20-23 поточного кадру у графіку зміни досліджуваної фізичної величини) в реальному часі роботи обслуговуваного об'єкта. В подальшому ці виміри реального часу, відповідним чином атрибутовані за локалізацією давачів 1, відліком системного часу та типовим режимом обслуговуваного об'єкта, мають бути використані для формування досконалої цифрової моделі обслуговуваного об'єкта. На підставі періодичного порівняння з даними цієї моделі стає можливим виявити негативну динаміку змін фактичного технічного стану всього технологічного обладнання. При цьому фактичний технічний стан може бути визначено з високим рівнем наближення завдяки гарантованим на великому часовому інтервалі метрологічним характеристикам, високій достовірності отриманих даних та реалізації через достатність обчислювальних ресурсів алгоритмічно досконалих програм одночасної паралельної обробки поточної вимірювальної інформації.

Бібліографічні дані джерел інформації

1. IEEE-488.1. Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation.
2. IEC-625. General Purpose Interface Bus (GPIB), (стандарт МЭК 625.1).
3. ГОСТ 26.003-80. Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией, "Многопроводный магистральный канал общего пользования".
4. IEC/IEEE Standard for Higher Performance Protocol for the Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation-Part 1: General (Adoption of IEEE Std 488.1-2003).
5. EUR 4600E. CAMAC. Organization on Multicrate System. Specification of the Branch Highway and CAMAC Gate Controller "Type A". ESONE Committee, 1972.

6. ГОСТ 26.201-80. Система КАМАК. Крейт и сменные блоки. Требования к конструкции и интерфейсу.
7. Трехцинский Р. Система САМАС и ее применение. Новости ИАИ № 3 (32), 1980, с. 8-14.
8. Система сбора данных и управления с интерфейсами USB 2.0 и Ethernet (TCP/IP),
- 5 Крейтовая система LTR (<http://www.lcard.ru/ltr.php3>).
9. Универсальная система сбора данных EDX-100A (<http://www.nko-kazan.ru/katalog/sistemy-sbora-dannyh/sistemy-sbora-dannyh-proizvoditel-kyowa-japonija/universalnaya-sistema-sbora-dannyh-edx100a-sistema-sertifitsi.html>).
- 10 Система сбора данных и коммутации 34970A (Agilent Technologies)
- 10 (<http://www.astena.ru/34970a.html>).
11. Мирский Г. Я. Микропроцессоры в измерительных приборах, Радио и связь, 1984. - 160 с. ил. (стр.50, 92).
12. Шлет М. Тенденции индустрии встроенных микропроцессоров // Открытые системы. 1998. № 6.
- 15 13. Крюков В.В. Информационно-измерительные системы, Учебное пособие. Владивосток. ВГУЭС, 2001. 201 с. стр. 9, рис. 1.1) (IISBook.pdf).
14. О.Н. Пьявченко, А.Е. Панин, Е.А. Мокров, Принципы построения и архитектура перспективных информационно-измерительных систем мониторинга, диагностики и управления на базе интеллектуальных датчиков УДК 621.3.049.77+681.586;
- 20 (<http://www.microsystems.ru/files/publ/492.htm>).
15. Теорія інформації (інформаційно-вимірювальні системи, похибки, ідентифікація): навчальний посібник / П.Д. Стухляк, О.В. Іванченко, А.В. Букетов, М.А. Долгов. - Херсон: Айлант, 2011. - 371 с.
16. Система сбора данных M-Bus - (производитель: Hydrometer.
- 25 http://antap.com.ua/index.php?p1=products&p2=supplier&vendor=Hydrometer&i d=m-bus_hydrometer).
17. "Система сбора информации телеметрическая (ССИТ) ИНДЕЛ": Изделие (сертификат №1/5500-2) изготавливается согласно ТУ РБ 14590353.001-99 (www.indel.by/ru/tele/telemindel).
18. Система сбора и обработки данных с пространственно-разнесённых измерительных пунктов/ Ефремов А.С., Молотова А.Ю., Роголин И.В. / ЗАО "НТЦСМ", Московский государственный институт электроники и математики, ЗАО "Компьюлинк" (<http://systech.miem.edu.ru/2004/n2/Efremov.htm>).
- 30 19. С. Алпатов, С. Гончаров, В. Сайкин, Г. Хисметова. Цифровая мобильная система для сбора акустической информации (www.cta.ru/cms/f/326751.pdf).
20. О.Н. Семененя. Информационно-измерительная система "Кольцо" (система радиэкологического мониторинга ОП Запорожской АЭС) Dysnai-2002. (<http://www.dysnai.org/Reports/2000-2004/2002/9.pdf>).
21. Чичёв С.Ив., Калинин В.Ф., Глинкин Е.Ив. Информационно-измерительная система центра управления электрических сетей, Москва, Машиностроение.- 2009. 111 ст. с ил.,
- 40 (glinkin_h. pdf.)
22. Патент РФ № 2427011 МПК G01V11/00 (2006.01) Способ определения времени и координат места образования айсбергов выводных ледников (<http://www.findpatent.ru/patent/242/2427011.html>).
23. Патент РФ № 2459218 МПК G01S5/04 (2006.01) Контрольно-измерительная система радиомониторинга (<http://www.findpatent.ru/patent/245/2459218.html>).
- 45 24. Патент РФ № 2368872 МПК G01C21/08 (2006.01) Бортовое устройство для измерения параметров магнитного поля земли (<http://bd.patent.su/2368000-2368999/pat/servlet/servlet293a.html>).
25. Патент РФ № 2439500 МПК G01D7/00 (2006.01) Универсальный модуль
- 50 информационно-измерительной системы (<http://www.findpatent.ru/patent/243/2439500.html>).

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Інформаційно-вимірювальна система, що включає датчики (1) з вимірювальними перетворювачами (2) та мікропроцесори (3) з інтерфейсними пристроями (4), і з них сформовано основу мікропроцесорного вузла (6), а також канали міжвузлових зв'язків із залученням яких у межах системи утворено автономну мережу передавання цифрових кодів, яка **відрізняється** тим, що мікропроцесорні вузли (6) розподілені на окремі функціональні рівні системи і в межах кожного з цих рівнів з'єднані каналами міжвузлових зв'язків (5) по три в одному кластері, при цьому всі мікропроцесорні вузли (6), приналежні кожному кластеру нижнього рівня, приєднані каналами міжвузлових зв'язків (9) тільки до одного з мікропроцесорних вузлів більш високого функціонального рівня відповідного до цього кластера, а також для кожного з угруповань із трьох кластерів додатковими каналами міжвузлових зв'язків (10) між самими кластерами одного функціонального рівня утворено зовнішнє замикаюче кільце так, що ці кластери з'єднані в домен даного рівня і, крім цього, діагональними міжрівневими каналами міжвузлових зв'язків (11) кожен три мікропроцесорні вузли у межах домену підключені так, що мікропроцесорний вузол (6) з системним індексом $\{k \mid l \mid m\}$ приєднано до вузла з індексом $\{(k+1) \mid (l+1) \mid (m+1)\}$, де значення складових k , l та m в індексі належать множині чисел 1, 2, 3 із циклічним переходом від 3 до 1 при додаванні 1.

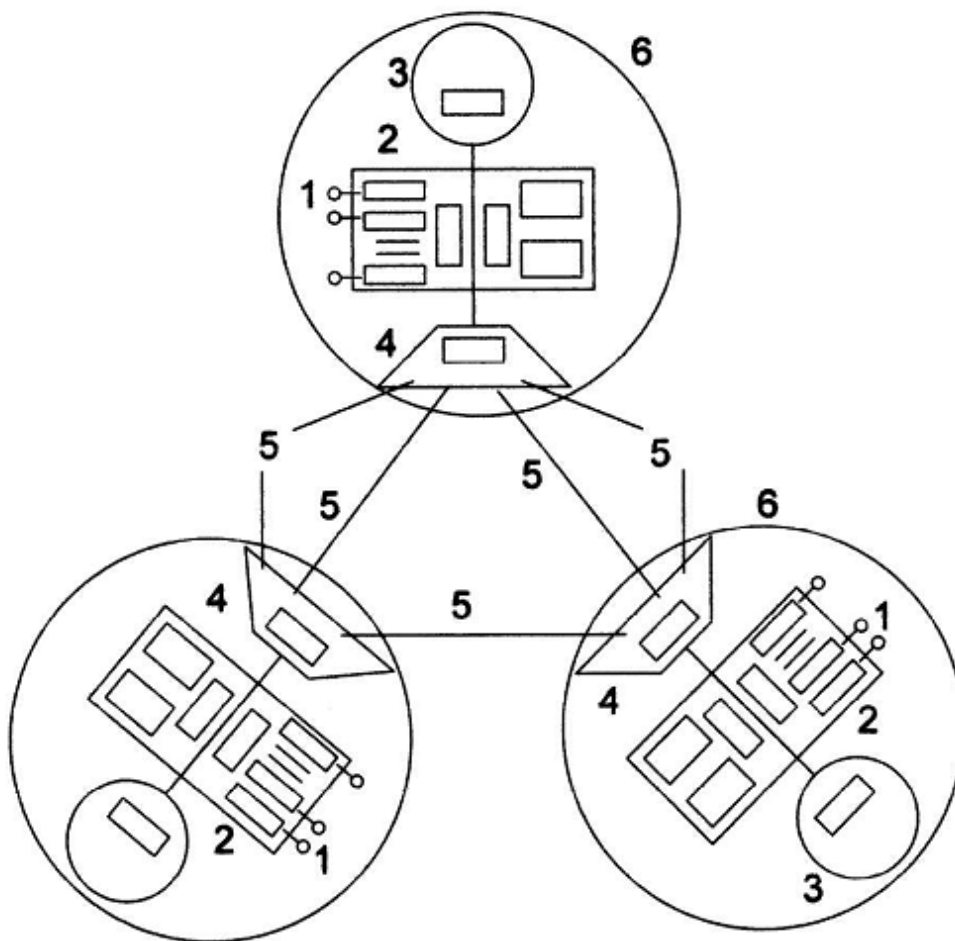
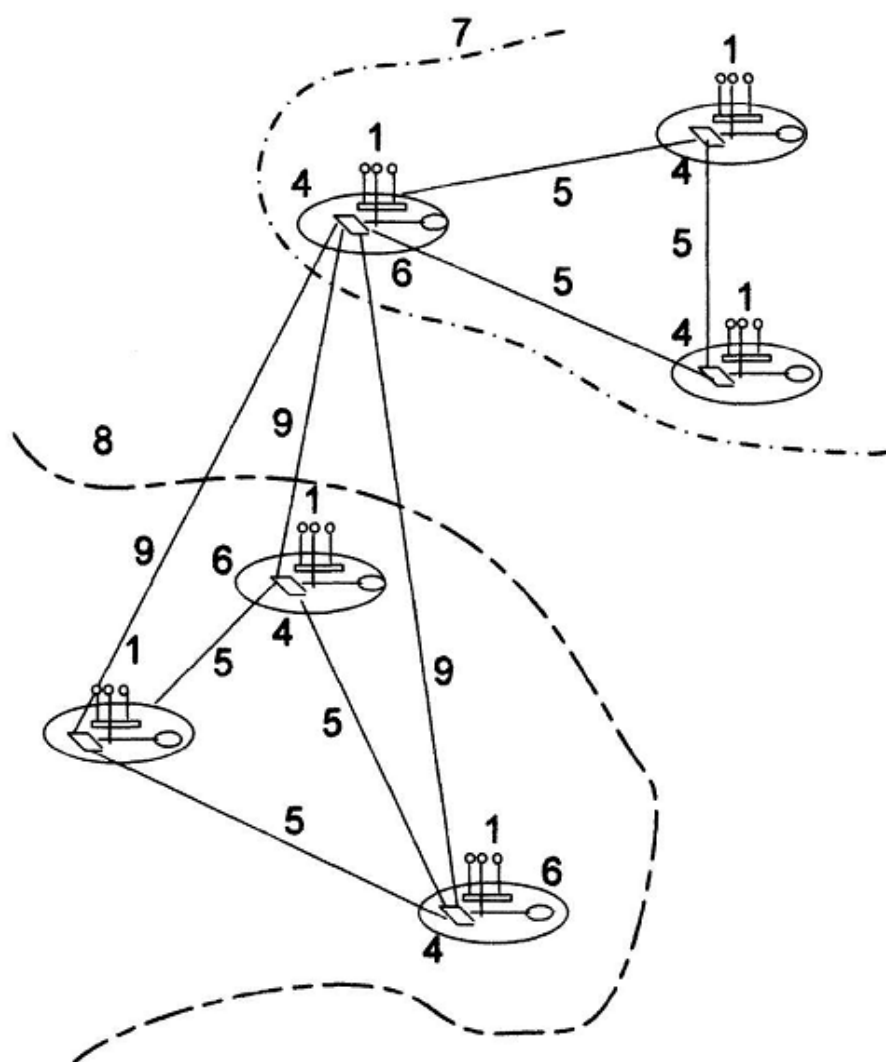
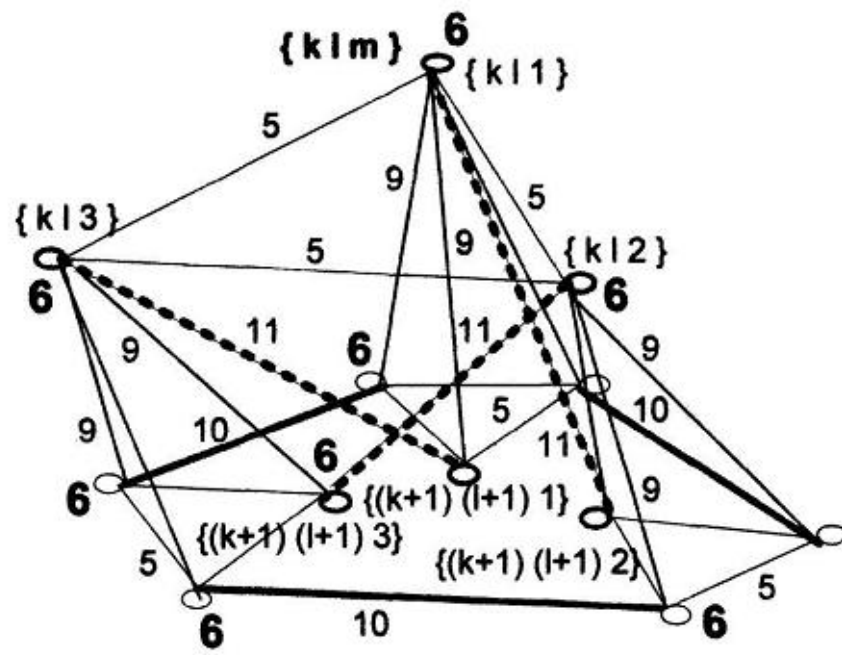


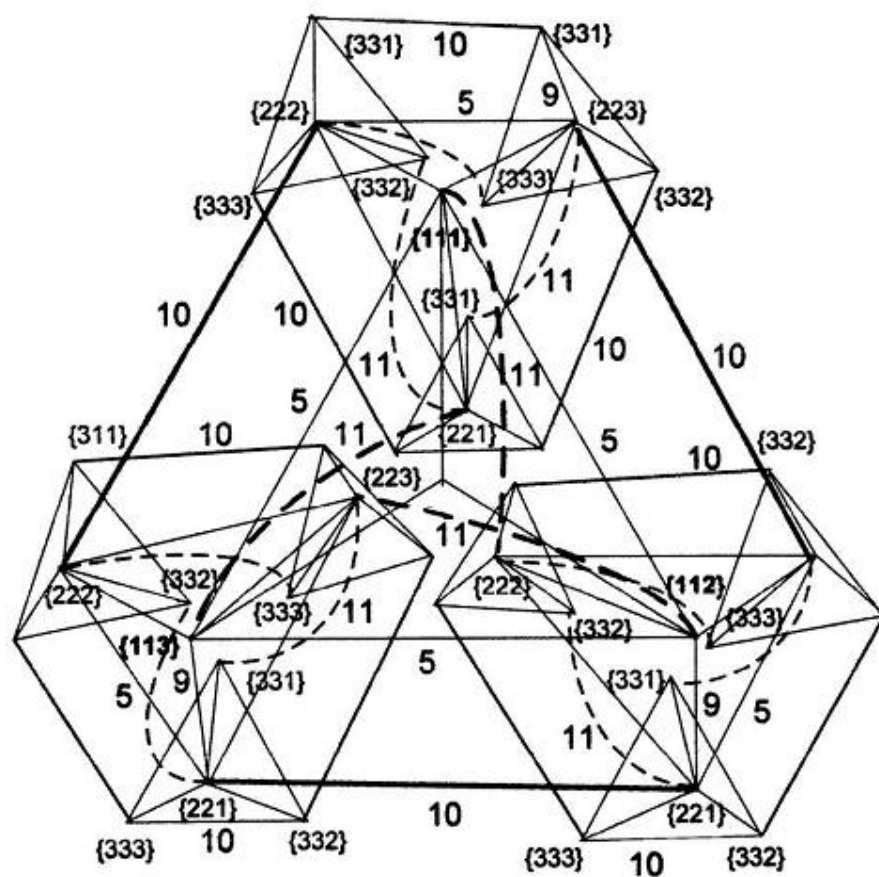
Fig. 1



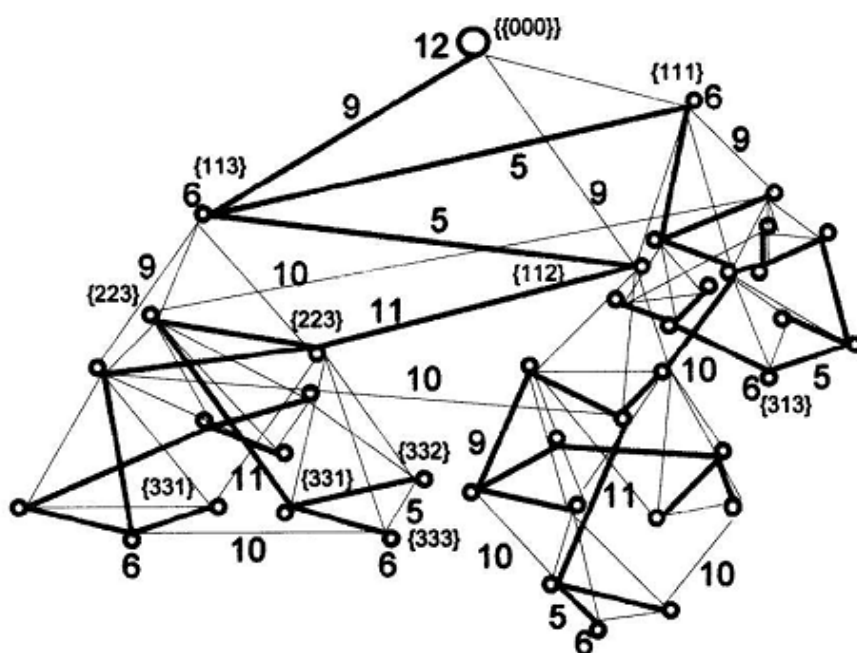
Фиг. 2



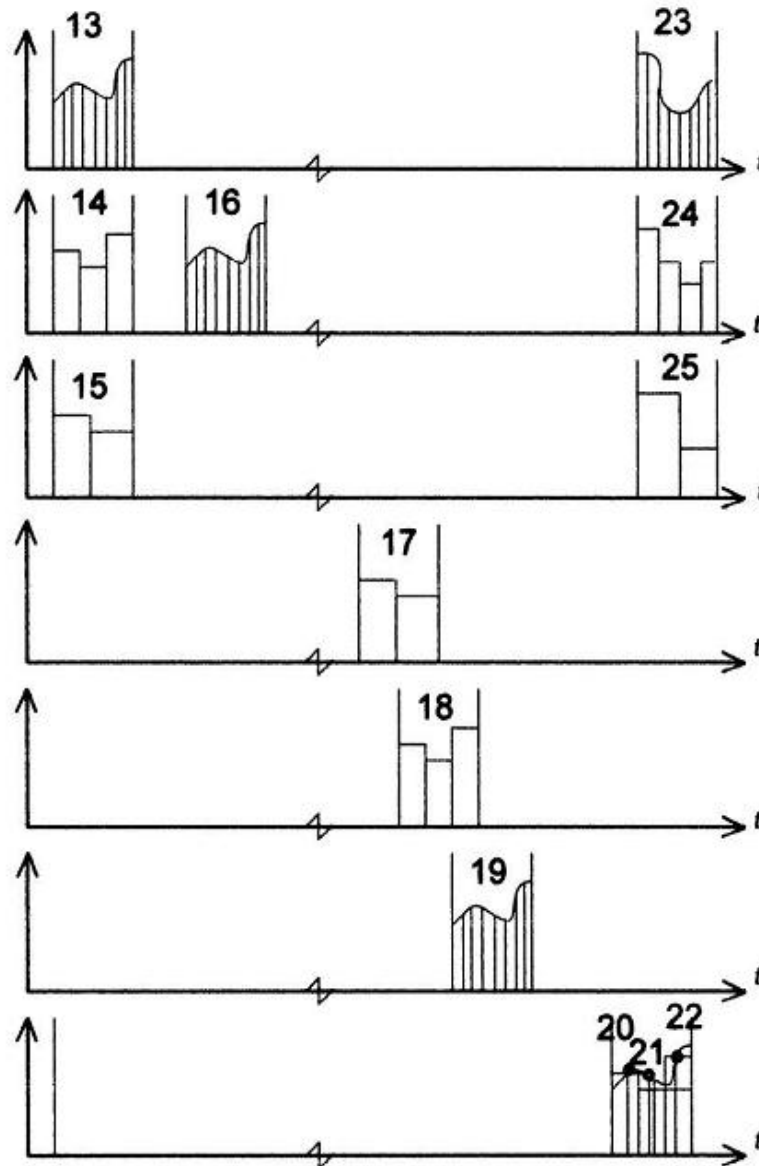
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фіг. 6

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601