

**УКРАЇНА**

(19) **UA** (11) **111978** (13) **C2**
(51) МПК (2016.01)
G01D 1/00
G01S 1/02 (2010.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

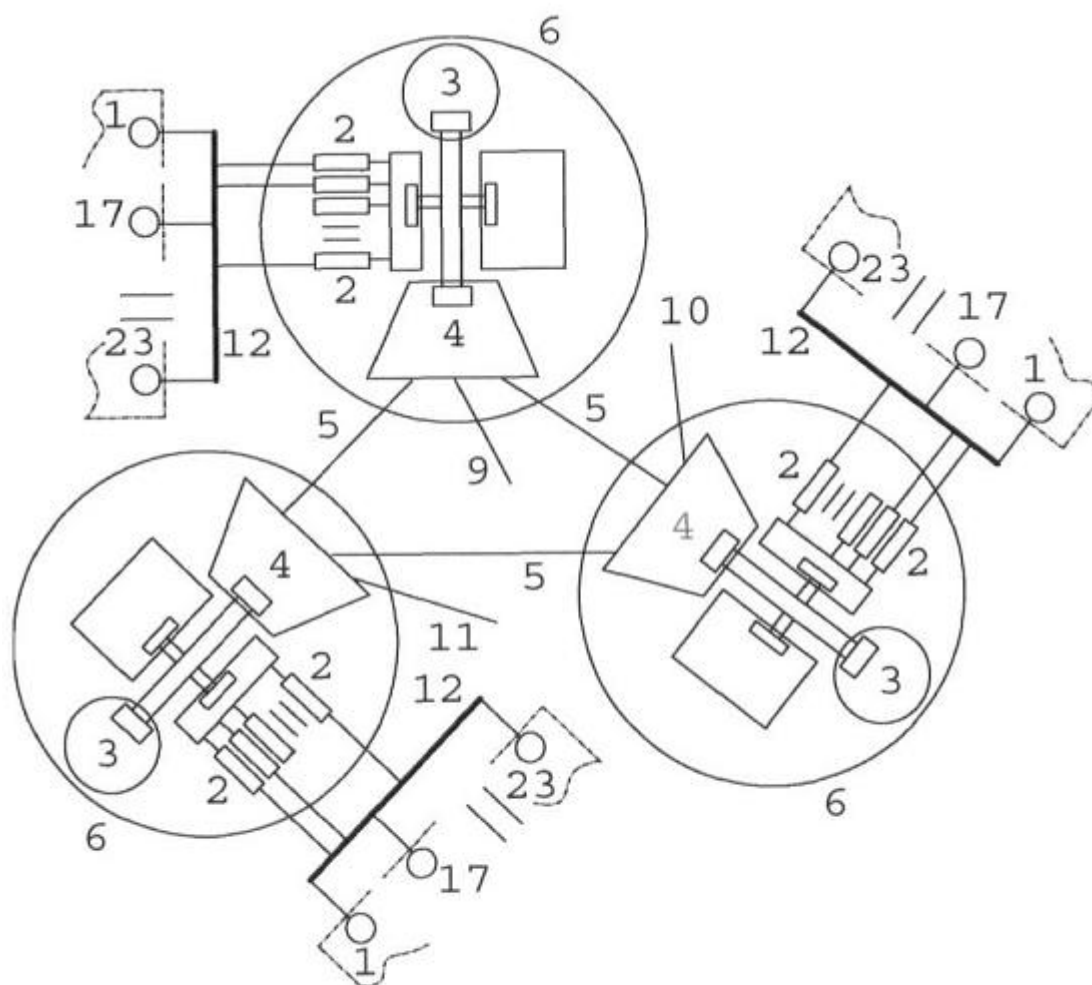
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2014 02765	(72) Винахідник(и): Манжело Валерій Олександрович (UA), Конельський Володимир Анатолійович (UA), Конельський Віктор Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.03.2014	(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)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 11.07.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 77681U1, 27.10.2008 RU 109567 U1, 20.10.2011 WO 02080043 A1, 10.10.2002 US 5541510 A, 30.07.1996 US 6134485 A, 17.10.2000 US 5379102 A, 03.01.1995
(41) Публікація відомостей про заяву: 25.09.2015, Бюл.№ 18	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.07.2016, Бюл.№ 13	

(54) ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА**(57) Реферат:**

Винахід належить до засобів вимірювання фізичних величин через взаємодію середовища із чутливими органами спеціалізованих приймальних модулів та давачів в їх складі. Інформаційно-вимірювальна система включає приймальні модулі, кожний з яких має складену із антенних пристроїв решітку з електричним керуванням апертурою та спрямуванням максимуму променя чутливості, яка виходом сформованого групового радіосигналу за допомогою атенюатора із автоматично змінюваним коефіцієнтом передачі підключена до входу скануючого приймача високочастотних коливань, при цьому давачі у керованих складових системи розташовані так, що на них безпосередньо діє змінюване магнітне поле від струму в електричному колі керування або програмовано змінювана напруга на вхідних терміналах, які приєднані до відповідних аналогових входів керування, а також інші давачі підключені до виходів аналогових сигналів із блоків кінцевих перетворювань високочастотних коливань у скануючому приймачі, і при цьому приймальні модулі, що є налаштованими для сприйняття коливань більш високих робочих частот, підключені до мікропроцесорних вузлів, які є належними до нижніх функціональних рівнів тієї частини системи, що складає автономну мережу передавання цифрових кодів.

UA 111978 C2



Фиг. 1

Винахід належить до засобів вимірювання фізичних величин, а саме до систем, складених із пристроїв, що здатні перетворювати у пропорційний електричний сигнал під час вимірювання фізичну взаємодію середовища із чутливими органами спеціалізованих приймальних пристроїв та давачів, 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 керування процесом вимірювань та передавання отриманої інформації у вигляді потоку даних (цифрових кодів) на адресу інших функціональних пристроїв чи відокремлених систем. Особливістю запропонованого в заявці технічного рішення є можливість поліпшення метрологічних та експлуатаційних характеристик різних за своїм призначенням спеціалізованих систем для визначення базових параметрів середовища, яке здатне випромінювати або відбивати зовнішнє опромінення, чи для встановлення наявності та виконання класифікації рухомих, а також прихованих об'єктів, коли все це відбувається шляхом періодичного вимірювання послідовності поточних значень кількох змінних величин для формування базових описів хвиль від свого або вторинного випромінювання, що виникає через розсіювання (відбиття) штучно створених зонduючих хвиль наперед заданої довжини та інтенсивності. При цьому може бути досягнуто такого рівня готовності, надійності та ремонтпридатності інформаційно-вимірювальної системи при збереженні високої точності, достовірності та оперативності отриманих даних, який дозволяє використовувати таку систему на сучасному автоматизованому транспорті (швидкісна залізниця та авіація), в енергетиці та гірничодобувній промисловості в умовах дії різних несприятливих та дестабілізуючих факторів як інтенсивні електромагнітні завади чи механічні вібрації.

Спеціалізовані інформаційно-вимірювальні системи як правило налаштовані на оптимізоване за показниками якості сприйняття дії певної обмеженої кількості факторів визначеного досліджуваного середовища, яке є природним чи штучного походження. Спрямованість спеціалізації стає можливою завдяки використанню ще на первинних входах системи таких досконалих фізичних сенсорів, що здатні сформувати на своїх виходах відповідно залежні змінювані в часі сигнали стандартної форми для їх подальшої обробки вже типовими засобами вимірювання, що можуть об'єднуватися у комплекси приладів.

Сучасні інформаційно-вимірювальні системи обов'язково мають канали зв'язку, що автоматично розподіляють виникаючі в процесі опрацювання окремі сигнали між наявними засобами відображення та фіксації отриманої інформації. Комп'ютерна техніка використовувалась у таких системах із самого початку їх становлення, а сучасні багатоядерні мікропроцесори забезпечують ефективне паралельне алгоритмічне доопрацювання цифрових даних, що зафіксовані в запам'ятовуючих пристроях подібних засобів автоматизації вимірювань.

Універсальним методичним рішенням побудови спеціалізованої вимірювальної системи як комплексної промислової чи науково-дослідницької лабораторії є функціональне об'єднання відповідної кількості цілеспрямовано налаштованих універсальних засобів вимірювання у потужну, гнучку та ремонтпридатну комп'ютерну мережу шляхом використання універсального стандартного "загального каналу" [1] цифрового зв'язку між самими лабораторними приладами, який походить від HP-Interface Bus [2]. У модернізованому варіанті до цього часу цей канал використовується для електричного з'єднання разом приладів, кожний з яких має відповідний інтерфейсний пристрій [3], в єдину систему автоматизованих вимірювань завдяки простоті монтування його складових на об'єкті, передбачаючи навіть "гаряче" підключення нових та відімкнення для видалення зайвих засобів вимірювання. Суттєвим недоліком, який обмежує використання інформаційно-вимірювальної системи, що є сформованою завдяки безпосередньому електричному підключенню багатоконтактним з'єднувачем із шлейфом всіх приладів, виявляється висока імовірність втрати працездатності як автоматизованого комплексу через блокування всієї системи в разі несправності інтерфейсного пристрою будь-якого одного приладу, що є ввімкнутим безпосередньо без гальванічної розв'язки в "загальну шину". Таке звужує сектор використання цього технічного рішення в основному для оснащення дослідницьких лабораторій або стаціонарних діагностичних стендів, де вже заздалегідь має бути сконцентрованим необхідний парк універсальних і досить дорогих вимірювальних приладів, що здатні сприймати відповідні впливи факторів середовища, які діють безпосередньо на специфічні входні сенсори. При цьому такі прилади мають свої вбудовані типові вимірювальні перетворювачі високого класу точності.

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 програмованою послідовністю спеціальних вимірювальних процедур. Крім гарантованих метрологічних характеристик кожного окремого вимірювального приладу, тут ніякі

інші характеристики цього комплексу фактично не регламентовано, що виключає його використання як відповідно атестованого спеціального засобу вимірювання, діючого разом із технологічним обладнанням.

Стандартизованою є інформаційно-вимірювальна система у модульному виконанні, що складена із спеціалізованих атестованих програмованих вимірювальних модулів-перетворювачів з цифровим виходом, які конструктивно є встановленими у об'єднуючий блок і підключеними в роз'єми у крейті КАМАК (CAMAC) [4], який сам має визначений рівень надійності. В такому ж складі ці блоки є у найбільш сучасних та портативних атестованих варіантах виробів цього типу. Вони також найчастіше бувають доповнені засобами використання інтерфейсів до найбільш вживаних сучасних каналів, наприклад, USB 1.0 або USB 2.0 (канал обміну сигналами "від точки до точки"), або мережевих каналів з дисципліною Ethernet (підтримка протоколу TCP/IP для Інтернет), але без чітко гарантованого рівня їх достовірності та готовності як засобу зв'язку у складі вимірювального комплексу.

Для побудови комплексних атестованих систем моніторингу та радіаційної безпеки, які є обов'язковими частинами у складі технічних забезпечень будь-якої атомної електростанції (АЕС) та на підприємствах атомної промисловості, використовують гамма-радіометри, наприклад, такі як РКГ-АТ1320 [5] із сцинтиляційним сенсором спектрометричного типу в його приймальному пристрої (модулі ПМ) ненаправленого (об'ємного) сприйняття в обслуговуваному середовищі та з інтелектуальним блоком детектування (БД) існуючого випромінювання. Можливе також контрольне вимірювання рівня наведеного випромінювання з боку природних харчових продуктів (ягід, грибів тощо) при їх розміщенні разом із приймальним пристроєм ПМ радіометра в ізолюючому приміщенні у тарному обсязі біля 10 літрів. Однак, крім визначення загального робочого фоновго рівня та енергетичного спектра, вимірювальна здатність такого комплексу відносно активності кожного компонента визначеного складу радіонуклідів є вкрай малою, коли похибка складає 25 % і більше. Підключення до персонального комп'ютера (ПК) тут є факультативною функцією і передбачено лише для виконання відстороненої обробки (постпроцесингу) із раніше отриманими масивами даних обсягом до 300 спектрів, збережених у запам'ятовуючому пристрої приладу.

Інший відомий приклад інформаційно-вимірювальної системи для дослідження та моніторингу високоенергетичного випромінювання в значному обсязі досліджуваного середовища (будівельні майданчики, цехи тощо) є використання "Вимірювача-сигналізатора СРК-АТ2327" [6], за допомогою якого можлива побудова гнучкої та відносно надійної стаціонарної мережі для систематичної цілодобової оцінки поточного рівня потужності гамма- і нейтронного потоку випромінювання та дози з інтервалом отримання вимірювань у 2 секунди. Перевищення встановленого рівня радіації фіксується як надзвичайна ситуація і супроводжується відповідною аварійною сигналізацією та діями автоматики засобів безпеки.

Характерною особливістю вимірювача-сигналізатора СРК-АТ2327 є наявність у складі комплексу одночасно до чотирьох видів приймальних модулів: БДКГ-02, БДКГ-04, БДКГ-11/1, БДКГ-27, що мають відповідні сенсори та визначені тут як "блоки детектора". За конструктивним оформленням це є самостійні прилади з цифровим інтерфейсом RS 485 [7] у напрямку підключення до настінного пульта керування (ПУ) та від нього інтерфейсом RS 232 до ПК (або кабелем до 5 м через додатковий USB адаптер). У складі комплексу для індикації поточних значень вимірів є також підключеними до ПУ інтерфейсом RS 485 автономні світлодіодні табло.

Такими засобами зв'язку виконано деревоподібну автономну інформаційну мережу нижнього рівня з можливістю розширення комп'ютерної мережі засобами Ethernet 10/100 між окремими ПК як робочими станціями. Потрібний рівень спостережливості та підвищення надійності досягнуто засобами системної та моніторингової діагностики, що забезпечують постійний цілодобовий режим чергування із двосекундним інтервалом для усіх поточних вимірів та фіксацією фактів перевищення встановлених лімітних значень рівня радіації, автоматичне ведення текстових протоколів та обчислення прогнозних величин.

Похибка вимірювань в цій системі залишається на рівні "показуючих" приладів (від 10 до 15 %), а напрямок на джерело випромінювання можливо визначити дуже приблизно лише шляхом порівняння одночасних миттєвих значень вимірів від різних територіально розподілених приймальних модулів ПМ та склавши послідовність зростаючих чисел даних показань. Такого рівня метрологічних показників недостатньо для характеристики незначних щогодинних поточних змін екологічної ситуації і вироблення достовірних прогнозів розвитку подій.

Для більшої точності визначення напрямку на джерело випромінювання використовують циліндричні чи напівсферичні екрануючі поверхні навколо сенсора блока детектора із прорізаною в них щілиною чи вставленою трубкою коліматором. Приймальний модуль такої вдосконаленої конструкції може бути рухомих і оснащений механічним поворотним столом із

круговим чи секторним переміщенням вручну або автоматично із дистанційним визначенням фактичної поточної орієнтації через трансляцію даних виміру кута у напрямку пульта керування.

Суттєво більша точність вимірювання діючого потоку випромінювання може бути досягнута переважно у засобах, які складають сенсорні структури приймальних модулів, що побудовані подібно до конструкцій електронних астрофотометрів із вакуумними багатоанодними (діодними) фотоелектронними помножувачами [9] із коефіцієнтом підсилення до 10^8 , де приймальний катод розміщено у зоні біля фокальної площини стаціонарного дослідницького телескопа [10].

Стабільність отриманого рівня точності в серії послідовних вимірювальних експериментів у дослідженнях випромінюючих об'єктів у видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні залежить від наявності на осі від діафрагми (коліматора) до чутливого фотокатода спеціальної лінзи Фабрі [11] та від фактичної якості її виготовлення і функціонування як проекційної системи для формування зображення на вибраній частині (в апертурі) фотокатода.

Інтенсивність випромінювання об'єктом у відносно вузькій області інфрачервоного діапазону може характеризувати абсолютну температуру, а тим більше її миттєві часові чи поверхневі відмінності із досить великою точністю і стабільністю повторювання результатів. Саме таке покладено в основу дистанційних вимірювань електронними пірометрами ступеню нагріву. Похибка на рівні біля 1...2 % характерна для портативних напівавтоматичних приладів, багато з яких, крім спрощеного дисплею, оснащені засобами прицілювання через візор або лазерний "вказівник" та внутрішньою пам'яттю чи навіть інтерфейсними пристроями (канали RS 232 або USB 1.0) для факультативного підключення до ПК.

Інший відомий різновид таких засобів вимірювання складають системні стаціонарно встановлювані біля досліджуваного об'єкта вимірювачі [13] потоку власного випромінювання в інфрачервоному діапазоні. Їх чутливість та засоби спрямування на відповідні критичні області об'єкта завдяки варіаціям масштабу проекції зображення на вибраний із кількох можливих сенсорів через оптику зі змінними показниками збільшення та досконалому (можливо автоматичному) фокусуванню забезпечують достовірний результат вимірів на відстані від 0,5 м із похибкою 0,25...0,5 % на аналоговому виході із сталою встановлення сигналу вимірювання 50...200 мс. Таке дозволяє стежити за динамічними структурами нагрівачів у системах "тонкого" автоматичного регулювання рівня технологічних параметрів із упередженням, яке є дуже важливим для інерційних теплових установок. Відповідно фільтрований аналоговий сигнал перетворюється у цифрові коди із кількістю достовірних 12 чи навіть 16 розрядів за допомогою зовнішніх аналогово-цифрових засобів - АЦП [14].

Для створення локальних варіантів цифрової мережі для багатоточкових вимірювань є вбудований АЦП та інтерфейсний пристрій, орієнтований на цифровий реверсивний канал обміну даними із протоколом RS 485 (RS 232). Очевидно, що перераховані до оптичного входу динамічні показники вимірів у такій конфігурації вимірювальної системи будуть набагато нижчими, ніж надані безпосередньо з первинного аналогового виходу внутрішнього вимірювального підсилювача.

Для отримання дійсно досконалого просторового зображення розподілу температурного фону біля одного чи кількох об'єктів спостереження у визначеній групі використовують сучасні тепловізори [15], що досить чітко розрізняються за призначенням, для якого вони оптимізовані: портативні для "нічного бачення" [16] та для більш відповідальної термографії з метою проведення вимірювань у різного роду приладах діагностики стану об'єктів [17] безпосередньо в режимі експлуатації чи тестів. Головним для такого використання є досконале відтворення у сформованому зображенні геометрії усього досліджуваного простору та найбільша досяжна роздільна здатність по різниці температур між окремими частинами нагрітого об'єкта. Типовим є диференційна чутливість у 0,008...0,05 град, шкали Цельсія на рівні температур від 20 до 60 град, при визначенні самого абсолютного значення нагріву із точністю в 0,1 градуса. Як правило для більшої реалістичності відбувається умовне "розфарбовування" отриманого зображення залежно від рівня виміру температури по шкалах насиченості для трьох основних кольорів. Але мінімальна стала часу швидкісного формування зображення тут набагато більша, ніж потрібно для подібного до нормального телевізійного сигналу від рухомого об'єкту, який тут буде виглядати дуже "розмитим". Тому як засіб візуального спостереження за певним обмеженим простором, коли треба визначити об'єкти з температурою, яка відрізняється від фонові на мінімальну величину (долі градуса), застосування теплових давачів найчастіше обмежують встановленням у складі приймальних модулів охоронних систем.

Електронні фотометри із двовимірним сприйняттям, що надають якісну вимірювальну інформацію про світловий потік випромінювання від окремих зон у просторі залежно від застосування розділяють на окремі діапазони довжини хвиль від інфрачервоної до

ультрафіолетової частин спектру та в більшості вони мають в конструкції засоби для сканування [18] і проєкції зображення по частинах на надчутливий сенсорний елемент чи матрицю із відносно невеликою кількістю прецизійних фотосенсорів. Сучасні мікрофотометри знайшли широке застосування як типові лабораторне обладнання для дослідження зразків субстанції біологічного походження [19]. Вкрай мала швидкодія такого приладдя тут обумовлена необхідністю досягнення дуже високої роздільної здатності у геометричному (мікроскопічному) просторі та стабільності збереження метрологічних показників у різних умовах досліджень для потрібного гарантованого рівня достовірності класифікації об'єктів за їх здатністю випромінювати (або поглинати) світло.

Фотометрія у вузькому діапазоні довжини хвиль, відома як спектрометрія, є важливим технологічним методом дослідження складових речовини за розгорнутим у частотному вимірі аналізу інтенсивності хвильового процесу самостійного чи вимушеного випромінювання. Тут в структурі вимірювального пристрою має бути засіб для безперервного "проходження" (сканування) уздовж значень певного діапазону частот коливань (довжини хвиль) для процесу, в перебігу якого речовина має здатність до випромінювання [20] через збудження.

Для виділення заданої смуги частот коливань при вимірюваннях використовують поворотні засобами гвинтових механізмів оптичні дифракційні решітки або призми, а у техніці надвисоких радіочастот - механічно чи електрично перенастроювані об'ємні резонатори. На більш низьких частотах як правило керують через відповідне зміщення "робочої точки" у нелінійних радіокомпонентах: напівпровідникових варикапах, сегнетоелектричних варикондах, феритових стрижнях або кільцях тощо. При цьому у всіх таких конструкціях "тонке" регулювання у самому пристрої відбувається за аналоговим принципом, хоча і керуючий аналоговий може первинно задаватись як дискретний перехід на певний лімітований рівень за числовим значенням (двійковим кодом) через засоби цифро-аналогового перетворення (ЦАП).

Радіохвильові засоби дослідження оточуючого середовища мають відмінності від більшості оптичних, що пов'язані із можливістю збудження у просторі за допомогою керованих технічних засобів (електронних вимірювальних генераторів чи передавачів із модульованими сигналами) протяжних у часі процесів із накладанням (інтерференцією) досконало когерентних електромагнітних хвиль від коливань у діапазоні значень частоти від 10^2 до $5 \cdot 10^{11}$ Гц. Тому стає можливим апаратними засобами фіксувати і вимірювати рівень будь-яких проявів викривлень у характері розповсюдження чи перетворення (дифракції) радіохвиль, що перетинають межу зміни властивостей досліджуваного простору.

Технології, які базуються на процесах вимірювання та подальшої обробки даних про стан випромінювання радіохвиль об'єктами, що оточують приймальні модулі інформаційно-вимірювальної системи, забезпечують такі основні напрямки функціональної спеціалізації, як виявлення розташованих на відстані осередків фізичної субстанції, що суттєво відрізняється своєю електропровідністю (радіолокація), встановлення свого поточного місцезнаходження у просторі серед відбиваючих радіохвилі поверхонь предметів (радіонавігація) [21] та виявлення аномалій проходження радіохвиль через рідини чи тверді тіла (радіохвильова інтроскопія). У всіх випадках таких вимірювань їх технічне забезпечення ґрунтується на включенні у ланцюг перетворення сигналів, що є носіями відповідної інформації, приймальної антени та селективного приймача високочастотних коливань. Функціональна спеціалізація системи із відповідних блоків залежить від конструктивного оформлення, кількості та форм їх приєднання до інших додаткових пристроїв та зовнішніх систем, включаючи обчислювальні засоби та канали між ними.

Відомим прикладом інформаційно-вимірювальної системи для виявлення в середовищі будь-яких сторонніх включень, здатних до нелінійного перетворення коливань частини енергії падаючої радіохвилі у вторинне випромінювання інших хвиль, складених із вищих гармонійних основної частоти, є нелінійний радар [22]. У промислових зразках такий комплекс електронних пристроїв, із яких складена типова система для радіовимірювальних застосувань, а саме антени, селективного приймача, засобу оцінювання і порівняння вихідного аналогового сигналу із встановленим регульованим рівнем та візуального індикатора діючих значень амплітуд виявлених коливань, доповнена малопотужним генератором зондувальної хвилі з відомими параметрами.

Порівняння хвильової картини, що створюється тестовим нормованим збудженням у досліджуваному просторі одночасно як із зондувальною, так і вторинними хвилями, стає діагностичним фактором: у природному середовищі інтенсивність потоку енергії хвиль із характерними складовими вищих гармонійних, що можуть бути випадково синхронізовані із тестовими, має бути лише на рівні не вище частини від промислового шуму, тобто значно нижче встановленого порогового значення для виявлених аномалій. Такі промислові зразки подібного

приладу [23] по суті не є вимірювальними, бо для різних обставин вимірів та множини середовищ не існує відповідної постійної шкали (міри), а експеримент виявлення прихованих об'єктів відбувається евристично за якісними оцінками шляхом пошуку самих проявів аномалій.

Виключно для встановлення хоча б приблизного напрямку на просторове розміщення зони аномального викривлення в середовищі тестового сигналу згідно із пропозицією авторів патентованого технічного рішення [24] додатковий індикатор висвітлює лазерним "вказівником" виблискуючими спалахами (точками) траєкторію кінця видимого променя, коли спрацьовує компаратор рівня виявлення вищих гармонік у відбитому від аномалій сигналі. Пошукові процедури - це надбання досвіду оператора, який за евристичними допущеннями звужує зону локації, використовуючи при цьому аналогове регулювання рівня інтенсивності тестового сигналу.

Як і в сучасних ручних інфрачервоних пірометрах, так і у модернізованому [24] нелінійному радарі, світловий (лазерний) промінь не має функціонального навантаження, що стосується засобів вимірювання, яке є, наприклад, у лазерному нівелірі або лазерному дальномірі, а лише спрощує експлуатацію та налаштування приладів, полегшуючи цілеспрямоване звуження зони для виконання процедур тестування усього обсягу досліджуваного простору. У лазерному дальномірі [25], як і в радіодальномірі [26], ефект вимірювання складається із визначення часу для проходження збудженою хвилею подвійного шляху від генератора та антени випромінювача до поверхні предмета, що надійно відбиває цю хвилю в зворотному напрямку. При відсутності чіткого прояву такої якості у віддаленого предмета (репера) процес вимірювання дистанції стає неможливим чи ненадійним тому, що постає самостійною задачею попередньо подібний предмет виявити у досліджуваному просторі або "замінити" його якимось характерним локалізованим впливом місцевої аномалії середовища, наприклад, льодового щита на поверхні води для задовільної роботи авіаційного радіовисотоміра.

Спрощена конструкція радіолокатора малих віддалень [27], хоча і має належний склад функціональних блоків, які в описі до патенту визначені основними, а саме рупорна антена з генератором НВЧ коливальних та суміщений з нею хвилевід із приймачем-перетворювачем, де вихідний гармонійний аналоговий сигнал у варіаціях його частоти відповідає пропорційним значенням відстані до відбиваючої поверхні. Показуючим приладом в цій структурі є дисплей частотоміру (без вказівок на принцип його роботи). Безумовно, якість вимірювань тут не може бути високою, а лише достатньою для оперативної орієнтації у просторі на невеликих висотах, наприклад, легкомоторного літака.

Для отримання потоку достовірних даних про відстань до відбиваючого об'єкта розроблено низку способів [28] з використанням удосконалених форм частотної модуляції та наступної обробки отриманих від приймача коливальних сигналів за математичними співвідношеннями та із спеціалізованими пристроями, де їх реалізація відбувається переважно в аналоговій формі. Виявлення порогових переходів та форми обробки інформації у дискретній формі, що застосовані, наприклад, у пропозиції з патенту на "Радиолокационный дальномер" [29] та у подібних засобах вимірювання [30] обмежені застосуванням лише окремих базисних логічних схем порівняння та виключення, а також тригерів для фіксації надбаного стану.

Мікропроцесор як необхідний обчислювальний пристрій використано в системі для вимірювання висоти [31], де досягнуто точність та оперативність отримання цифрових даних, достатню навіть для "м'якої" посадки космічних апаратів. На відміну від попередніх засобів вимірювання, що передбачали дослідження обслуговуваного простору із збудженням хвиль у безперервному режимі, тут вже використано імпульсний метод збудження та синхронне сприйняття сигналів, що формуються за рахунок вторинного випромінювання, а також адаптивне налаштування окремих блоків, наприклад, для встановлення оптимального рівня ослаблення сприйняття опорних та вторинних сигналів. Відомий також варіант удосконаленої вимірювальної системи, зафіксований як "Рециркуляционный радиовысотомер" [32], в якому для гарантування найвищої технічно досяжної точності під час всього періоду активного використання (наприклад, протягом польоту) передбачено внесення поточної корекції завдяки періодичному виконанню додаткових вимірів із імітатором еталону відстані. Дані оперативних корекцій періодично оновлюються і зберігаються в запам'ятовуючому пристрої процесорного блока для обрахунку при формуванні остаточного результату.

Імпульсний метод радіолокації надає широкі можливості для якісного за характером виявлення на великих відстанях об'єктів з відмінними від навколишніх показниками електропровідності [33], але він пов'язаний із значними методичними та технічними труднощами побудови досконалих засобів вимірювання із отриманням повторюваних кількісних оцінок через значну втрату енергії вторинних хвиль від зондуючих радіоімпульсів, які після дзеркального відбиття нарешті досягають приймального модуля вимірювальної системи. Задачі вимірювання,

що виникають при оперуванні з віддаленими об'єктами схожі із тими, що їх вирішують під час проведення процесів безконтактної діагностики наближеного середовища: обчислення фактичної відстані до об'єкта та її часові зміни, визначення характеру хвиль вторинного випромінювання та спектр їх складових тощо. Але в разі оперування з віддаленими об'єктами

набуття достовірних результатів вимірів суттєво обтяжено наявністю подовженого проміжного шару фізичного середовища між дослідником та самим об'єктом, коли імовірність маскуючого впливу такого шару є дуже великою, а визначення властивостей його субстанції теж може складати окрему задачу суміжних вимірювань. Саме це вносить неоднозначність в результати вимірів, яку треба подолати як методичним так і конструктивним шляхом.

Прикладами найбільш досконалих сучасних засобів виявлення інформаційних сигналів від віддалених об'єктів та дистанційного радіолокаційного вимірювання є системи, що виконані по багатоканальній схемі [34], де у кожному з каналів працює своя широкопasmової антена та окремий приймач, або ж передбачена можливість послідовно оперативно змінювати поточні налаштування приймального модуля на роботу, націлену по одних і тих самих об'єктах в різних вузьких смугах робочих частот [35] з метою мінімізації впливу середовища, де розповсюджуються тестові та відбиті радіохвилі, при цьому вважаючи властивості самого середовища частотозалежними, але час подвійного розповсюдження радіохвилі за період між послідовними імпульсами відносно сталим.

Ряд принципових переваг у точності та надійності вимірювання параметрів та кількості

обслуговуваних об'єктів (координат, віддаленості, відбиваючої здатності, модуляцій вторинного сигналу тощо) при багатопостовому методі побудови усієї радіолокаційної системи [36] стає

можливим досягти лише за рахунок суттєвого збільшивши як кількість однотипних каналів для формування тестових та обробки вторинних сигналів, так і розширивши номенклатуру використаних засобів керування синхронізованими процесами збудження і вимірювань.

Сучасною практикою доведено, що продуктивними є технічні рішення, які спрямовані на максимальний перехід в конструкціях блоків, де це можливо зробити, не порушуючи фізичних особливостей радіотехнічних пристроїв, на цифровий базис технічних засобів [37 ст. 9]. У такому вигляді спеціалізована інформаційно-вимірювальна система постає складеною із доповнюючих один одного комплектів приладів та пристосувань, що формують множини узгоджених за характером та синхронізованих у часі аналогових (радіочастотних) та цифрових (імпульсно-кодових та потенційних) сигналів, описи параметрів для яких можливо зберігати у вигляді цифрових інформаційних масивів. Відповідно до поточних вимог функціонування системи такі описи підлягають оперативному коригуванню та потім стають основою для дій керуючих пристроїв в цій системі як по відношенню до структур, що формують зондуючі сигнали, так і до усього вимірювального тракту для перетворення сприйнятих хвильових сигналів вторинного випромінювання для добування з них певної інформаційної складової у кількісному вигляді завдяки застосуванню обчислювальних процедур у реальному часі вимірювань.

Кожний подібний аналогово-цифровий тракт на його вхідній частині має спеціалізований приймальний модуль з керованим антенним пристроєм [37 рис. 1.1, рис. 2.5], а його вихідний цифровий код формується на підставі комплексу аналогових сигналів за визначеним алгоритмом наявними процедурами програми, що періодично діють у процесорах спеціалізованої обчислювальної системи.

Крім антени, в аналогову частину загалом є включеними послідовно з'єднані регульований атенюатор та приймальний пристрій (радіохвильовий приймач), що є налаштованим на визначену як постійну чи змінювану за відомим правилом сканування приймальну частоту у діапазоні, де вбачають найбільш імовірним наявність можливих сигналів - носіїв інформації, що їх видобувають із вторинних хвиль.

Приймальний пристрій (скануючий приймач із засобами детектування форми інформаційних сигналів) підсилює отримані через антену коливання та певним чином обробляє їх у аналоговий спосіб, наприклад, змінюючи на інший номінал несучої частоти, перемножуючи на рівні миттєвих значень амплітуд із іншими еталонними коливаннями для виділення і підсилення характерних періодично повторюваних коливальних процесів. Отримане таким чином зниження діючої частоти вторинного коливального процесу до рівня технічної можливості його досконалого дослідження шляхом дельта-фіксації та аналогово-цифрового перетворення поточних значень амплітуд дозволяє використати в подальшому методи і засоби цифрової фільтрації та виявлення статистичних особливостей вибірки із сигналів, що постають носієм інформації про стан та вимір змінюваних значень описів об'єктів дослідження.

Із аналізу методів розв'язання зворотних задач математичної фізики, до яких у теоретичному плані фактично належить отримання опису поточного виміру кожного окремого

параметра об'єктів досліджуваного простору за допомогою радіолокації відомо, що сталого розв'язання відповідних систем рівнянь, що описують процеси вимірювання, може взагалі не існувати при певному збігу поточних значень для параметрів і наданому числі вхідних реальних змінних [37 ст. 12-14]. Це говорить про те, що отримані технічним устаткуванням за несприятливих умов числові значення для обчислення деяких показників для поточних вимірів не мають фізичної інтерпретації, тобто є несумісними за визначенням, а не те щоб вони тільки відхилялися від реального значення на величину похибки вимірювання. Тобто для проведення коректних вимірювань вони мають бути виявлені та вилучені із файлів. Для отримання достовірних апаратних значень при технічному розв'язанні подібних "некоректних" задач вимірювально-обчислювальну модель роблять наперед умовно досить "грубою", щоб запобігти подальше оперування із недостовірними даними, замінюючи їх в разі виявлення аварійними повідомленнями про "помилку" обрахунку. При такому збігу обставин вимірювальна система фактично миттєво "зникає" як оперативний технічний засіб із арсеналу дослідника, не залишаючи іншої альтернативи.

Відомо, що для подолання подібного принципового протиріччя розробники намагаються модель із описів фізичних процесів доповнити додатковою інформацією, яка є опосередкованою до процесу здобування поточних вимірів, і у той же час дозволяє оперативно накласти нові граничні умови при вирішенні технічними засобами зворотної фізичної задачі по відшукуванню реального однозначного результату. Для технічних систем з обмеженим динамічним діапазоном представлення аналогових величин це, наприклад, метод переходу до нових діапазонів визначення поточних величин чи навіть використання іншого типу приладного устаткування. В цифровій техніці при ризиках прояву подібного стану використовують підвищену розрядність обчислюваних мантис для виявлення тенденцій до "зависання" обчислень занадто малих відхилень або ж роблять примусовий перехід на інший алгоритм обчислювального процесу, який для малих відхилень надає швидшу схожимість до граничного значення, або ж для цього потребує іншого явного визначення нових додаткових параметрів.

Успішні перетворення сигналів в аналоговій частині та отримання цифрових даних, що задовольняють умовам існування аналітичних рішень в цифрових блоках у технічній системі залежить від досягнення близьких до оптимальних налаштувань окремих регульованих блоків перетворення сигналів, і при цьому ж має відбуватися утримання цих параметрів як поточних певний час стабільними хоча б на період визначення результатів кількох одиничних експериментів - актів вимірювання. Така природна умова складає пряме протиріччя до намагання отримати найвищу швидкодію вимірювального устаткування у широких межах перебігу варіації налаштувань функціональних блоків та оперативного аналізу якості отриманих вимірювань, щоб запобігти потраплянню до областей з проявом збігу таких часткових даних, при яких відомо, що тут не може існувати достовірних результатів вимірів. Комплекси критичних налаштувань кожного разу мають бути алгоритмічними та технічними засобами виключені із числа поточних, що потребує часових ресурсів, витрачених за кожний акт вимірів. Апаратні ресурси контролю зі свого боку повинні дозволяти керування (регулювання) з урахуванням таких обмежень.

Для вирішення задачі виявлення точних даних просторового розташування об'єкта дослідження продуктивним є технічне рішення побудови швидкодіючої керованої антени, у конструкції якої концентрація енергії в променях, що направляють зондуючий сигнал, а також сприймають хвильову картину відгуку відбуваються переважно в одному напрямку. В сучасній радіолокаційній техніці, включаючи також засоби вимірювання, що мають тенденцію до мікромініатюризації, набули розповсюдження антени з електричним (електронним) керуванням формою діаграми та спрямуванням максимуму вектора чутливості, як наприклад, вимірювальна антена для посекторного кругового спостереження [38] чи фазовані антенні решітки [37 рис. 2.4, ст. 29, ст. 40]. Для засобів вимірювання, що повинні мати нормовані характеристики коефіцієнтів передачі (підсилення) у своїх частотних діапазонах, як елементи, кількох однотипних коливальних систем, що складають керовану антенну решітку, мають бути використані типові досконалі конструкції, відомі із промислових зразків вимірювальних приладних вібраторних антен метрово-дециметрового діапазонів хвиль [39, 40] та рупорних, лінзових чи дзеркально-параболічних для діапазонів НВЧ [41-43]. Стан увімкнення окремих антенних одиниць із загального числа задіяних в решітці та поточне значення фази отриманих від них ВЧ коливальних, що надходять із випромінювачів цих приладів у кінцевому рахунку визначає апертуру та спрямованість максимуму випромінювання (прийому) усієї решітки як комплексу із таких антен, і може достатньо швидко змінюватися під дією змінного струму, що його підводять до відповідних органів керування [44, 45].

Органами керування для фазованих решіток антен є регульовані прохідні компоненти фідерного обладнання, що їх включають безпосередньо в розрив коаксіального кабелю чи хвилеводу. Відомі два базові типи таких приладів, які здатні в певних межах створювати керовану зміну (поворот кута) фази коливань (хвилі) у "довгій лінії".

Перший з них, де керуючим фактором є контрольована зміна напруженості магнітного поля, яке створює відповідний струм через конструкцію з котушок, що навиті на феритові магнітопроводи [46] і здатні змінювати їх ефективні магнітні властивості, орієнтовані переважно на оснащення хвилеводів (деколи вони містять додатково спеціальні діелектричні вставки), а також мікросмугових НВЧ-ліній. Для кабельних конструкцій частіше використовують конструкції із тороїдальними трансформаторами, як наприклад, у фазовому маніпуляторі [47].

Другий тип пристроїв для зміни поточної фази хвилі у фідері передбачає керування шляхом прикладання квазістатичного електричного поля достатньо високої напруженості (напруги чи різниці потенціалів між електродами) для пристроїв із вставками сегнетоелектрика (у інтегрованого варактора) [48] або вариконда в додаткових реактивних навантаженнях у відрізок лінії. Більш сучасним щодо засобів керування є виконання пристроїв із використанням спеціалізованих НВЧ інтегральних схем [48], що помітно знижує рівень прикладених змінюваних керуючих потенціалів на входах.

На відміну від радіохвильових у функціональних модулях за електротехнічними властивостями ці кола як правило для самих органів керування є значним комплексним навантаженням (із дуже великою реактивною складовою), підключеним до генераторів струму чи напруги, що є вихідними блоками команд-апаратів або інших перетворювачів типу код-аналог (ЦАП). Таке обумовлює неминучу похибку у визначенні фактичного миттєвого значення діючого налаштування решітки. Як у будь-якому контурі із реактивними компонентами (особливо як у цих колах керування із відносно малими активними втратами), процес переходу у новий вимушений стан намагнічування чи поляризації діелектрика є подовженим у часі та коливальним за характером (принципово перехідний процес є нескінченим). Це відбувається при зміні будь-яких регульованих чи керуючих налаштувань і виглядає, наприклад, як помітне "тремтіння" спрямування максимуму променя чутливості, а також, в свою чергу, є джерелом об'єктивного зниження точності визначення напрямку максимуму вимірювань чи фактично діючого у цьому короткому інтервалі вимірювальної процедури діючого модуля миттєвого значення підсилення сигналу, який надходить з антенного комплексу.

Вихідний високочастотний сигнал, що розповсюджується, наприклад, по кабелю із антенної решітки, є результатом лінійного складання коливань різних частот та із різним фазовим зрушенням відносно реперного сигналу [21, 36, 37], а також вищих гармонійних складових від будь-яких інших джерел опромінення, що також можуть бути носіями як корисної інформації про довкілля [22, 50], так і джерелом завад, що маскують їх як шумові, бо мають порівнювані або близькі амплітуди до очікуваних корисних сигналів.

Адаптація по рівню вхідного сигналу із максимальним використанням деталей його аналогових форм, а також блокування від "засвітки" опромінюванням від тестових сигналів, як правило, досягають завдяки швидкодіючим антенним атенюаторам. Зразки вимірювальних атенюаторів [51] як промислових вимірювальних приладів є побудованими як керований додатковий опір у ділянці напруги чи як спрямовуючий відгалужувач. Але і для них є характерною відчутна реактивна складова у "силових" колах електронних засобів керування, що надає затримку встановлення потрібного рівня аналогового сигналу керування та подовжує фактичний час для виконання "стрибка" регулюючого потенціалу (чи струму) у досягненні запрограмованої величини коефіцієнта передачі (ослаблення) атенюатора, і таким чином розширюється та часова зона у межах усього періоду вимірювальної процедури, в якій дані є цілком непридатними або сумнівними через технічну невідповідність динамічно змінюваним параметрам налаштувань, включаючи масштаб представлення вимірюваної величини.

Вимірювальний підсилювач [52] та селективний вольтметр [53, 54] або керований скануючий приймач [55] підключені через атенюатор до виходу сигналів з антенної решітки для отримання у вигляді низки високоточних вимірів інтенсивності для опису особливостей ефірного електромагнітного поля, що діє в напрямку миттєвого максимуму спільного променя чутливості задіяних приймальних антен, встановленого за програмою. Усі вони складають основну функціональну частину вимірювального комплексу. Від якості дотримання відповідних величин їх налаштувань у період функціонування як складових вимірювальних трактів напряму залежить достовірність отриманих результатів. Усуспільнений коефіцієнт передачі такого ланцюжка перетворень то є добуток із коефіцієнтів передачі кожної ланки, а максимальна розрахункова ширина "коридору існування" можливих вимірів кінцевого сигналу має бути визначена через вплив усіх одночасних однобічних відхилень у цих ланках перетворення.

Залежно від конструкції використаних спеціалізованих приладів процедури вимірювання можуть бути виконані в одній вузькій смузі частот приймальної хвилі, або ж у режимі програмованої зміни робочої частоти. Але в кожному із режимів мають бути прийнятими заходи для стабілізації отриманого близького до номінального значення частоти, механізм регулювання якого також ґрунтуються на перетворенні цифрового коду від програмуючого пристрою у діючий потенціальний рівень чи струм аналогового сигналу, який фактично обумовлює миттєвий рівень цього керованого налаштування, вимірювального устаткування, а саме значення робочої частоти. Таким чином виходить, що засоби поточного керування та стабілізації більш сталих налаштувань є цілком залежними від фізичних показників швидкодії, роздільної здатності та точності представлення тих аналогових величин, які задають такі первинні параметри, що обумовлюють необхідне спрямування для процедур вимірів для потрапляння усього процесу саме в межі вибраної області множин досліджуваних поточних значень зовнішнього радіохвильового випромінювання. При цьому окрім знань про загальний перебіг явищ під час вимірювань, встановлений при проектуванні та виробничому налаштуванні обладнання, не існує сталих базових реперів (констант), або ж вони доступні лише під час факультативних контрольних (атестаційних) процедур порівняння з еталоном, що могли б надавати інформацію про якість оперативного дотримання відповідних позначок шкал градування відносно регульованих параметрів.

За умови, коли вже на рівні проекту всього вимірювального устаткування конструктивно є досягнутою така змінюваність параметрів налаштувань, яка може відбуватися за долі мікросекунди, то імовірність будь-яких миттєвих порушень під дією випадкових зовнішніх факторів в період формування будь-якого наступного результату у ряду послідовних числових вимірів взагалі не являється настільки малою, щоб таким джерелом похибки можливо було б нехтувати.

Відомі прийоми оцінки поточних рівнів частоти, наприклад, регульованого у аналоговий спосіб збуджуючого генератора шляхом порівняння з етальонним числа коливань за контрольний період часу, не є оперативними, а фазометричні методи при програмованих варіаціях частоти в достатньо широких межах (як наприклад, у НВЧ світ-генераторах) не забезпечують потрібного рівня точності налаштування через інерційність зміни еталону самого цифрового синтезатора опорної частоти. Крім того завжди є необхідність технічно реалізувати виявлені корективи налаштувань у можливо коротший термін автоматичними (програмно-аналітичними) засобами, що пов'язано з певним ресурсом часу.

Усі програмовані вимірювальні пристрої об'єднують між собою засобами зв'язку через передбачені в них інтерфейсні пристрої у спеціалізовану інформаційну мережу, керовану мікропроцесорними пристроями відповідно із діючими фрагментами програмних продуктів, інсталюваних на внутрішніх носіях інформації. Всі ці компоненти обчислювальної техніки в сучасних засобах найчастіше входять до складу функціонального ядра приладів [51-55], і вони є орієнтованими переважно на формування послідовності кодів вимірів і керуючих команд внутрішнього управління та фіксації всього потоку даних, що надходять від проблемно-орієнтованих перетворювачів, які теж можуть включати спеціалізовані (наприклад, хвильові) мікропроцесори. Але ці останні є максимально завантаженими надшвидкою обробкою цифрових образів поточних вимірів, а тому їх не включають безпосередньо в процеси загального керування.

Така структура розподілу апаратних і функціональних (логічних) ресурсів є задовільною при відносно невисокому темпі отримання цифрових даних вимірів, які між собою мало пов'язані у фізичному плані. Також прийнятним з економічних та технологічних міркувань є побудова комп'ютерної мережі як однорангової, наприклад, за технологією Ethernet, де відгалуження виконані через відповідні адаптери до вимірювальних приладів, наприклад, через "загальну шину" GPIB (HP-bus) [1-3] або CAMAC [4], а також із підключенням до комп'ютерів різного роду окремих "розгалужувачів" через USB-кабелі [56] або навіть приладні бездротові інтерфейси, як то зі стандартів IEEE 802.15 та 802.11 [57 таб. 5.1]. Досягнутий рівень представлення вимірюваних даних, наприклад, ілюструють можливості модульної системи збирання даних [58], де значна частина вимірювальних АЦП дозволяє отримувати відображення аналогових змінних 22-х розрядними двійковими кодами (тобто 6-ю із половиною десятковими розрядами, похибка квантування біля 0,004 %). Але такі високі метрологічні показники досяжні за умов підключення спеціальних давачів та для відносно повільних технологічних процесів (із частотою окремих змінних не вище 40 КГц). Ці ж фірмові комплекти приладів, які зорієнтовані для роботи із налагоджуванням радіозв'язкової та радіолокаційної апаратури [59], дозволяють проводити лише менш точні виміри потужності, спектрів модуляції та характеристики шумів у трактах перетворювання радіосигналів вже до частот у 100...150 ГГц із широким використанням

внутрішньої цифрової обробки сигналів, але лише під час стендових мало автоматизованих випробувань.

Суттєвим обмеженням усюди тут є спрощене та недосконале приєднання пристроїв до керуючого комп'ютера чи лабораторної мережі, що частіше взагалі має лише факультативний характер, а використані тестові сигнали завжди сформовані як близькі до ідеальних форм. Це робить більш технологічним виявлення хибних виробничих налаштувань обслуговуваних засобів, але є малоприсадибним для робочого поточного калібрування при вимірюваннях в умовах "польової" експлуатації під час виявлення особливостей у характеристиках реальних випромінюючих об'єктів у всьому діапазоні досліджуваних радіохвиль.

Поширеним принциповим недоліком відомих промислових комплектів приладів для поточних вимірювальних процедур із складною системою обробки даних постає не тільки дуже примітивна структура зв'язків окремих функціональних вимірювальних блоків як активних об'єктів у сучасній комп'ютерній мережі, але також мала кількість тих обчислювальних засобів, що здатні ефективно працювати паралельно або конвеєрно із потоком узгоджених даних реального часу. Саме така обставина стоїть на заваді оперативної, надійної та із достатньою точністю отримувати масиви вимірів для їх подальшої послідовної багатоетапної обробки протягом штучно скорочених часових інтервалів за рахунок перекриття фаз інформаційної активності в окремих структурних частинах системи.

Іншим обмеженням очікуваної точності системи із окремих приладів є також вимушене конструктивне припущення, що у проміжках часу між кількома окремими поточними актами зміни налаштувань сам комплекс цих параметрів все ж залишається стабільним, а всі передбачені перетворення радіосигналів технічно проходить за умов відсутності відхилень від встановлених проектних рівнів налаштувань, чи що найменше часовий дрейф цих величин відбувається, не виходячи за межі допустимих норм.

Виходячи із названих обставин, технічний комплекс, який є спеціалізованим для проведення точних вимірів в реальному ефірі досить слабких радіосигналів у широкій смузі високих і надвисоких частот (ВЧ та НВЧ) електромагнітних хвиль за умов сканування в просторі шляхом зміни спрямування максимуму променя чутливості та із планомірною варіацією довжини робочих хвиль, а також у його багатоканальній реалізації постає сам по собі дуже складним унікальним об'єктом для діагностування. Його функціональна придатність для подальшої роботи може бути оцінена лише способом оперативного вимірювання і порівняння із програмно встановленими усіма величинами діючих в ньому рівнів поточних налаштувань. Постають окремими технічними завданнями виконання обліку можливих відхилень від програмованих номінальних значень та автоматичне формування необхідних коректуючих виправлень, що мають включатися під час заключних фаз отримання результатів вимірів досліджуваних ефірних випромінювань. Для ресурсної і алгоритмічної підтримки цього складного процесу також потрібна досконала структура об'єднання вимірювальних та обчислювальних засобів у надійну швидкодіючу мережу, яка охоплює весь комплекс технічних засобів та обов'язково має ознаки наявності активного резервування функціональних ресурсів, без чого неможливе гарантування безперервної роботи в режимі з цілодобовим безперервним спостереженням.

Технічне рішення для побудови інформаційно-вимірювальної системи, що здатна з'єднати в межах однієї мережі жорстко синхронізованих комп'ютеризованих засобів кілька десятків мікропроцесорних вузлів та потрібну кількість швидкодіючих аналогово-цифрових вимірювальних перетворювачів (АЦП), відоме із заявки на видачу патенту України № А 2012 14691 по класу МПК G01D на "Інформаційно-вимірювальну систему", подану 21.12.2012 р.; автори: Манжело В.О., Конельський Вол. Ан., Конельський Вік. Ан. [60]. Описана в цій заявці інформаційно-вимірювальна система прийнята за прототип.

Така система має особливість у тому, що в неї близька до ієрархічної структура з'єднання мікропроцесорних вузлів на трьох основних функціональних рівнях, але додатково самі мікропроцесорні вузли на кожному рівні об'єднані у групи із трьох вузлів, які складають окремий кластер. Мікропроцесорні вузли в кластері через інтерфейсні пристрої з'єднані каналами міжвузлових зв'язків для оперативного обміну даними в обох напрямках. В цій інформаційно-вимірювальній системі також є закономірно встановлені додаткові канали міжвузлових зв'язків, завдяки яким існують постійні резервні шляхи для отримання цифрової інформації без перерв навіть в разі блокування через перевантаження чи фізичного розриву будь-якого з каналів міжвузлових зв'язків.

Суттєвим також є те, що при початковому розгортанні усього комплексу мікропроцесорних вузлів у цій мережі немає нагальної потреби встановлення одночасно всіх без винятку зв'язків, а достатньо виконати базове регулярне з'єднання. Воно буде відповідати достатньо примітивній, але функціонально працездатній мережі передавання інформаційних блоків до

кінцевого отримувача за естафетним принципом від одного вузла до іншого послідовно по встановленому ланцюжку. При цьому втрачається висока проектна швидкодія, але залишається загальна працездатність як у звичайній (нерезервованій) кільцевій мережі.

Але в цій заявці на патент немає жодного опису будь-яких варіантів використання такої інформаційно-вимірювальної системи для вимірювання сталих чи змінюваних рівнів поточного радіохвильового випромінювання об'єктами дослідження. Хоча взагалі таке є можливим як для подібної достатньо універсальної структури, але для досягнення задовільних, а тим більше оптимальних показників якості та ресурсної економічності саме подібне специфічне використання потребує нових принципових конструктивних рішень для раціонального підключення відповідних давачів, що зі свого боку є приєднаними до мікропроцесорних вузлів. Передбачене в прототипі безпосереднє з'єднання у кожному послідовному ланцюжку спеціалізованого швидкодіючого давача і прецизійного вимірювального перетворювача з відповідно адресованим цифровим входом (портом) мікропроцесорного вузла дійсно забезпечує можливість отримувати цифрові відображення амплітудних значень досліджуваної змінної із найвищим верхнім лімітом її складових частот у спектрі складного сигналу. Для сучасних універсальних мікропроцесорів, здатних до задовільної підтримки одночасно обчислювальних і комунікаційних процесів мережевого спрямування, обмеження для аналогово-цифрового перетворення за теоремою Котельнікова-Шенона навряд чи перевищить величину у 1...2 ГГц. Хоча для практики більшості видів вимірювань це є виключно високий показник. Такого рівня швидкодії може бути вкрай недостатньо для безпосереднього опрацювання тих видів сигналів, що можуть виникати в радіочастотних колах, збуджених зовнішніми ефірними надвисокочастотними (НВЧ) сигналами. Тобто є очевидним, що для використання запропонованої прогресивної структури з'єднання та взаємодії основних вимірювальних та обчислювальних блоків для досягнення необхідних високих метрологічних характеристик потрібно цілеспрямоване та раціональне доповнення відомої загальної структури інформаційно-вимірювальної системи засобами, що є спеціалізованими у своїх конструктивних рисах для ефективного функціонування в діапазонах частот коливань, які є характерними для процесів модуляції та розповсюдження електромагнітних субміліметрових мікрохвиль, а також для підходу впритул до межі мікрометрових радіочастотних та ближніх інфрачервоних випромінювань, а це частоти на рівні 300...1000 ГГц.

Створення відповідної нової технологічної та приладної бази для проведення вимірювань випромінювання об'єктами природного та штучного походження у вказаних діапазонах, а також отримання достовірних даних про трансформації у хвильовому процесі, включаючи якісні та кількісні зміни, що можуть відбуватися із спектрами сигналів під час проходження електромагнітних хвиль через середовище, яке проявляє певні нелінійні властивості, постає дуже важливою задачею для розробників перспективних технічних засобів як лабораторного, так і прямого технологічного застосування. Актуальність таких задач очевидна, бо вже сьогодні відомі успішні результати дослідження комп'ютерних мережевих комунікацій із несучими частотами сигналів у 536 ГГц.

З проведеного аналізу технічного рівня та оцінки якостей відомих аналогів, а також найближчого аналога - резервованої системи, що її вибрано за прототип, постають принципові обмеження її використання як швидкодіючого засобу при виконанні спеціалізованих вимірювальних операцій в області надвисоких частот електромагнітних хвиль через закладений спосіб підключення давачів, повної відсутності в структурі спеціалізованих блоків для сприймання безпосередньо з ефіру та відповідної обробки широкосмугових радіочастотних сигналів. У вказаній системі також не передбачені будь-які засоби контролю та оперативного налаштування подібних пристроїв, а вони за особливостями форм експлуатації та основ конструкції здатні як до дуже швидкого відпрацьовування зовнішніх регулюючих впливів, так і до сприйняття інших впливів, які можуть надходити разом із корисними сигналами і діяти як випадкові завади у трактах керування, спричиняючи до можливих хибних перетворень у фактичні рівні змінюваного потенціалу чи струму при наданні послідовності команд керування цими пристроями у формі цифрових кодів. Усе це стає реальною причиною суттєвого зниження метрологічних та експлуатаційних характеристик при реалізації інформаційно-вимірювальної системи, в якій її основною сенсорною частиною має бути множина спеціалізованих засобів для взаємодії із середовищем, яке здатне випромінювати або відбивати зовнішнє опромінення у вигляді електромагнітних хвиль. До такого середовища можуть бути віднесені певні форми штучних утворень, які нелінійно перетворюють у НВЧ коливання різні за походженням зовнішні збудження, включаючи потоки високоенергетичних частот.

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, де мікропроцесорні вузли розподілені на окремі функціональні

5 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

10 кластерами одного функціонального рівня утворено зовнішнє замикаюче кільце та від цих кластерів відгалужено діагональні міжрівневі канали міжвузлових зв'язків.

Суттю винаходу є технічне рішення для подолання раніше обговорених принципових недоліків характерних для відомих аналогів і прототипу, а саме досягнення поліпшених метрологічних та експлуатаційних характеристик у різних за своїм призначенням спеціалізованих систем для визначення базових параметрів середовища, яке здатне випромінювати або відбивати зовнішнє опромінення, чи для встановлення наявності та виконання класифікації рухомих, а також прихованих об'єктів, коли все це відбувається шляхом періодичного вимірювання послідовності поточних значень кількох змінних величин для формування базових описів хвиль від свого або вторинного випромінювання, що виникає через розсіювання (відбиття) штучно створених зонduючих хвиль наперед заданої довжини та інтенсивності.

При цьому стає можливим як підвищення надійності поточної роботи та ремонтпридатності системи в цілому, так і отримання важливої часткової діагностичної інформації щодо функціонування окремих регульованих блоків пристроїв, яка стає основою оптимізації налаштувань, виключення з числа отриманих вимірів таких, які мають низький рівень

25 достовірності, а також відновлення на певних ділянках послідовності пов'язаних вимірів в разі втрати в цій частині якого-небудь обсягу проміжних цифрових даних.

Позитивний результат отримано завдяки тому, що до інформаційно-вимірювальної системи введено приймальні модулі, кожний з яких має складену із антенних пристроїв решітку з електричним керуванням апертурою та спрямуванням максимуму променя чутливості, яка виходом сформованого групового радіосигналу за допомогою атенюатора із автоматично змінюваним коефіцієнтом передачі підключена до входу скануючого приймача височастотних коливань, при цьому давачі у керованих складових системи розташовані так, що на них безпосередньо діє змінюване магнітне поле від струму в електричному колі керування або

30 програмовано змінювана напруга на входних терміналах, які приєднані до відповідних аналогових входів керування, а також інші давачі підключені до виходів аналогових сигналів із блоків кінцевих перетворювань височастотних коливань у скануючому приймачі, і при цьому приймальні модулі, що є налаштованими для сприйняття більш високих робочих частот, підключені до мікропроцесорних вузлів, які є приналежними до нижніх функціональних

35 рівнів тієї частини системи, що складає автономну мережу передавання цифрових кодів.

Технічний результат

Підвищені експлуатаційні та метрологічні характеристики інформаційно-вимірювальної системи, що мають бути отримані при використанні даного технічного рішення, забезпечують загальний позитивний техніко-економічний ефект та підвищення технічного рівня проведення

45 тестових випробувань, опису характеристик оточуючого середовища та різного роду просторових аномалій, які можуть бути виявленими завдяки точним вимірюванням рівнів радіочастотного випромінювання від різних об'єктів та інших поверхонь, що розташовані на відстані від сприймаючих антен. При цьому також може бути використаним зовнішнє штучне збудження радіохвильового процесу у будь-якому місці досліджуваного простору, включаючи і

50 саму зону розташування вимірювального комплексу. Це загалом дозволяє із більш високою імовірністю визначати у певній системі координат розташування границі аномалії розповсюдження радіохвиль різної каліброваної частоти і цим більш чітко відповідати на питання про наявність та ознаки прихованих об'єктів, рівень їх нелінійних властивостей та інші можливі реакції на радіо опромінення вибіркоким сигналом.

За умов перенасичення ефіру сумішшю сигналів від різноманітних радіочастотних випромінювачів, виключно важливим стає досягнення не тільки високої роздільної здатності визначення часу відгуку та відносних форм розсіювання для "свого" зонduючого сигналу, що є ключовим у радіолокації, але насамперед отримання достовірних абсолютних значень вимірів

55 рівнів випромінювання, що складається із хвиль шляхом інтерференції та надходження із численних вторинних напрямків потрапляння сигналів, які в кінцевому рахунку і обумовлюють

загальну надійність поточного сеансу локального радіозв'язку, виникнення так званих "мертвих зон" та зон аномальних завад, а також областей, де рівень технологічних радіохвильових коливань є небезпечним навіть для здоров'я людей, а також для забезпечення необхідної якості роботи чутливих діагностичних приладів, коли ці області виникають через роботу численних одночасно працюючих радіопередавальних станцій, як то базових станцій мобільного зв'язку, телевізійних та FM станцій тощо.

Рациональне проектування та виготовлення сучасних радіотехнічних засобів різного спрямування неможливе без позитивного вирішення задач досконалого проведення просторових радіовимірювань як на рівні підготовчих робіт, так і під час пуско-налагоджувальних та атестаційних випробувань, коли достовірність та фінансові витрати суттєво залежить від реально доступних методик робіт та використаної надійної приладної бази для польових вимірювань.

Перелік фігур креслення

Зображення на фіг. 1 надає вигляд кластера системи, сформованого з трьох мікропроцесорних вузлів з міжвузловими каналами зв'язку, що є відгалуженнями від інтерфейсних пристроїв, при цьому давачі розташовані серед блоків, які входять до складу приймальних модулів.

На фіг. 2 відображено підключення давачів, що приєднані до блоків приймальних модулів, до вимірювальних перетворювачів у мікропроцесорних вузлах, які в мережі передавання цифрових кодів розташовані на трьох функціональних рівнях, показаних тут як умовні паралельні площини у просторі.

Фіг. 3 розкриває склад блоків приймального модуля та умовне розміщення в їх межах давачів, що є підключеними до відповідних перетворювачів у мікропроцесорному вузлі.

Часові та параметричні діаграми на фіг. 4 у графічній формі розкривають причину виникнення похибки від недосконалості засобів керування зміною налаштувань та форму її зменшення у відповідності із запропонованим технічним рішенням.

Часові діаграми на фіг. 5 відображають дві послідовні фази зміни діючих рівнів керуючих та вихідних аналогових сигналів, що синхронізовано діють у трьох приймальних модулях системи.

Зображення на фіг. 6 ілюструє досягнення підвищення точності вимірів через розподіл величин відхилення від певного номінального значення вимірюваної величини для трьох приймальних модулів з мікропроцесорними вузлами одного кластера.

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу

Елементами, що у запропонованій системі формують загальні аналогові входи для сигналів із верхніми гармонійними складовими до частот у 1000 МГц, є давачі 1 (Фіг. 1), що приєднані до відповідних вимірювальних перетворювачів 2. Цифровий вихід кожного з вимірювальних перетворювачів 2, у свою чергу, приєднано до вхідних пристроїв (наприклад, приймальних регістрів), керованих мікропроцесором 3 через наявні в типовій конструкції мікропроцесорного комплексу специфічні шини адрес та даних. Також до мікропроцесора 3 приєднаний інтерфейсний пристрій 4, від якого в різні боки відгалужені лінії передавання цифрових кодів, що утворюють канали зв'язків 5. Кожен комплекс функціональних блоків 1-4 існує в цій системі як основа її мікропроцесорного вузла 6, в складі якого можуть бути також швидкодіючі запам'ятовуючі пристрої для зберігання великих масивів даних та інші додаткові блоки (наприклад, для внутрішньої діагностики та подібні), що не впливають принципово на особливості конструкції інформаційно-вимірювальної системи згідно з даним технічним рішенням.

Канали зв'язків 5, що виходять з інтерфейсного пристрою 4 одного мікропроцесорного вузла 6, закінчуються приєднаними до такого ж інтерфейсного пристрою іншого мікропроцесорного вузла, тому вони є каналами міжвузлових зв'язків. Три канали 5 міжвузлових зв'язків з'єднали між собою три мікропроцесорних вузла 6 в єдине конструктивне угруповання, яке в прототипі та у цьому описі носить назву "кластер". В межах кластера кожний з його мікропроцесорних вузлів 6 підключено 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.

Уся множина наявних у системі мікропроцесорних вузлів 6 розподілена по окремих функціональних рівнях, з яких виділено умовно вищі та нижчі 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 8, каналами міжвузлових зв'язків 9 до одного вузла 6 на вищому рівні 7, які у цьому разі виступають як "прямі міжрівневі" канали.

Через прямі міжрівневі канали 9 міжвузлових зв'язків забезпечено трансляцію даних (цифрових кодів), отриманих від давачів 1, приналежних будь-якому з мікропроцесорних вузлів кластера на нижчому рівні 8 до мікропроцесорного вузла 6 на рівні 7, що є більш високим. Існування в системі такого фізичного зв'язку між мікропроцесорними вузлами 6 надає постійний інформаційний зв'язок між функціональними рівнями трансляванням цифрових кодів через один безпосередній шлях, а також через будь-який із чотирьох альтернативних шляхів. Додатковими каналами 10 міжвузлових зв'язків з'єднано мікропроцесорні вузли 6 суміжних кластерів, приналежних одному логічному рівню, в одне у групування, що в прототипі та у цьому описі назване "домен". З'єднання послідовно каналами 5 та 10 міжвузлових зв'язків виконано так, що вони утворили постійно існуючий спільний для трьох кластерів кільцевий шлях із шести каналів (5, 10, 5, 10, 5, 10) міжвузлових зв'язків.

В запропонованій формі побудови автономної мережі передавання цифрових кодів, як і у прототипі, між мікропроцесорними вузлами 6 на різних функціональних рівнях системи виконано також їх з'єднанням за допомогою додаткових "діагональних" міжрівневих каналів 11 міжвузлових зв'язків, які поєднують три мікропроцесорні вузли 6 кластерів одного з доменів на нижчому функціональному рівні із закономірно визначеними трьома мікропроцесорними вузлами 6 різних кластерів вищого рівня. Завдяки введенням в конструкцію згідно такого опису фізичним та інформаційним зв'язкам між мікропроцесорними вузлами 6 у мережевій частині інформаційно-вимірювальної системи досягнуто безперебійного обміну цифровими кодами навіть при розриві чи інформаційному блокуванні кількох каналів 5 міжвузлових зв'язків. Таким чином є встановленим швидкодіючий резервований системний зв'язок будь-якого давача із будь-яким із мікропроцесорних вузлів 6, коли програмним шляхом стає сформованим відповідний запит для обслуговування саме цього давача - зчитування вимірювальної інформації, що тут існує в формі аналогових сигналів.

Відповідно захищені від впливу зовнішніх електромагнітних полів, які можуть бути джерелом завад, та екрановані для уникнення крослінійних передач багатопровідні дріотові чи кабельні конструкції гальванічних (гальвано-оптичних) ліній для якісного передавання аналогових сигналів від давачів 1 до перетворювачів 2 у мікропроцесорних вузлах 6 упаковані разом у вигляді спеціальних джгутів 12 (системних аналогових шин). Такі джгути 12 як конструктивні засоби у запропонованій інформаційно-вимірювальній системі необхідні для встановлення потенціального електричного зв'язку із віддаленими на кілька метрів і більше від мікропроцесорних вузлів 6 комплексами із блоків радіотехнічних пристроїв, які складають приймальні модулі 13. Просторове розташування приймальних модулів 13 може бути жорстко обумовлене довжиною кратних відрізків у півхвилі радіосигналу, який є об'єктом дослідження.

Кожний із приймальних модулів 13, крім інших типових конструкцій, обов'язково включає складену із антенних пристроїв 14 решітку з електричним керуванням апертурою та спрямуванням максимуму променя чутливості, атенюатор 15 та скануючий приймач 16, які разом є адаптованими для сприйняття та обробки в аналоговий спосіб надвисокочастотних (НВЧ) коливань у вибраному для вимірювань діапазоні частот.

Конструктивною особливістю означених блоків 14-16 приймальних модулів 13 є вбудовані в них спеціалізовані засоби для дистанційного встановлення (програмування) варіацій їх поточних налаштувань (remote control) переважно використовуючи аналогову зміну рівнів струму або напруги, що діють через термінали відповідних входів для сигналів керування. Крім давачів 1, що приєднані до приймальних модулів для сприйняття аналогових сигналів із блоків кінцевих перетворювань високочастотних коливань у скануючих приймачах 16, в запропонованій системі введені окремі групи інших давачів, які забезпечують отримання сигналів у аналоговій формі, що характеризують миттєвий поточний стан налаштувань кожної керованої решітки з антенних пристроїв 14 та самого підключеного до неї атенюатора 15 відносно досліджуваного групового радіосигналу, сприйнятого з ефіру.

Група давачів 17 (Фіг. 3), яка переважно розташована так, що на них безпосередньо діє змінюване поле, яке намагнічує феритовий осередок у кожному фазообертаючому блоці НВЧ тракту до вимірювальної антени пристрою 14. Друга подібна група давачів 18 також чутлива до змін напруженості магнітного поля, але тут давачі розташовані переважно в межах НВЧ перемикачів (відгалужувачів), які обумовлюють миттєві значення параметрів функції передачі НВЧ тракту до цього антенного пристрою 14.

Струм, що витікає з боку виходів відповідних генераторів команд-апаратів керування решіткою антенних пристроїв 14, в кожному з них проходить через котушку з феритовим

осередком і цим задає поточний рівень його магнітного стану - напруженості поля в осередку, що згідно із відомою нелінійною залежністю обумовлює відповідне ефективне значення його відносної магнітної сталої, а через це надає вплив процесів в осередку на показники в характеристиках розповсюдження НВЧ хвиль у цій області і змінюючи, наприклад, зміщення фазового кута коливань вздовж радіолінії.

Давачі груп 19 та 20, що також через дротові лінії у джгуті 12 гальванічним або гальвано-оптичним способом підключені до перетворювачів 2, розташовані у блоках атенюаторів 15. Коефіцієнт передачі цих атенюаторів в запропонованій інформаційно-вимірювальній системі є регульованим автоматично у відповідності із поточним рівнем групового радіосигналу, що його сформовано решіткою антенних пристроїв 14. Залежно від конструкції атенюаторів 15 в них можуть бути застосовані як магнітні, так і електричні польові засоби керування, а також їх комбінації. В групах давачів 19 та 20 (фіг. 3) передбачені обидва різновиди чутливих органів (магніторезисторів на ефекті Холла, оптоелектронних магнітометрів чи оптоелектронних електрометрів тощо), а також за спеціальною схемою вибрані місця розташування давачів так, що вони безпосередньо сприймають дію струму керування через створюване ним магнітне поле (як у фазообертаючих блоках в трактах вимірювальних антенних пристроїв 14), або прикладену різницю потенціалів на електродах поляризації діелектричних вставок чи в разі недопущення такого на відповідних входах керування через узгоджуючі електронні схеми, які передбачені у конструкціях цих давачів.

В межах блоків, які складають конструкцію скануючого приймача 16 високочастотних коливань, розташовані групи спеціалізованих давачів 21, 22 та 23, що також залежно від конструкції керованих органів можуть бути як магніточутливими, так і сприймаючими різницю електричних потенціалів безпосередньо на органах чи входах керування. Серед них є ті, що встановлені безпосередньо у блоці першого гетеродину, що діють для швидкого визначення робочої частоти генерованих сигналів, завдяки якій за допомогою фільтрів самого приймача фактично виділяють із множини коливань групового радіосигналу з виходу решітки антенних пристроїв 14 саме ту смугу, процеси в межах якої підсилюють у вузькосмуговому підсилювачі до рівня, достатнього для роботи детекторів.

Давачі 22 розташовані у блоці фільтрів проміжної частоти, що обумовлюють ширину змінюваної смуги частот, в межах якої виконано основне підсилення високочастотних коливань скануючим приймачем. При цьому давачі 23 безпосередньо сприймають напруженість магнітного чи електричного полів, які контролюють стан керування у блоці детекторів досліджуваних сигналів, де через ці поля у аналоговий спосіб періодично задають як змінні налаштування значення рівнів чутливості, наприклад, поточні рівні порогів чутливості для оптимізації редукції шумових сигналів.

Швидкодіючі давачі 1 (Фіг. 1-3) сприймають безпосередньо той сигнал - електричний чи магнітний (як то, наприклад, із диференціальних трансформаторів блока детекторів), що є основним вихідним із скануючого приймача 16 високочастотних коливань та який є кінцевим результатом радіочастотних перетворень у ланцюгах усього приймально-вимірювального тракту кожного приймального модуля. Такий приймально-вимірювальний тракт побудовано як засіб адаптації та покаскадного зниження частоти ефірних гармонійних коливань діапазону дослідження НВЧ процесів, де коливання можуть бути модульованими у різний спосіб завдяки дії природних факторів, або ж штучно сформованими сигналами від допоміжних засобів, наприклад, з метою підвищення стійкості до шумів чи роздільної здатності за умов використання окремих методів вимірювання (як то частотномодульовані чи кодовані сигнали у радіолокації).

За будь-яких умов наскрізний приймально-вимірювальний тракт приймального модуля має таку конструкцію, де верхні гармонійні складові в реальному спектрі сигналів, що діють на вході давачів 1 (виходи після блоків детекторів), не перевищують за частотою межі паспортної чутливості комплексу "давач 1 - перетворювач 2", при дотриманні якої збережено їх номінальна точність перетворення аналогової величини у її цифровий образ, направлений для зберігання у запам'ятовуючий пристрій мікропроцесорного вузла 6.

Поточні аналогові сигнали від давачів 1, що підключені до перетворювачів 2 у найбільш швидкодіючому каналі кожного мікропроцесорного вузла 6, забезпечують постійне оперативне оновлення первинних масивів вимірюваних даних, які є змістом відповідних буферних запам'ятовуючих пристроїв цього ж вузла (на фіг. 1 вони показані символом "прямокутник", графічно поєднаним із символом системної шини мікропроцесора). За допомогою інтерфейсного пристрою 4, який є в кожному мікропроцесорному вузлі 6, усі поточні дані вимірів від будь-якого давача 1 є доступними за запитом на трансляцію зі всіх інших мікропроцесорних вузлів 6, при цьому незалежно від функціонального рівня, до якого належать ці вузли. Тобто між технічними засобами як в аналоговій, так і в цифровій частинах інформаційно-

вимірювальної системи досягнуто повного об'єднання функціональних вузлів: конструктивного (це описані вище необхідні електричні зв'язки) та інформаційного (відповідні цифрові кодові конструкції та резервовані фізичні шляхи і ефективно діюча система адресного направлення кодів). Таким чином особливості радіохвильового процесу, які сприйняті разом із ефірним сигналом та "шумом" безпосередньо решіткою антенних пристроїв 14, із мінімальною технічно обумовленою затримкою на аналогово-цифрову обробку даних є відображеними у масивах цифрових кодів у мікропроцесорних вузлах 6 на всіх, у тому числі і на верхніх рівнях інформаційно-вимірювальної системи.

Кожний із антенних пристроїв 14, що входить до складу решітки із керованою апертурою та спрямуванням максимуму променя чутливості, підключений до "збиральної лінії" фідера групового сигналу через індивідуальний пристрій формування величини кута фазового зрушення хвильового процесу, і в ньому встановлено давач 17 із відповідної групи. Керування поточною величиною цього кута здійснено направленням встановленого програмованим команд-апаратом струму через обмотку на феритовому осередку або різниці потенціалів, що поляризує активний прошарок діелектрика. Аналогове керування виконано переважно у "ключовий" спосіб, коли від команд-апарата надходять вказані носії потрібного рівня налаштувань з переходом у вигляді "стрибка" струму або напруги на величину, яка обумовлена заміною одного цифрового коду на інший на регістрах цифро-аналогового перетворювача (ЦАП).

На фіг. 4, де за правилами графо-аналітичних побудов об'єднані діаграми, що пояснюють співвідношення окремих процесів під час керування та отримання інформації про діючі налаштування, на часовому графіку з координатами по ортогональних лініях 24 та 25 як осях подано орієнтовний вигляд перехідного коливального процесу, коли відбувся перехід у новий стан налаштувань "стрибком" до рівня 26. Вважаючи, що це технічний команд-апарат, який у своєму ядрі має реальний цифро-аналоговий перетворювач, а його вихідні каскади - це ординарні електронні підсилювачі, що як правило не мають атестації засобів вимірювання, їх вихідний аналоговий сигнал може симетрично та із однаковою імовірністю відхилитися у межах, окреслених лініями рівнів 27 та 28 (різниця у межах симетрично до величини "ціни" одного молодшого двійкового розряду).

Графік, показаний у координатах із лінією 25 та лінією 29 відображає фрагмент характеристичної кривої функціональної залежності вибраного регульованого параметра від рівня керуючої аналогової величини (25 - спільна лінія як паралельне перенесення з нижчої часової діаграми). Кожна точка на характеристичній кривій відповідає або фактичному куту зрушення фази, або величині передаточної функції по НВЧ сигналу, або порогу чутливості залежно від конструкції того радіотехнічного блока в системі, де саме відбувається керування. Номінальному значенню рівня по лінії 26 відповідає точка 30 пересічення із характеристичною кривою функціональної залежності регульованого параметра для поточних налаштувань. Але через природні та технічні причини, які продовжують існувати як в період калібрування, так і при експлуатації інформаційно-вимірювальної системи, і наслідки яких проявляються у будь-який не прогнозований час, миттєвою робочою точкою поточних налаштувань може виявитися яка-небудь інша, що лежить на згаданій кривій від позиції 31 до позиції 32. Навіть коли команд-апарат забезпечує можливість формування "стрибка" точно до номінального значення на рівні лінії 26, фактичний аналоговий сигнал, що обумовлює миттєві значення для рівнів керування має суттєву часову коливальну залежність через вплив перехідного процесу в електротехнічних колах з реактивними опорами для сигналу керування, і тому ці рівні в часовому перерізі відповідають будь-якому з усієї множини точок на графіку 33.

Із наведених графіків часових (лінія 24) та функціональних залежностей (лінія 29) виходить, що очікувані миттєві значення налаштувань для будь-якого із регульованих радіотехнічних блоків системи можуть лежати в очікуваних межах із найбільшим відхиленням до величини, що позначена відрізком 34, але діапазон відхилень ніколи не буде меншим за відрізок 35 через невизначеність незалежного від процесів керування налаштуваннями моменту самого акту "зчитування" вимірювальної інформації, коли відбувається дельта-перетворення аналогової величини у її цифровий образ. Очевидно, що стартовий строб імпульс такого процесу буде після спрацьовування АЦП у команд-апараті, а який саме момент після цього зафіксує, наприклад, перетворювач 2 у відповідному мікропроцесорному вузлі 6 може залежати від багатьох інших причин, на які не впливає команд-апарат як складова приладів керування.

У координатах з лініями 36 та 37 (фіг. 4) побудовано як два відрізки умовно лінеаризовану криву залежності функції давачів із груп 17-23 від фактично діючої величини впливу керування. Стосовно поточного рівня керування, для спрощення пояснень цього процесу тут показано ефект такого впливу через характеристичну криву функціональної залежності регульованого

параметра від рівня керуючої аналогової величини в координатах ліній 25 та 29. Таке можливе через передбачену конструкцією в цій системі мінімальну технологічну відстань самого давача від середовища, яке є активним в процесі регулювання, і за умови, що керуючий вплив стає для них спільним. Координатна вісь по лінії 36 є чисельно подібною до градуювань по лінії 29, які показують фактичні рівні змінюваних налаштувань у термінах, наприклад, фазовий кут чи коефіцієнт передачі тощо. На лінії 36 цьому ж відповідають рівні активації давачів груп 17-23, які своїми аналоговими виходами, де діє поточна величина з множини 37, підключені до відповідних входів вимірювальних перетворювачів 2 мікропроцесорних вузлів 6 цифрової частини інформаційно-вимірювальної системи. Постійно існуюча у будь-якій аналоговій (включаючи аналогово-цифрову) системі вимірювань похибка відображення реальної фізичної величини на цій діаграмі показана як факт розщеплення характеристичної кривої на дві лінії із зазором 38. Це означає, що незалежно від фактично діючого керуючого сигналу команд-апарата, який у просторі часу функціонування системи може бути не прогнозованим у межах ліній 27 та 28, хоча за протоколом показників він зафіксований як діючий на рівні 26, у системі із запропонованим розташуванням і підключенням давачів рівень актуалізованого керування завжди є визначеним із похибкою, не більше за відрізок 38. Залежно від якості конструювання із накладанням певних техніко-економічних обмежень та номенклатури використаних матеріалів співвідношення у порівнянні відрізків 34 (а тим більше 35) і відрізка 38, які ілюструють величини очікуваних відхилень, відмінність може становити від 5 до 100 у кратному виразі. Тобто запропонована форма опису актуалізованих чи фактично діючих налаштувань через дані від давачів 17-23 постає краще деталізованою за охопленням усіх блоків та суттєво більш точною за відображенням миттєво діючих величин.

Виходячи із того, що у радіотехнічному вимірювальному тракті є ланцюжок перетворень, де включено послідовно не менше чотирьох регульованих блоків, налаштування яких прямо і безпосередньо впливають на отриманий поточний вимір, який в подальшому виступає складовою даних до характеристики випромінювання об'єктів досліджуваного середовища, якість визначення усіх встановлених на час експериментів змінюваних налаштувань прямо впливає на гарантовану атестацією та очікувану точність системи. При цьому очевидно, що будь-яка інша інформаційно-вимірювальна система без давачів 17-23, які не передбачені в її конструкції, за всіма ознаками тестів, що можуть бути проведені для виявлення лише функціональних недоліків, має бути визнаною як повністю працездатна, але її вимірювальний потенціал є значно заниженим. Хибним у такому випадку є сам принцип, за яким апіорі встановлено, що цифровий код для команд-апарата стає єдиним і однозначним забезпеченням відповідного діючого аналогового сигналу для налаштувань, а також прийнято за подібними кодами фіксацію атрибутів протокольних параметрів умов для поточних вимірювань.

Характерним є і те, що числові дані, отримані як виміри зовнішньої дії поля електромагнітного випромінювання досліджуваних об'єктів, хоча і не можуть відповідати в окремі інтервали часу тому рівню якості, що дійсно забезпечує матеріальна частина інформаційно-вимірювальної системи, коли вони розглянуті у всьому просторі інформаційного навантаження, все ж є достатньо досконалими для їх використання за прямим призначенням. Проблема, яка тут є вирішеною завдяки запропонованій конструкції додаткових електричних (гальванічних чи гальвано-оптичних) ліній та введенням нових інформаційних потоків із розташованих і підключених в описаний спосіб давачів груп 17-23, до цього була пов'язана із недостатньою обізнаністю у перебігу процесів, що відбуваються при реальній експлуатації та оперативному керуванні шляхом зміни налаштувань. Доповнення числових даних, що сформовані на підставі аналогових величин від давачів 1, новим комплексом даних в аналоговій формі, які отримані від груп давачів 17-23, однозначно описують ті миттєво діючі умови, за яких ці числові значення основних вимірів були отримані. Таке дозволяє оперативно виконати відповідну корекцію, коли встановлено через аналіз додаткових даних, що похибка виникла через відхилення від номінальних значень, наприклад, під час формування функції передачі окремих блоків вимірювального тракту, а тому стає виправленою лише завдяки цілеспрямованій зміні масштабу відображення скалярної частини виміру.

В більш складних випадках, коли, наприклад, є відхилення від визначеного напрямку максимуму чутливості, з якого отримано ефірні сигнали, а тому коректні виміри відбуваються поза очікуваними границями, за допомогою відповідного модуля програмного забезпечення мікропроцесорного вузла 6 постає зафіксованою відповідь, чи вкладаються отримані дані у просторове поле, яке визначене для дослідження. Інакше, без додаткових даних подібні окремі "неприцільні" виміри мали б суттєво погіршити загальну точність, підвищивши складову похибки у серії. Однак із отриманням додаткової інформації і такі дані замість вилучення можливо утилізувати. Коли вони коректно атрибутовані діючими поточними умовами, то лише мимоволі

розширюють зону досліджуваного простору, надаючи нові відомості з його периферії. Таке, у свою чергу, підвищує точність основних вимірів завдяки появі "еластичної границі" основної зони при її зрушенні.

У запропонованій інформаційно-вимірювальній системі самою її структурою багатопроцесорної цифрової частини передбачено можливість отримання інформації її видобутком із численних незалежних аналогових джерел, де тільки можливо конструктивно розташувати давачі 1 і групи давачів 17-23 та підключити їх до перетворювачів 2, які за своїми технічними властивостями не вносять більші за розрахункові методичні похибки через часове та рівневе квантування відповідної безперервної реальної змінної. Крім описаних раніше конструктивних та інформаційних зв'язків між блоками, які є у приймальному модулі 13 та мікропроцесорному вузлі 6, в запропонованій інформаційно-вимірювальній системі встановлено системно обумовлені конструктивні зв'язки між кількома різними за своїм призначенням іншими приймальними модулями 13 та кластерами із мікропроцесорних вузлів 6.

В межах одного кластера підключено щонайменше три незалежних приймальних модулі 13, давачі яких (поз. 1 та 17-23) з'єднані із перетворювачами 2 лініями гальванічних (гальвано-оптичних) зв'язків, прокладених у джгутах 12 (фіг. 1-3). Кожний із трьох приймальних модулів адаптований для вимірювань у встановленому для них однаковому діапазоні частот досліджуваних коливань. В межах цього діапазону завдяки наявним в конструкції електротехнічним та електронним засобам керування поточними налаштуваннями забезпечено швидкісне та переважно безінерційне сканування із звуженою до технічного мінімуму смугою частот, фактична ширина якої теж може бути програмовано розширена у межах, заданих оперативним керуванням відповідними налаштуваннями.

Антенні пристрої 14, що складають керовану антенну решітку, підключені до "збираючої лінії" відомим способом через фазообертаючі пристрої та високочастотні перемикачі так, що виконано як кероване за програмою підключення необхідної кількості антенних пристроїв 14, а також і відносне фазове зрушення між струмом високої частоти для живлення кожного з них. Керування за допомогою електричних сигналів, що надіслані до фазообертаючих пристроїв та перемикачів у кожну мить експлуатації задає комплекс (множину) діючих рівнів індивідуальних налаштувань, що обумовлюють апертуру (через кількість реально задіяних антенних пристроїв) та відносне просторове спрямування променя максимуму чутливості відносно центральної осі пристроїв у решітці.

На фіг. 5 у вигляді суміщених часових діаграм показано умовні розбіжності в часі опитування трьох однотипних давачів із груп 17-23 у межах двох суміжних часових інтервалів зміни поточних налаштувань для сканування по частоті в межах діапазону, або ж у просторі спрямування максимуму променя чутливості (фізично це однотипні процеси, що відбуваються у різних пристроях). Від початкового рівня, який показує лінія 27 (її взято за аналогією, що була обговорена для процесів на діаграмах фіг. 4) у першому інтервалі виконано перехід "стрибком" керуючого сигналу в напрямку до рівня 26, але його можливо досягти рухаючись у часі лише за формою коливальної кривої 33 перехідного процесу (Фіг. 4, 5). В усіх трьох приймальних модулях 13, приналежних до мікропроцесорних вузлів 6 кластера виконано "зчитування" аналогової величини шляхом, наприклад, дельта фіксації, але воно відбулось у природно різні миттєвості, які вкладено у технічно обумовлені норми лімітів часу кожного періоду. Ці миттєвості означені умовними прямокутниками 39, 40 та 41, що відображають аналогові амплітуди зафіксованих рівнів налаштувань відповідно для усіх трьох однотипних керованих блоків приймальних пристроїв 13. Кожна із зафіксованих амплітуд через вплив перехідного процесу є відхиленою від рівня лінії 26 на певну величину, як це показано на прикладі із зазором 42.

За допомогою давачів 1 з виходів детекторів скануючих приймачів отримано у вигляді меандрів імпульсів амплітудні значення 43, 44 та 45, які після відповідної обробки покладені в основу формування вимірів досліджуваного сигналу у трьох приймальних модулях 13 у ті ж миттєвості, коли були отримані дані про поточні налаштування 39, 40 та 41. Таким чином для формування результату виміру за поточну миттєвість буде в кожному мікропроцесорному вузлі 6 враховано не одне амплітудне значення 43, 44 чи 45, а ще у додаток масив (а взагалі кортеж) із усіх зафіксованих миттєвих амплітуд (векторів) 39, 40 та 41 для всіх регульованих команд-апаратами керованих радіотехнічних блоків.

Розрядність представлення цих даних у кодованій формі, темп транслявання таких кодів та форма запису інформаційних "слів" у цьому форматі залежить від швидкодії та технічно досяжного рівня точності. Але очевидно, що їх обробка кожного разу проходить синхронно із даними від давачів 1 як необхідний атрибут поточних вимірів, що обумовлює фізичну приналежність отриманого результату. Горизонтальні міжвузлові зв'язки із сусідніми мікропроцесорними вузлами 6 надають можливість при необхідності порівнювати кодований

(технічний) вираз виконаних поточних налаштувань по факту їх відображень на підставі аналогових величин разом із базовими проміжними результатами вимірів, що зафіксовані мікропроцесорами в пам'ятовуючих пристроях вузлів 6, та оперативно виявити можливі недоліки у функціонуванні керуючих засобів.

Діючи у такий спосіб із певними відхиленнями 46 та 47 від рівня 28 налаштувань у наступному суміжному вимірювальному періоді отримано меандри з амплітудами 48, 49 та 50, що зафіксовані давачами 1 на виходах трьох скануючих приймачів. Порівняння переважно їх цифрових образів безумовно виявить розбіжність 51, причину виникнення якої при вимірюванні однакових величин різними комплексами технічних засобів в системі визначить програмний модуль реального часу для поточної оцінки результатів, що є активованим одночасно у цих мікропроцесорних вузлах 6 і який так працює завдяки обміну даними по каналах 5 міжвузлових зв'язків.

Крім інших причиною виявленої розбіжності абсолютних значень цих вимірів може бути невідповідність налаштувань, де є відхилення 46 та 47. Похибка такого роду із великою імовірністю буде усунута автоматично при зведенні масштабу цифрових даних обрахунком до одного визначеного спільним фактичного рівня змінюваних налаштувань.

Різниця 52 в амплітудах у вимірах 43 та 48, навпаки, дією програмного модуля оцінки результатів може бути підтверджена, як природна відмінність, що виникла при вимірах за дійсно програмованих окремих поточних налаштуваннях, наприклад, у суміжній частотній смузі, де працює інший випромінюючий об'єкт, або ж при іншому спрямуванні максимуму чутливості комплексу антенних пристроїв 14 як складових решітки.

На суміщених графіках (Фіг. 6) кількісного розподілу отриманих відхилень у оброблених в цифровій формі із урахуванням даних про налаштування масивів вимірів показано три лінії, що є огинаючими вершин прямокутників гістограм із кількості окремих результатів із однаковими показниками для різних приймальних модулів. Таке є реальним відображенням унікальності будь-якого вимірювального приладу, який є подібний до інших аналогічних екземплярів тільки завдяки технічно обумовленій тенденції у їх статистичному наближенні для великої кількості вимірів однакових величин до певного центрального значення, яке вважають номінальним значенням X , наприклад, показаним у вигляді лінії 53.

Кожний з приймальних модулів 13 як вимірювальний засіб залежно від якості калібровки, що її тільки можливо досягти із реально задіяним індивідуальним комплектом конструктивних компонент, є охарактеризованим своєю кривою розподілу відхилень вимірів, які умовно показані лініями 54, 55 та 56 із екстремумами, що не співпадають. Крива 54 показана із вершиною, що лежить зліва від лінії 53 та двох інших вершин як ілюстрація цілком імовірної стабільної похибки, внесеної, наприклад, через вади калібрування. Три синхронно працюючих приймальних модулі 13 орієнтовані своїми поточними налаштуваннями на вимірювання однієї і тієї ж величини X серією послідовних експериментів (спроб). Тому побудова сумарної кривої 57 на підставі даних з кривих 54-56 є правомірним кроком. В результаті фактична кількість вимірювальних експериментів за той самий час є збільшеною у тричі, а число окремих вимірів, що відхилені від лінії 53 на величину, яка не більше заданої вимогою дотримання класу точності, суттєво зростає. При цьому також може бути виявлене постійне однобічне відхилення 58, пов'язане, наприклад, із самим застосованим методом вимірювання. У порівнянні із аналогічним результатом синхронної роботи трьох вимірювальних каналів з приймальними модулями 13 без використання виміру та урахування кожного з миттєвих станів налаштувань, керованих аналоговими сигналами, які можуть із природних та технічних причин не співпадати із номінальними значеннями, має вигляд кривої 59. Тут також є максимум біля лінії 53 із можливим відхиленням на величину 58, але кількість отриманих результатів вимірів із дійсно великою похибкою під час окремих експериментів є суттєво більшою через причини, на які було вказано раніше і проілюстровано позиціями 26-28, 34, 42, 46, 51 та 52 на фіг. 4, 5.

Запропонована інформаційно-вимірювальна система призначена для проведення відповідно атестованих точних вимірів для отримання результату у вигляді вектору із двох та більше компонент, залежно від технології самих актів вимірювання: із постійно орієнтованим чи рухомим променем максимуму чутливості антенної решітки; із введенням затримки вимірів відносно сигналу "підсвічування" та кількох параметрів останнього тощо.

Для спрощення ілюстрацій на фіг. 6 суміщено із одномірною діаграмою показників для визначення метрологічної якості відносно вимірюваної величини X (криві 54-57 та 59) аналогічні показники по іншій величині Y , наприклад, плоскому (горизонтальному чи вертикальному) геометричному куту під час синхронного сканування променем максимуму чутливості решітки з антенних пристроїв 14, або ж синхронне сканування у частотній області за допомогою приймачів 16 трьох приймальних пристроїв 13. І все це виконано із оперативним та наступними

перекриваючими один одного процесами цифрової обробки даних від усіх давачів 1 та 17-23 у мікропроцесорних вузлах 6 кластера на одному з функціональних рівнів, що приєднано каналами 5, 9, 11 міжвузлових зв'язків до усіх інших системних угруповань.

Криві 60 довільної форми символічно обмежують простір для діаграм, де існують виміри, що сумісні за їх фізичним змістом, а величина відхилень збільшується при віддаленні від перехрестя ліній X-Y. Овалами показані горизонтальні умовні перерізи у площині, яка паралельна площині з лініями X-Y на висоті, де відображені відхилення, що є близькими до максимальних. При цьому поле, що охоплене овалом 61 відповідає перерізу, де є розподіл відхилень подібний до ілюстрованого лінією 54 одного каналу вимірювань, 62 - до розподілу відхилень 55 для другого каналу, а 63 - аналогічний для відхилень 56 третього каналу. Переривчастою замкненою кривою лінією 64 умовно показано область сумарних відхилень у цьому ж перерізі. Залежно від "висоти" (координата вздовж по лінії перпендикуляру площині X-Y) перерізу усі ці області відхилень звужуються, вказуючи на менші відхилення, тобто більш точні виміри, що мають бути отримані під час експериментів (тестових спроб). Таке проілюстровано умовно через густину положень у цій площині окремих вибірових результатів вимірювання (показані як маленькі кола, квадрати чи трикутники відповідно для кожного з каналів із приймальним модулем 13).

Для даних вимірювань, що отримані тільки обробкою сигналів з давачів 1 (тобто без урахування можливих відхилень налаштувань від програмованого номіналу, які в запропонованій системі є виявленими за показами через обробку аналогових величин від давачів 17-23) область можливих відхилень постає суттєво більшою. Ілюстрація цього є на фіг. 6, де така область умовно обмежена точковою кривою лінією 65, частина якої може заходити навіть за межу несумісних вимірів.

Інформаційно-вимірювальна система, що виконана згідно цього технічного рішення, передбачає крім потужного засобу обробки цифрових кодів на супервізорному рівні наявність ще інших тридцять дев'ять мікропроцесорних вузлів 6, з яких кожний оснащений своїм приймальним модулем. Тому вся подібна система здатна до одночасного сприйняття та паралельної обробки даних досліджуваних ефірних коливальних процесів у дуже широкому просторі запрограмованих налаштувань, перекриваючи одночасно увесь НВЧ діапазон від 100 до 800 000 МГц.

Особливість конструкції інформаційно-вимірювальної системи, що забезпечує відносно однакову роздільну здатність сканування по частоті реалізована тим, що при переході на кожний новий високочастотний діапазон кількість задіяних приймальних модулів є неухильно зростаючою. Так три паралельно працюючих приймальних модулів 13 і мікропроцесорних вузлів 6 в одному кластері на верхньому функціональному рівні при перекритті по діапазону за рахунок усього двократно (в одну октаву) програмованої зміни робочої частоти забезпечують дослідження, наприклад, синхронним скануванням в межах від 100 до 200 МГц. У той же час за цієї конструктивної особливості, яка реалізована в запропонованій системі, вже на середньому функціональному рівні 7 зосереджено три кластери мікропроцесорних вузлів 6, що разом із своїми дев'ятьма приймальними модулями 66 (Фіг. 2) в одному домені за таких же умов перекриття частотного діапазону синхронного сканування здатні забезпечити одночасні дослідження у смузі частот відповідно: а) від 200 до 400 МГц; б) від 400 до 800 МГц; в) від 800 до 1600 МГц.

На нижньому функціональному рівні 8 зосереджено дев'ять кластерів (три домени), що забезпечує огляд одночасно у всьому діапазоні частот від 1600 МГц до 819200 МГц. Його розділено на ділянки із такою самою лише двократною програмованою зміною номіналу по частоті: 1600-3200, 3200-6400, 6400-12800, 12800-25600, 25600-51200, 51200-102400, 102400-204800, 204800-409600, 409600-819200 МГц для ефірних процесів, які є для досліджень розподіленими між двадцятьма сімома приймальними модулями 67 (Фіг. 2), між якими конструктивно встановлено більшість горизонтальних системних міжвузлових зв'язків 5 та 10 для оперативної оцінки якості вимірювань у межах доменів. Крім цього між окремими доменами завжди існують міжвузлові зв'язки 9 та 11. При цьому забезпечено як потрібне дублювання усіх однотипних вимірів, так і передбачене конструкцією необхідне чисельне визначення можливих відхилень від базових програмованих налаштувань шляхом опрацювання всіх фактичних поточних миттєвих показів, наприклад, для заданої частоти коливальних.

Очевидно, що дослідження у визначеній дуже широкій смузі частот окремих проявів хвильової активності можливі лише за умови накладених реальних обмежень на період послідовних вимірів і на розрядність отриманих кодів від перетворювачів 2, а також на прийняті алгоритми для "проріджування" даних із інформаційних областей, які саме у конкретному завданні для вимірювань не несуть "суттєвої інформації", а за протоколом є визнаними як

заповнені сигналами від ефірного "шуму". Але винятком стає постановка нової типової задачі вимірювання, коли потрібен цілеспрямований пошук будь-яких проявів кореляційних залежностей між сигналами із визначеним вузьким частотним діапазоном несучої частоти та виникаючими можливими вищими гармонійними складовими - другою та третьою гармоніками, їх час появи та аналіз змін рівня у різних напрямках.

На відміну від освоєних методик вимірювань, в яких було використано таке за інформативний фактор при роботі нелінійних радарів, в запропонованій системі завдяки можливостям програмування блоків 14, 15 та 16 приймальних модулів 13, 66 та 67 в межах кожного із кластерів мікропроцесорних вузлів 6 цифрової частини із наперед заданою відмінністю у поточних налаштуваннях та "тонке регулювання" у цифровій фазі обробки із використанням протоколів фактично діючих миттєвих рівнів керуючих сигналів, відкрито шлях для реалізації принципово нових інструментальних способів виявлення, наприклад, періодичних змін в описах динамічних характеристик нелінійних об'єктів, що зосереджені десь в межах відокремлених структурних аномалій у сканованому фізичному просторі.

Об'єкти спостереження, що мають як лінійні так і нелінійні включення, при переміщенні останніх в просторі впливають на загальну картину, що її в принципі можливо зафіксувати інструментальними засобами. Такий вплив є дуже малим на тлі постійно діючих шумів, але він має регулярну складову, яка підлягає визначенню через цілеспрямовану послідовну (можливо багатократну ітеративну) порівняльну обробку малих відхилень у зафіксованих достатньо великих за амплітудою значеннях, характерних для самих контурів виявлених аномалій. Висока роздільна здатність завдяки чітко визначеним умовам вимірювань дозволяє порівнювати між собою ті мантиси вимірів із послідовних експериментів, що їх вважають приналежними до однакових включень у середовище досліджуваного об'єкта, а також по характерним змінам у числах визначати ознаки виявленого руху.

Одночасне інструментальне фіксування усієї комплексної картини у просторі фізичних координат та у хвильовому просторі електромагнітних процесів в їх частотному перерізі є за принципом аналогічним до спостереження хроматичних аберацій в технології оптичних досліджень, де такими засобами чітко виявляють місця із недосконаlostями тонких покриттів, дефекти через неоднорідність матеріалу та навіть динаміку розподілу механічних навантажень у моделях деталей машин, виконаних із прозорих середовищ. Програмована зміна радіочастотних смуг досліджуваних сигналів виявляє можливі місцеві резонанси та встановлює часові константи затухань (еквівалентну добротність), що є прямою вказівкою на характер тієї субстанції, що їх обумовлює: твердий резонатор чи середовище із поглинанням збудження.

При натурних експериментах завдяки широкому охопленню та високій досягнутій точності і роздільній здатності цілком реально за допомогою запропонованої інформаційно-вимірювальної системи використати замість спеціально сформованого потужного та синхронізованого із приймальними модулями сигналу зовнішнього передавача як окремий "підсвічуючий" інший радіосигнал від однієї чи навіть кількох мовних радіостанцій, контент яких є доступним в якості еталону через супутниковий зв'язок чи кабельні мережні трансляції для його порівняння у цифровій формі (безумовно із певним часовим зрушенням) з реакцією на таке ж за змістом модуляції збудження ефірного простору між генератором та дослідницьким постом. Зважаючи на комплексний вплив приповерхневого середовища на розповсюдження та інтерференцію хвиль різних частот, таке є важливим інформативним фактором як по відношенню до опису природних складових, так і штучних конструкцій та угруповань із будівель, що створюють численні направлені по різному відбиття радіохвиль, які можуть накладатися.

Замість частини вібраторних антенних пристроїв 14 для вимірювання спрямованого в їх бік електромагнітного випромінювання НВЧ діапазону можливим у запропонованій конструкції інформаційно-вимірювальної системи оснащення приймальних модулів 13 стрижнями чи секторами, що вирізані із кілець, які виготовлені з високочастотного феритового матеріалу із відносною магнітною сталюю у 100...400 одиниць, що несуть на собі котушки у кілька витків дроту і таким чином відіграють роль малогабаритних спрямованих антен для короткохвильового радіодіапазону (1.5...30 МГц) у складі решітки для вимірювань. Така конструктивна реалізація без суттєвої зміни блоків атенуаторів 15 та скануючих приймачів 16 дозволяє понизити частотний діапазон досліджуваних сигналів, що їх кінцево обробляють переважно на верхньому функціональному рівні мікропроцесорних вузлів 6 цифрової мережної частини запропонованої системи, не збільшуючи їх фізичних габаритів за рахунок антенних пристроїв 14, де тепер замість потрібних для цього діапазону 2...5 метрових стрижнів-вібраторів логіперіодичних "драбин" мають працювати 3 сантиметрові змінювано намагнічувані феритові блоки у поєднанні із варикондами.

Практикою точних радіовимірювань доведено об'єктивний вплив на покази приладів зовнішніх механічних коливань, що тим чи іншим шляхом збуджують періодичні мікророзрушення та змінні коливальні напруження у середовищі активних радіокомпонентів. Таке спонукає конструкторів до вбудовування різного роду компенсаторів та амортизаторів для блоків у

приймальних модулях, де відбувається "тонка" обробка аналогових сигналів, через високу ймовірність їх синхронної модуляції вібраціями завдяки так званому "мікрофонному ефекту". У багатьох випадках, особливо при розташуванні приладдя на транспортних платформах, досягти задовільного рівня погашення випадкових поштовхів та інших акустичних впливів не можливо лише завдяки відповідним механічними конструкціями.

У запропонованій інформаційно-вимірювальній системі можливо реалізувати принципово відмінний додатковий шлях обробки інформації для компенсації миттєвих відхилень вимірювань (поточних показів), які є синхронними із аномаліями, що виникли від збуджуючих механічних коливань. Для цього стає достатнім введення додаткових каналів вимірів амплітуд збуджуючих механічних рухів (акустичних сигналів), які діють у зонах найбільш чутливих до цього фактора виникнення помилок активних середовищ регульованих блоків 14-16 приймальних пристроїв 13, 66, 67 та навіть джгутів 12. Дроти кабелів будь-яких джгутів, що несуть високочастотні змінювані напруги, наприклад, від давачів 1 та 17-23 і є приєднаними кожний до свого одного входу перетворювача 2, схильні до проявів формування сторонніх модуляцій амплітуди на тлі основного сигналу через незначну періодичну зміну ємності у цих колах між накладеними через шар ізоляції струмонесучими металевими частинами як обкладинками паразитного конструктивного конденсатора. Такий канал за фізичними властивостями матеріалів, де проявляється механічний вплив, не може бути високочастотним (орієнтовно верхня межа до 300 кГц), а тому його додавання в загальну структуру не складає проблеми зменшення швидкодії системи в цілому через можливість обробки цих даних реального часу використовуючи мультіплексори засоби із послідовним опитуванням та цифровою обробкою комплексних сигналів за встановлений період очікуваних механічних зрушень.

При відповідному вивченні цих впливів на етапі виготовлення екземплярів окремих блоків та наступному введенні додаткової атрибуції через фіксацію моментів акустичних (механічних) коливань так само як сигналів від давачів груп 17-23, стає можливим досягти необхідного рівня точності компенсації шляхом корегування результатів вимірів навіть при значно більших фактичних рівнях зовнішніх механічних поштовхів ніж ті, що залишаються, коли їх гасять завдяки коштовній та складній пасивній амортизації. Це, в свою чергу, відкриває нові можливості для створення більш легких та малогабаритних точних приладів, де зменшено масу та розмір механічних демпферів. Крім цього також вдасться розмістити інформаційно-вимірювальні системи заданого високого рівня метрологічних характеристик на таких рухомих засобах, як залізниця, автотракторні поїзди, вертолітна та швидкісна авіація тощо, де попередньо це вважалось недоцільним із причин природних сильних технічних вібрацій. При цьому, наприклад, завдяки підвищенню точності та швидкодії сканування великих фізичних об'єктів досліджуваного простору при використанні апаратури, що складає комплекси подібні до запропонованої інформаційно-вимірювальні системи, коли вона встановлена на борту, наприклад, гелікоптера замість наземної транспортної техніки із її періодичними зупинками для виконання кожної серії експериментів з вимірюванням, є реальна можливість значної економії часу та матеріальних ресурсів не втрачаючи якості отриманих результатів.

Ще однією додатковою можливістю покращення загального рівня діагностичних та вимірювальних характеристик виступає використання деякої іншої доданої частини описаних вище акустичних каналів (орієнтованих для дослідження механічних пружних процесів) як відносно самостійних безпосередньо вимірювальних (а не компенсаторних) засобів, наприклад, для паралельних атмосферних, ґрунтових чи гідроакустичних досліджень, що є виконаними одночасно і в комплексі із відповідними просторовими дослідженнями у ВЧ чи НВЧ діапазонах.

При неупинно зростаючому рівні інформаційної потужності навіть сучасних малогабаритних восьми ядерних (а в перспективі - вісімнадцяти ядерних) мікропроцесорів резерв програмно-апаратних ресурсів обчислювальних засобів буде неухильно збільшуватися. Цілеспрямоване та комплексне використання такого ресурсу, в свою чергу, надасть нову інформацію про різні за природою проявів динамічні процеси, що відбуваються одночасно (в часовому перерізії), наприклад, при виявленому підвищенні електричної (грозової) активності або при різких змінах локального атмосферного тиску, що супроводжують зони турбулентності, які за своїм розміром небезпечні навіть для транспортної авіації, але вони ще досі залишаються не вивченими достатньо досконало через брак мобільних та всебічних інструментальних засобів вимірювання.

Джерела інформації:

1. ГОСТ 26.003-80. Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией, "Многопроводный магистральный канал общего пользования".
2. Стандарты GPIB, 488.2 и SCPI и их влияние на развитие автоматизации измерений А. Баженов (Лаборатория Atlas Electronic Group) <http://www.asutp.ru/?p=600071>
3. Model KUSB-488B IEEE-488.2 USB-to-GPIB Interface Adapter for USB Port <http://www.keithley.ru/products/accessories/ieee/usb/?mn=KUSB-488B>
4. Крейтовая система LTR - система сбора данных и управления с интерфейсами USB 2.0 и Ethernet (TCP/IP) <http://www.lcard.ru/ltr.php3>
5. Гамма-радиометры РКГ-АТ1320, РКГ-АТ1320А, РКГ-АТ1320В <http://www.atomtex.com/ru/products/radiometry-stacionarnye/gamma-radiometry-rkg-at1320-rkg-at1320a-rkg-at1320b>
6. Измеритель-сигнализатор СРК-АТ2327 <http://www.atomtex.com/ru/products/sistemy-radiacionnogo-kontrolya/izmeritel-signalizator-srk-at2327>
7. Последовательные интерфейсы <http://ref.rushkolnik.ru/v29164/>
8. Коллиматор <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80>
9. Фотоэлектронный помножувач http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%87
10. Звездный электрофотометр <http://infra.sai.msu.ru/vega/sections/4/59.htm>
11. Линза Фабри <http://www.astronet.ru/db/msg/1169494/node15.html>
12. Ручной инфракрасный пирометр Термоскоп 10 <http://www.rospribor.com/catalog/cat/89.html>
13. Стационарный инфракрасный пирометр Термоскоп-800-1С частичного излучения <http://www.rospribor.eom/catalog/view/215.html>
14. LTR114. Универсальный прецизионный модуль АЦП с последовательным опросом каналов <http://www.lcard.ru/products/ltr/ltr114>
15. Тепловизор <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D1%80>
16. Тепловизор ВУНДЕРВАФЛИ https://vk.com/vk_guns
https://vk.com/topic-44671018_29030029
17. Термография http://www.testo.ru/ru/home/products/_teplovizory/termografia.jsp
18. Сканер <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%80>
19. Анализатор иммуноферментный автоматический BioChem Analett EIA (США). (analizator immunofermentnyjj avtomaticheskij biochem_analette sales@laborant.net) http://www.laborant.net/catalog/medicinskoe_oborudovanie_1270/analizatory_dlya_kliniko-dagnosticheskikh_laboratorijj_2961/immunofermentnye_analizatory_ifa_1868/immunofermentnye_analizatory_ifa_2933/analizator_immunofermentnyjj_avtomaticheskij_biochem_analette_eia_hti_p9216
20. Фотометрия пламени эмиссионная <http://www.xmnuk.ru/encyklopedia/2/4888.html>
21. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации <http://airspot.ru/library/book/teoreticheskie-osnovy-radiolokatsii-i-radionavigatsii-uchebnoe-posobie-dlya-vuzov-sosulin-yu-g>
22. Нелинейные радиолокаторы. Реферат. УГАТУ. http://www.coolreferat.com/%D0%9D%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B
23. Нелинейные локаторы (радиолокаторы) <http://www.alt-1c.ru/pages.html?id=5&cat=150>
24. Нелинейный радиолокатор с целеуказателем (RU 2474840)

- <http://www.findpatent.ru/patent/247/2474840.html>
25. Лазерный дальномер ЛД-60
http://www.interskol.ua/catalog/obshhestroitelnyiy_instrument/izmeritelnaya_tekhnika/lazernyy_dalnomer_ld-60.html
- 5 26. Радиодальномер
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80>
27. Радиолокатор малых дальностей (Патент RU 2037843)
<http://www.findpatent.ru/patent/203/2037843.html>
- 10 28. Способ измерения расстояния (варианты) (Патент RU 2234108)
<http://www.findpatent.ru/patent/223/2234108.html>
29. Радиолокационный дальномер (Патент RU 2151408)
<http://www.findpatent.ru/patent/215/2151408.html>
- 15 30. Способ радиолокации с частотной модуляцией непрерывного зондирующего сигнала
<http://www.findpatent.ru/patent/224/2241241.html>
31. Радиолокационный импульсный рециркуляционный радиовысотомер (RU 2282211)
<http://www.findpatent.ru/patent/228/2282211.html>
32. Рециркуляционный радиовысотомер (RU 273862)
<http://www.fmdpatent.ru/patent/227/2273862.html>
- 20 33. Радиолокационный мониторинг. - М.: МАКС Пресс, 2004. - 452 с. (ISBN 5-317-01188-1)
34. Устройство для приема широкополосных сигналов на разнесенные антенны (Патент RU 2119173)
<http://www.findpatent.ru/patent/211/2119173.html>
- 25 35. Телеметрическая система идентификации объектов
<http://www.findpatent.ru/patent/211/2117961.html>
36. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. - Радио и связь, 1993. - 416 с. ил. (ISBN 5-256-00416-6)
37. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. - Киев: Издательство КВЦ. 2000. - 428 с. ил.
- 30 38. АСП 1,0-18,0 Антенная система малогабаритного комплекса РТК с круговым обзором пространства
http://www.etalonpribor.ru/antenni_izmeritelnie_/product/ASP_1_0_18_0_Antennaya_sistema_malogabaritnogo_kompleksa_RTK_s_krugovim_obzorom_prostranstva_/
- 35 39. Измерительная антенна
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B0?uselang=ru>
- 40 40. Антенные посты (диапазон частот 9 кГц - 40 ГГц)
http://www.etalonpribor.ru/antenni_izmeritelnie_/product/ANTENNIE_POSTI_diapazon_chastot_9_kGts_40_GGts_/
41. АС7.28Б Антенна рупорная
http://www.etalonpribor.ru/antenni_izmeritelnie_/product/AS7_28B_ANTENNA_RUPORNAYA_/
42. П6-80/4 Антенна измерительная рупорно-линзовая
http://www.etalonpribor.ru/antenni_izmeritelnie_/product/P6-80_4_Antenna_izmeritelnaya_ruporno-linzovaya_/
- 45 43. П6-81 Антенна измерительная зеркальная
http://www.etalonpribor.ru/antenni_izmeritelnie_/product/P6-81_Antenna_izmeritelnaya_zerkalnaya_/
44. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решёток. Учебное пособие / Под ред. Воскресенского И.Д. - М.: Радиотехника, 2003. - 632 с.
- 50 45. Апертура
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0>
- 55 46. Исследование быстродействующих отражательных волноводных ферритовых фазовращателей КВЧ диапазона / Комиссарова Е.В., Русов Ю.С., Будкин А.А., Крехтунов В.М. (77-30569/248297)
<http://technomag.bmstu.ru/doc/248297.html>
47. Фазовый манипулятор (патент РФ № 2379797)
<http://www.freepatent.ru/patents/2379797>

48. Способ и устройство электрического управления фазой волноводного фазовращателя (патент РФ № 2494500)

<http://www.freepatent.ru/patents/2494500>

49. Свч-фазовращатель на основе полупроводниковой схемы (патент РФ № 2379798)

5 <http://www.freepatent.ru/patents/2379798>

50. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли

http://mirknig.com/knigi/nauchno_popularnoe/1181474681-radiovidenie.html

51. MAT810 - Высокоскоростной программируемый аттенюатор

http://www.etalonpribor.ru/attenyuatori_i_pribori_dlya_izmereniya_oslableniya/product/MAT810_-

10 [_Visokoskorostnoy_programmiruemiy_attenyuator/](http://www.etalonpribor.ru/attenyuatori_i_pribori_dlya_izmereniya_oslableniya/product/MAT810_-)

52. M42143-1 малощумящий широкополосный транзисторный усилитель

http://www.etalonpribor.ru/usiliteli_izmeritelnie/product/m42143-

1 [maloshumyashchiy_shirokopolosniy_tranzistorniy_usilitel_/](http://www.etalonpribor.ru/usiliteli_izmeritelnie/product/m42143-)

53. Вольтметр селективный BK6-18

15 <http://www.rlocman.ru/op/tovar.html?di=70940>

54. Селективный вольтметр

<http://www.zetlab.ru/catalog/programs/scada/description/library/voltmeterSel.php>

55. AR-5000 стационарный сканирующий приемник

http://www.bezpeka.com/ru/lib/tzi_eq/scan-receiver/art480.html

20 56. Интерфейс USB: описание и основы устройств сопряжения

<http://kazus.ru/articles/415.html>

57. Микроконтроллеры сбора данных и управления

http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/AT/M_I-U_S/METOD/UP/frame/5.htm

58. 34970A. Система сбора данных и коммутации (Agilent Technologies)

25 <http://www.astena.ru/34970a.html>

59. Agilent. Измерения параметров радиолокационных станций. Заметки по применению

http://www.astena.ru/radar_0.html

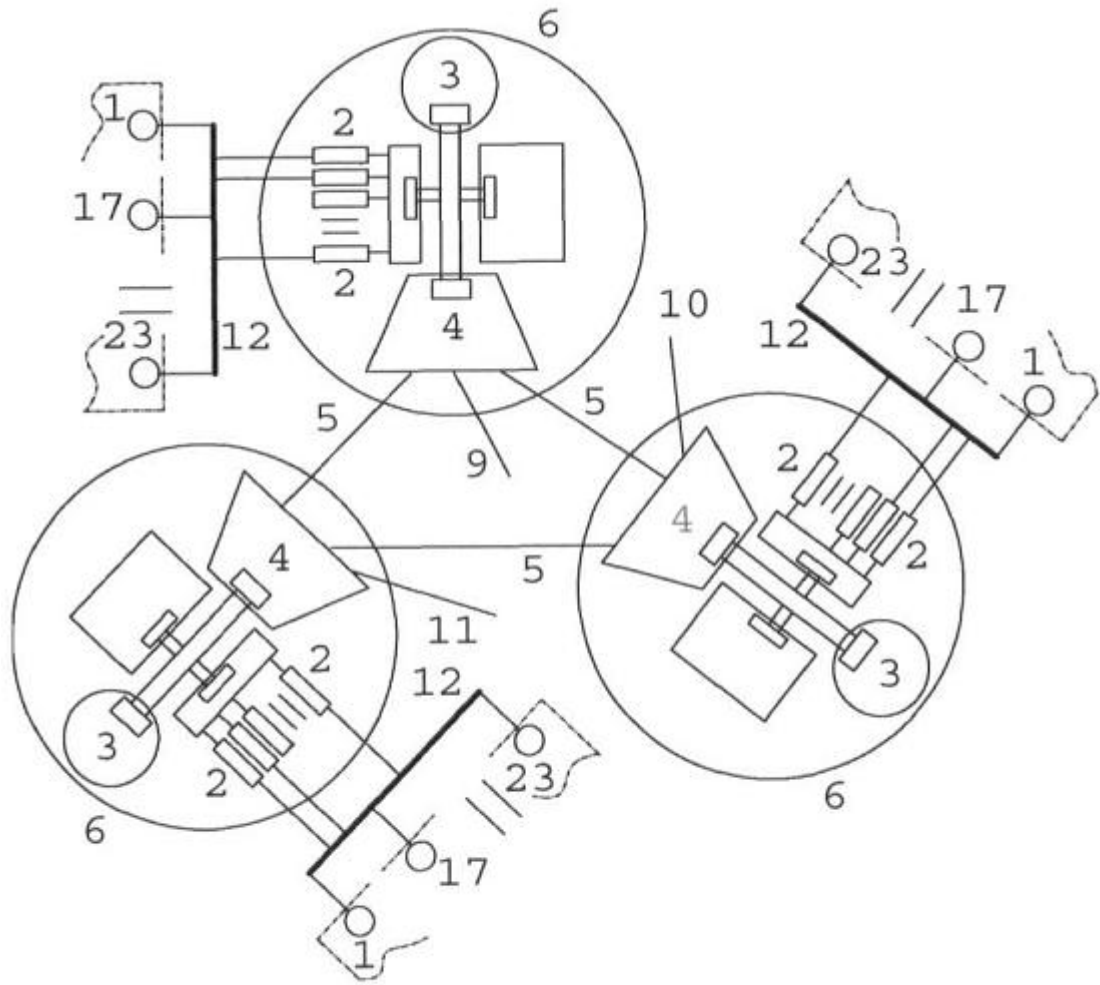
60. Інформаційно-вимірювальна система. Заявка на видачу патенту України № А 2012 14691

по класу МПК G01D, подана 21.12.2012 р. автори: Манжело В.О., Конельський Вол. Ан. та

30 Конельський Вік. Ан. Повідомлення про завершення формальної експертизи від 22.04.2013 № 9943/3А/13 та рішення про можливість проведення кваліфікаційної експертизи.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

35 Інформаційно-вимірювальна система, що включає 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, де 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 та від цих кластерів відгалужено діагональні міжрівневі канали міжвузлових зв'язків, яка **відрізняється** тим, що до неї введено приймальні модулі, кожний з яких має складену із антенних пристроїв решітку з електричним керуванням апертурою та спрямуванням максимуму променя чутливості, яка виходом сформованого групового радіосигналу за допомогою атенюатора із автоматично змінюваним коефіцієнтом передачі підключена до входу скануючого приймача високочастотних коливань, при цьому давачі у керованих складових системи розташовані так, що на них безпосередньо діє змінюване магнітне поле від струму в електричному колі керування або програмовано змінювана напруга на вхідних терміналах, які приєднані до відповідних аналогових входів керування, а також інші давачі підключені до виходів аналогових сигналів із блоків кінцевих перетворювань високочастотних коливань у скануючому приймачі, і при цьому приймальні модулі, що є налаштованими для сприйняття коливань більш високих робочих частот, підключені до мікропроцесорних вузлів, які є приналежними до нижніх функціональних рівнів тієї частини системи, що складає автономну мережу передавання цифрових кодів.



Фиг. 1

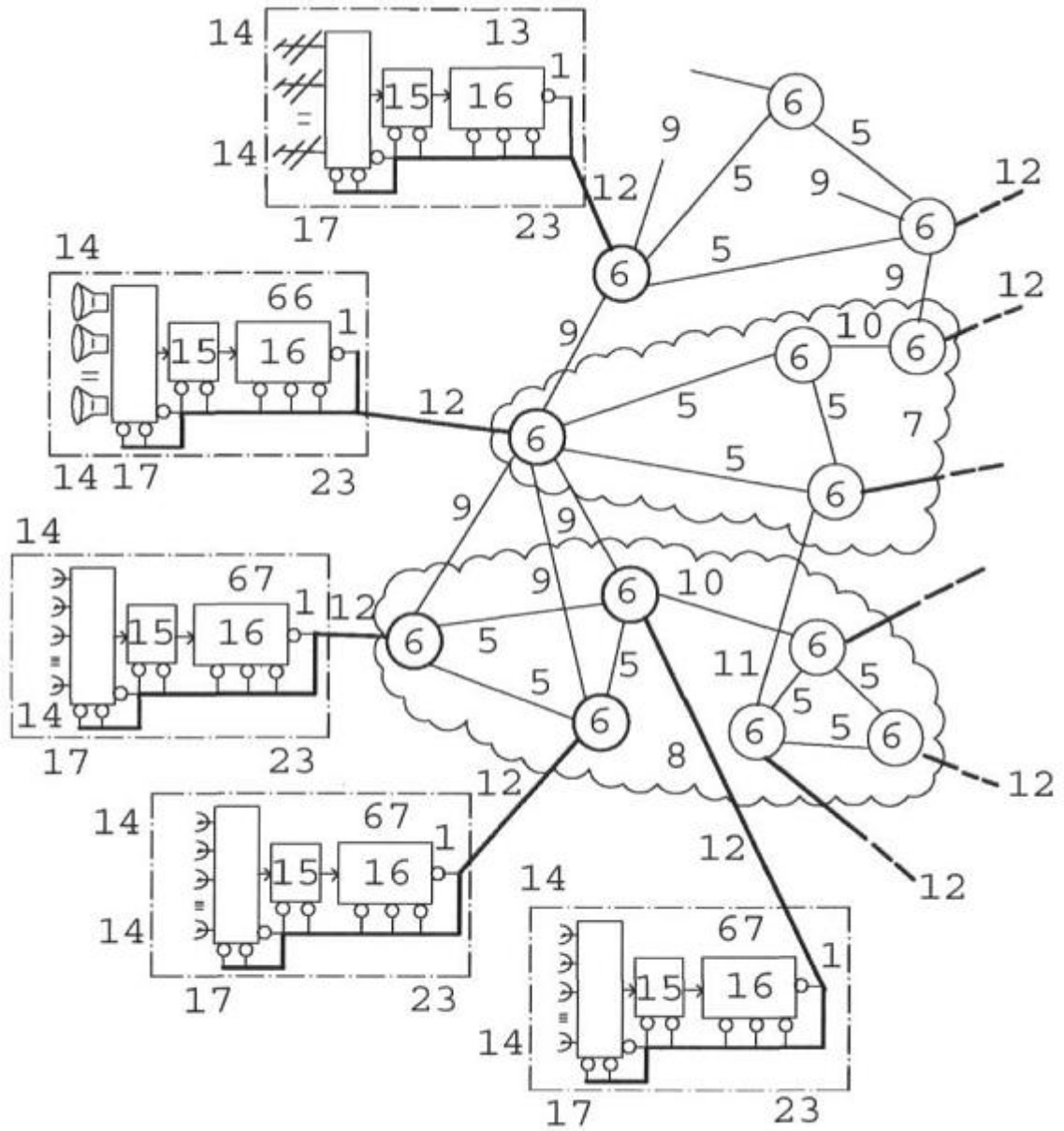
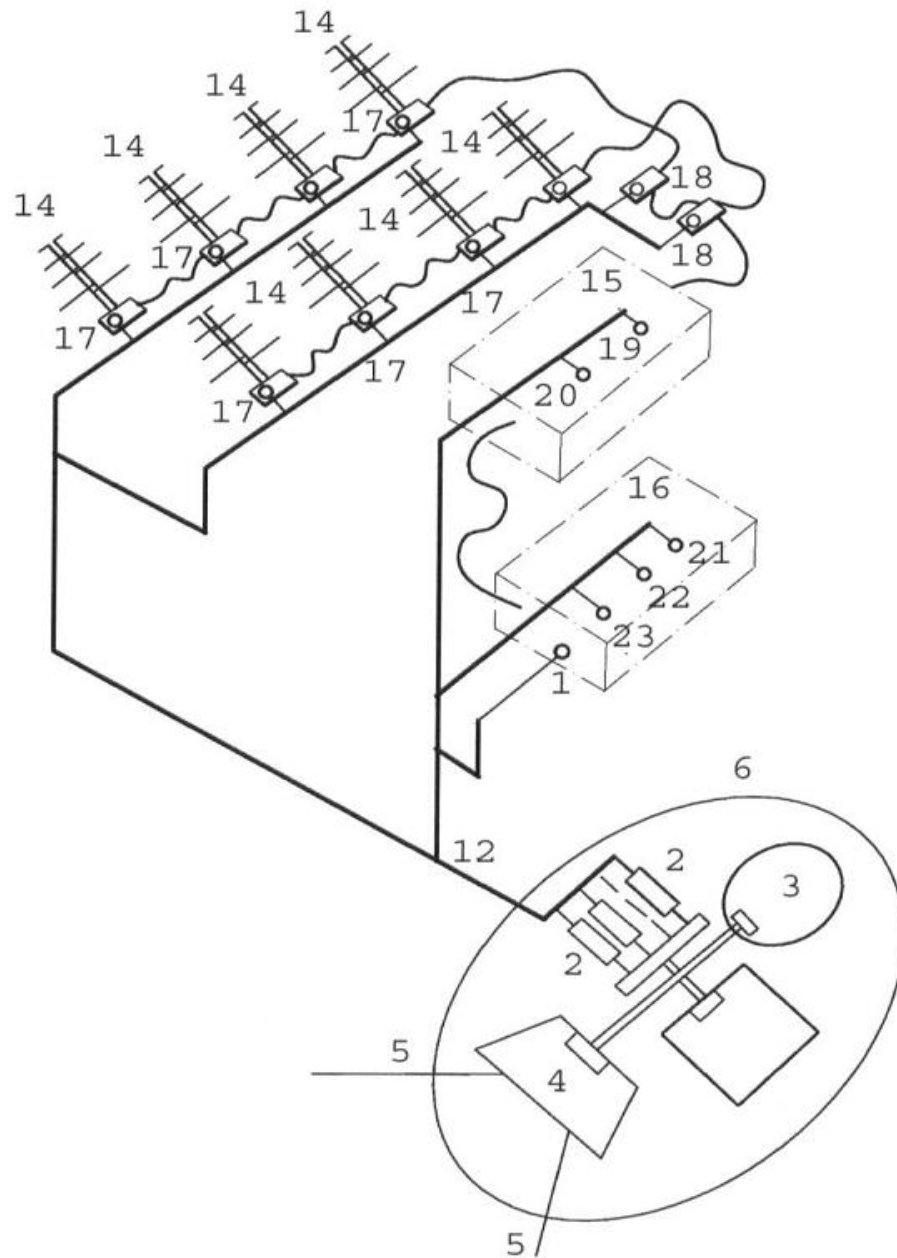


Fig. 2



Фиг. 3

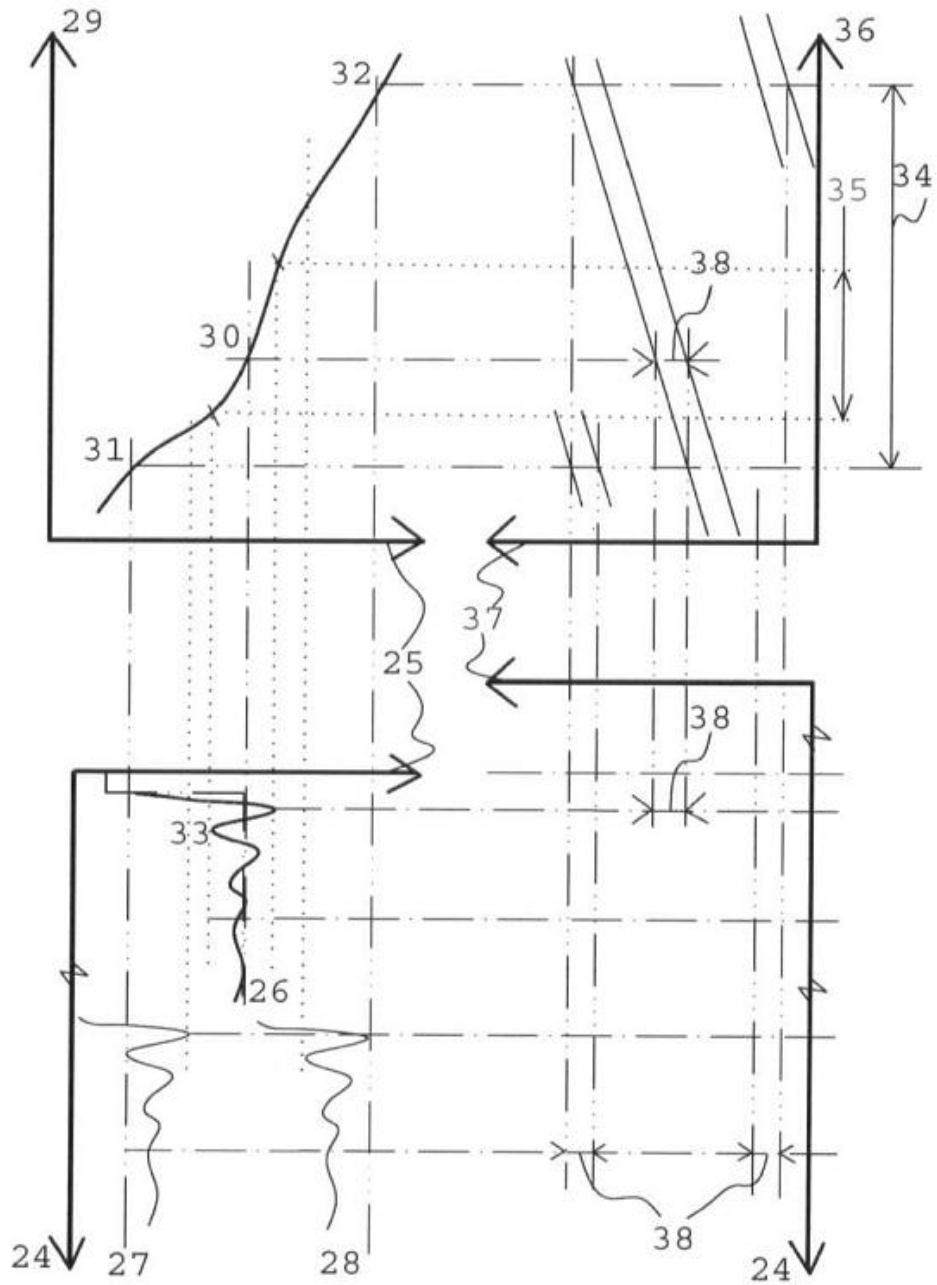


Fig. 4

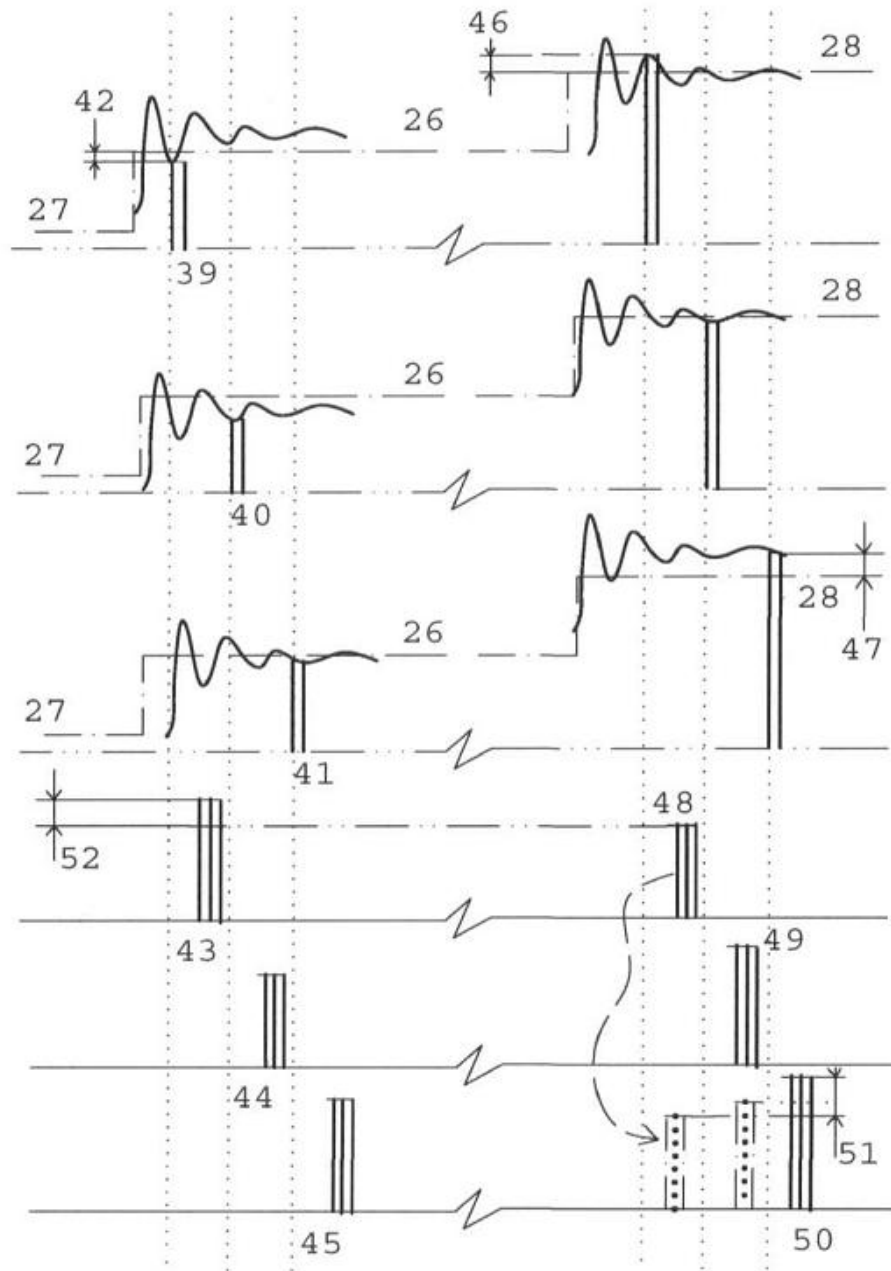
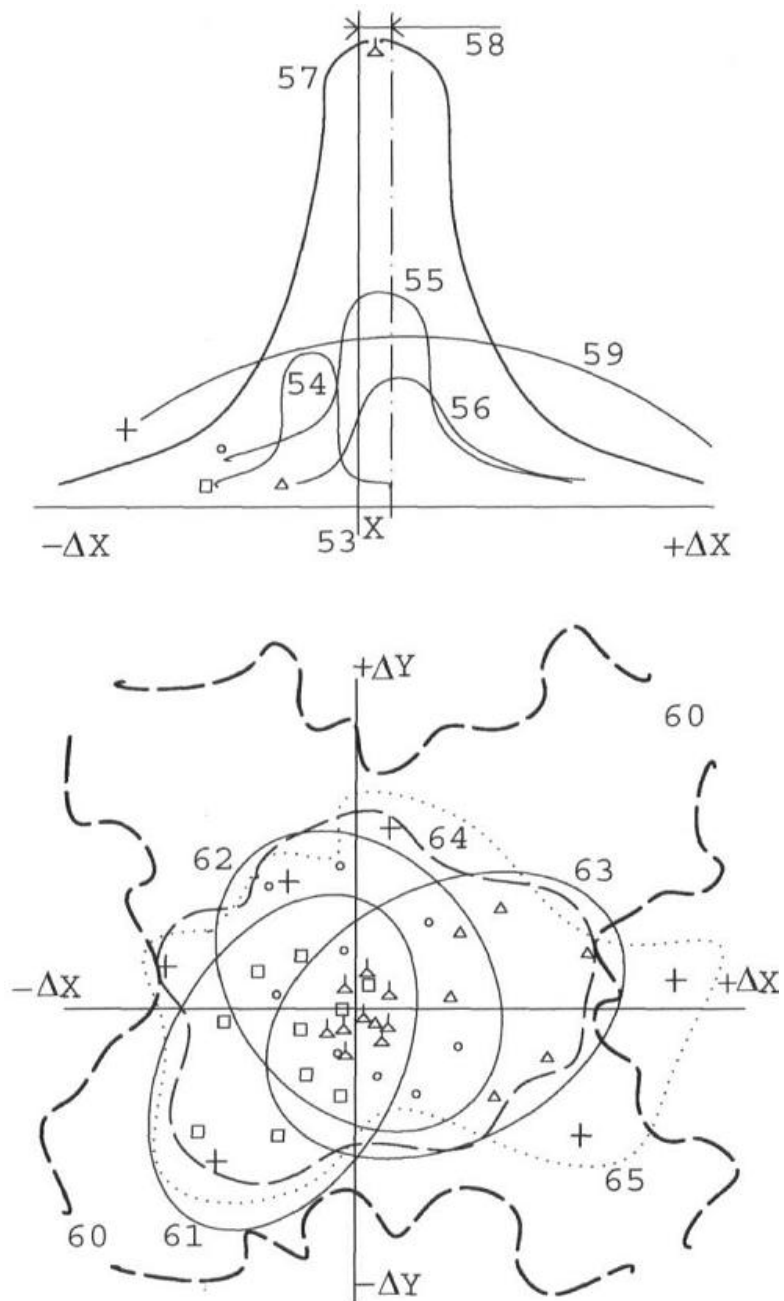


Fig. 5



Фіг. 6

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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