

с началом движения подвижной системы ЭМВ. ЭМВ с источником тока при $C = 0$ может воспроизводить серию ударов якоря о матрицу с частотой, значительно большей, чем ЭМВ с источником напряжения.

1. *Вибрации* в технике / Под ред. проф. Э.Э. Лавендела. – Москва: Машиностроение, 1981. – 512 с.
2. *Божко А. Е.* Новая интерпретация переходных процессов в электрических цепях // Доп. НАН України. – 2004. – № 9. – С. 83–87.
3. *Гинзбург С. Г.* Методы решения задач по переходным процессам в электрических цепях. – Москва: Сов. радио, 1959. – 404 с.
4. *Андре Анго.* Математика для электро- и радиоинженеров. – Москва: Наука, 1965. – 780 с.
5. *Бессонов Л. А.* Теоретические основы электротехники. – Москва: Высш. шк., 1978. – 528 с.
6. *Божко А. Е.* Об активной виброзащите в электромагнитных виброиспытательных стендах // Доп. НАН України. – 2005. – № 2. – С. 80–83.
7. *Божко А. Е., Личкатый Е. А.* Управляемая виброзащита электромагнитных вибростендов // Пробл. машиностроения. – 2005. – 8, № 2. – С. 39–44.

*Институт проблем машиностроения
им. А. Н. Подгорного НАН Украины, Харьков*

Поступило в редакцию 23.07.2007

УДК 681.62:655

© 2008

Член-корреспондент НАН України **В. В. Грицик, І. І. Кравець,
О. М. Лозинський, Ю. В. Опотьяк, Ю. П. Пінкевич**

Високоєфективна багатоканальна система контролю параметрів телевізійних та радіомовних передавачів

The modern state of radio engineering meters and measuring systems made by CIS countries for the control over TV and broadcast transmitter parameters is analyzed. The lacks of the existent systems are indicated. New approaches and a highly effective multichannel measuring system for broadcast transmitters based on these approaches and developed by the authors are described. The perspective ways of development and improvement of the system are indicated.

Постановка проблеми. Забезпечення якісного функціонування телевізійного та радіомовлення неможливе без коректного функціонування радіопередавального обладнання, що реалізується шляхом систематичного проведення регламентних вимірювань з використанням спеціалізованих радіотехнічних вимірювальних пристроїв. Для підвищення ефективності використання телерадіопередавального обладнання, надійного функціонування необхідно поряд з регламентними вимірюваннями проводити його постійний інформаційний моніторинг та забезпечувати оперативне проведення ремонтних робіт. Застосування розроблених авторами підходів [1, 2] і їх опробування на практиці при створенні низки складних розосереджених нарощуваних систем збору та обробки інформації дозволило у короткий час створити високоєфективну багатоканальну систему контролю параметрів телевізійних та радіомовних передавачів.

Аналіз існуючих систем. Проведений аналіз показав, що сьогодні на передавальних центрах України відсутні системи вітчизняного виробництва для оперативного контролю

основних радіочастотних параметрів радіопередавального тракту передавачів. Наявні одиниці приладів типу РАП-ТВ та аналогічних не забезпечують багатоканального оперативного контролю параметрів радіопередавального тракту. Пізніші версії аналогічних систем — комплекси С-100, С-200 (мобільний варіант), С-400 конструктивно складаються з окремих блоків і додатково включають генератор тестових сигналів, демодулятор та високочастотний комутатор, відеокмутатор (для комплексу С-400 8к і С-400 16к) та коректори кабелів. Така структура існуючих систем є дорогою, економічно затратною та складною за умови необхідності багатоканального контролю, при розгортанні і подальшій модернізації.

Щодо виробників цифрових вимірювальних засобів для контролю передавачів, то єдиними на території країн СНД є російські підприємства ЗАТ “СОТА” та НТК “ИМОС”.

Челябінське ЗАТ “СОТА” випускає [3] цифровий вимірювальний комплекс РАП-ТВ у декількох модифікаціях. Модельний ряд включає засоби для вимірювання параметрів ТВ передавачів (моделі РАП-ТВ, РАП-ТВ-УКВ — стандарт D/K, РАП-ТВ-УКВ МС ТВ — стандарти D/K, B/G, M) та радіопередавачів (РАП-УКВ — стандарт УКВ ЧМ (КСС, пілот-тон), РАП-ТВ-УКВ стандарт УКВ ЧМ (КСС, пілот-тон)). Для забезпечення вимірювання параметрів декількох передавачів модельний ряд включає Комутатор УТМ. Базовий блок забезпечує можливість під’єднання до 8 передавачів, а з використанням додаткових блоків — до 32 передавачів.

НТК “ИМОС” випускає ряд вимірювальних комплексів [4]: С-100 — шафу вимірів і контролю параметрів ТВ-передавачів; С-200 — переносний вимірювальний комплекс для контролю параметрів ТВ-передавачів; С-300 — комплекс вимірювального устаткування для контролю параметрів цифрових супутникових каналів; С-400 — станцію дистанційного моніторингу ТВ-передавачів; С-500 — станцію дистанційного моніторингу якості сигналів телевізійної програми, трансльованої ТВ-передавачем регіону. Серед них у багатоканальному режимі може працювати тільки станція С-400. Станція С-400 призначена для організації багатоканального моніторингу ТВ-передавачів радіотелевізійних передавальних центрів (РТПЦ) з передачею вимірювальної інформації у комп’ютер. Випускаються восьмиканальна (С-400–8 К) і шістнадцятиканальна (С-400–16 К) модифікації.

Що стосується вимірювальної апаратури світових виробників (Роде-Шварц, Тектронікс, Лідер-Електронікс) [5–7], то її вартість сягає десятків тисяч доларів внаслідок спеціалізованого і обмеженого застосування. (Аналізатори спектра фірми Rohde & Schwarz — від 6300 доларів, фірми Agilent Technologies — від 16000 доларів, аналізатор ТВ-сигналів Rohde & Schwarz ETL в діапазоні 500 кГц–3 ГГц для повного тестування ТВ-передавачів, кабельного телебачення з інтегрованим аналізатором спектра — від 50000 доларів.).

Недоліки існуючих інформаційно-вимірювальних систем полягають у проведенні вимірювання прийнятого телевізійного сигналу з попереднім аналоговим демодулюванням, що значно знижує точність, збільшує похибки вимірювань та підвищує вартість апаратури. Істотним недоліком існуючих багатоканальних систем, наприклад, системи РАП-ТВ або С-400 8к (С-400 16к) є необхідність застосування для роботи з декількома передавачами додаткових аналогових комутаторів — високочастотного сигналу та відеосигналу. Використання для під’єднання кабелів значної довжини та використання аналогових коректорів додатково погіршує точність та достовірність вимірювань.

З іншого боку, в сучасних, ринкових, умовах рекламодавці та інші споживачі послуг з ретрансляції телевізійних та радіомовних програм вимагають високоякісного каналу передачі відео- та аудіоінформації, об’єктивної інформації про стан виконання послуг з ретрансляції тощо.

Аналіз підходів та створення багатоканальної системи контролю параметрів передавачів. Проведений аналіз обґрунтовує необхідність формування нових підходів до побудови багатоканальних систем контролю параметрів передавачів і доцільність розробки та практичного створення на їх основі інформаційної системи. Основні підходи до побудови відзначеної системи та її основні переваги такі:

пряме оцифровування вимірюваних ВЧ-сигналів без необхідності додаткових аналогових перетворень, що усуває можливі спотворення сигналу аналоговими вузлами;

забезпечення обробки оцифрованих сигналів повністю цифровими методами, що дозволяє досягти високих якісних параметрів вимірювання порівняно з аналоговою обробкою;

застосування індивідуального перетворювального блоку для кожного окремого передавача, що дозволяє максимально зменшити довжину з'єднувальних кабелів і відповідно усунути джерела додаткових спотворень та завад;

проведення вимірів усіх параметрів одним приладом без зміни схеми підключень;

швидке та просте підключення перетворювального блоку до контрольованого передавача;

розширювана структура системи, яка забезпечує просте та оперативне нарощення кількості контрольованих передавачів (до кількох десятків) в умовах діючого передавального центру;

застосування для передачі оцифрованих даних з перетворювального блоку промислового інтерфейсу RS-485, який забезпечує функціонування в умовах значних електромагнітних завад;

максимальне здешевлення апаратної частини системи за рахунок використання сучасної високотехнологічної елементної бази та нових схемотехнічних рішень;

використання цифрової обробки для отримання додаткової якісної та кількісної інформації (режим "осцилографа", спектральні характеристики каналів зображення та звуку, перехідна характеристика, збір статистичних даних тощо);

забезпечення зберігання вимірюваних параметрів та реалізація нових можливостей (автоматизована діагностика, сигналізація при виході параметрів передавача за встановлені межі);

забезпечення можливості доступу зацікавлених користувачів та персоналу до збережених та оперативних параметрів через локальну мережу засобами мобільного зв'язку або Інтернет.

З використанням вказаних підходів розроблено принципово нову архітектуру інформаційної системи та відповідне системне програмне забезпечення та прикладні програмні засоби користувача. Виготовлено дослідний зразок багатоканальної системи та проведено його випробування на діючому обладнанні Львівського радіотелевізійного передавального центру для визначення тактико-технічних характеристик окремих пристроїв, тестування алгоритмів обробки інформації та визначення економічних параметрів. Дослідна експлуатація системи підтвердила правильність застосованих ідеологічних та схемотехнічних підходів. Система викликала зацікавлення спеціалістів.

Розроблена багатоканальна система контролю параметрів телевізійних та радіомовних передавачів являє собою апаратно-програмний комплекс, призначений для цілодобового автоматичного моніторингу стану передавачів, реєстрації подій та передачі повідомлень про стан передавачів, а також забезпечення можливості доступу зацікавлених споживачів послуг з ретрансляції телевізійних або радіомовних каналів до якісних та кількісних характеристик параметрів передавачів. Система складається з апаратних та програмних засобів.



Рис. 1. Розроблена багатоканальна система контролю параметрів передавачів

Апаратні засоби включають:

- один або декілька периферійних пристроїв контролю параметрів (окремий пристрій на кожен телевізійний або радіомовний передавач);
- пристрій концентрації та узгодження цифрових даних (до 64 каналів);
- окремий технологічний комп'ютер для обробки та реєстрації даних, забезпечення доступу, передачі повідомлень.

Програмні засоби включають:

- спеціалізоване ПЗ для керування периферійними пристроями контролю параметрів та пристроєм концентрації та узгодження цифрових даних;
- спеціалізоване ПЗ контролю та реєстрації параметрів з відповідною БД;
- клієнтське ПЗ верхнього рівня для візуального представлення інформації і введення команд керування;
- ПЗ передачі повідомлень та забезпечення віддаленого авторизованого доступу до БД параметрів передавачів.

Периферійний пристрій контролю параметрів підключають до НЧ і ВЧ входів та ВЧ виходу контрольованого передавача, що дає можливість включати вимірювальні рядки у вхідний сигнал підключеного передавача. При наявності у сигналі штатного тестового сигналу він може застосовуватися для проведення вимірювань.

Зв'язок між периферійними пристроями контролю параметрів та пристроєм концентрації та узгодження цифрових даних здійснюється по промислому інтерфейсу RS-485, а між пристроєм концентрації та узгодження цифрових даних та технологічним комп'ютером — по інтерфейсу USB 2.0.

Конструктивно периферійний пристрій контролю параметрів та пристрій концентрації та узгодження цифрових даних виконані у вигляді окремих функціонально завершених блоків (рис. 1).

Адаптивна конфігурація системи забезпечує можливість поступового нарощування на великих телевізійних та радіопередавальних центрах України, можливість економного у фінансовому аспекті використання на малих обслуговуваних і необслуговуваних телевізійних і радіотрансляційних центрах.

Основним елементом системи є периферійний пристрій контролю параметрів. Його блок-схема показана на рис. 2. Тестові сигнали для відеотракту, що формуються ЦАП периферійного пристрою, підміщуються у вхідний сигнал передавача. Радіосигнал з виходу відповідного передавача через напрямлений відгалужувач надходить на радіочастотний вхід периферійного пристрою. Далі сигнал оцифровується і передається в комп'ютер для подальшої обробки.

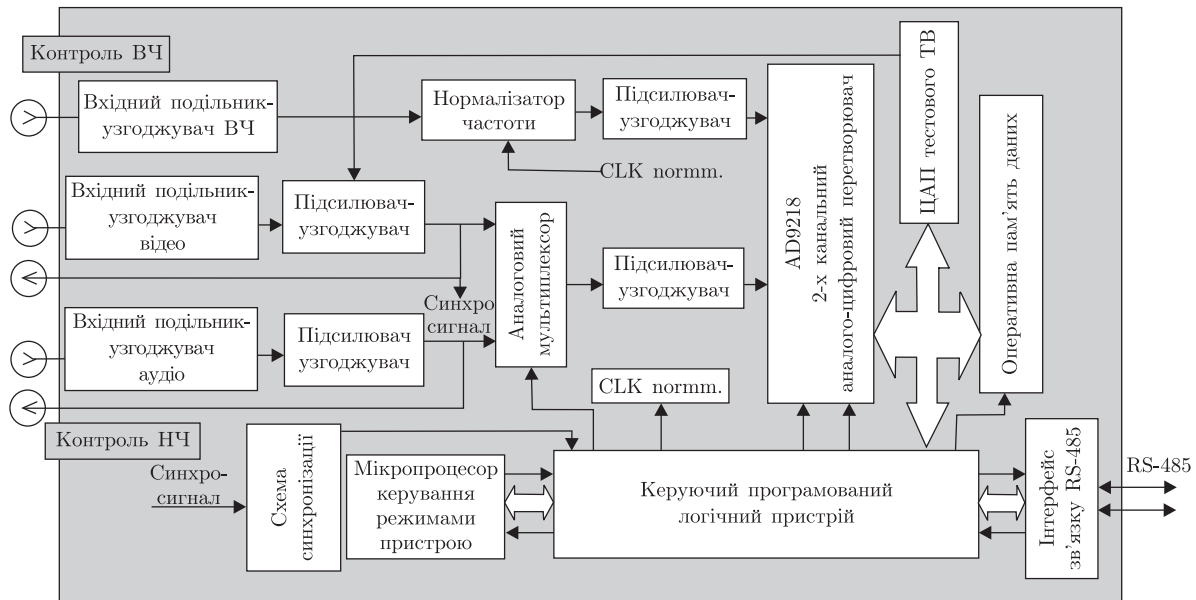


Рис. 2. Блок-схема периферійного пристрою контролю параметрів

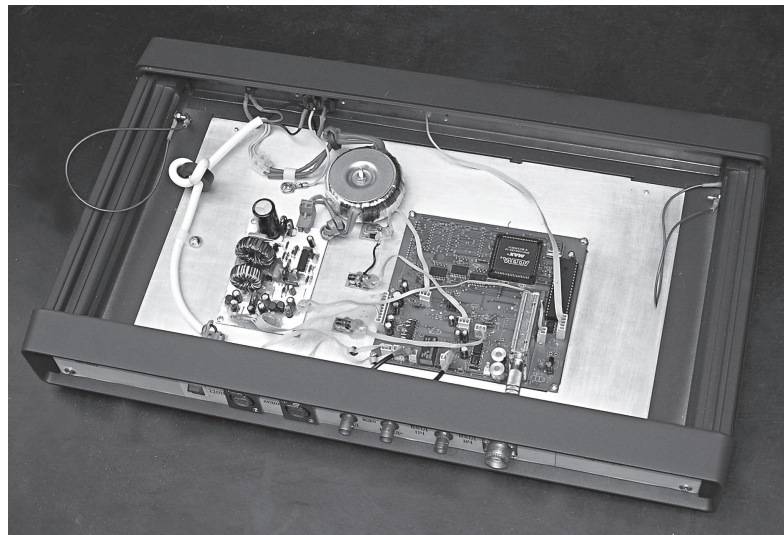


Рис. 3. Внутрішній вигляд периферійного пристрою

Оцифровування комплексного телевізійного сигналу на несучій частоті приводить до підвищення лінійності вимірювального тракту та усунення амплітудних, фазових та частотних похибок перетворення, наявних при використанні демодуляторів, як у традиційних вимірювальних комплексах, наприклад, РАП-ТВ та інших. Розробка в останні роки доступних конвеєрних АЦП з частотою оцифровування більше 100 мегаслів (8–16 розрядів) на секунду та смугою пропускання більше 500 МГц і використання нових схемотехнічних рішень дає змогу створити ефективну за показником ціна/якість розширювану інформаційно-вимірювальну систему неперервного, багатоканального автоматизованого контролю параметрів телевізійних передавачів (рис. 3).

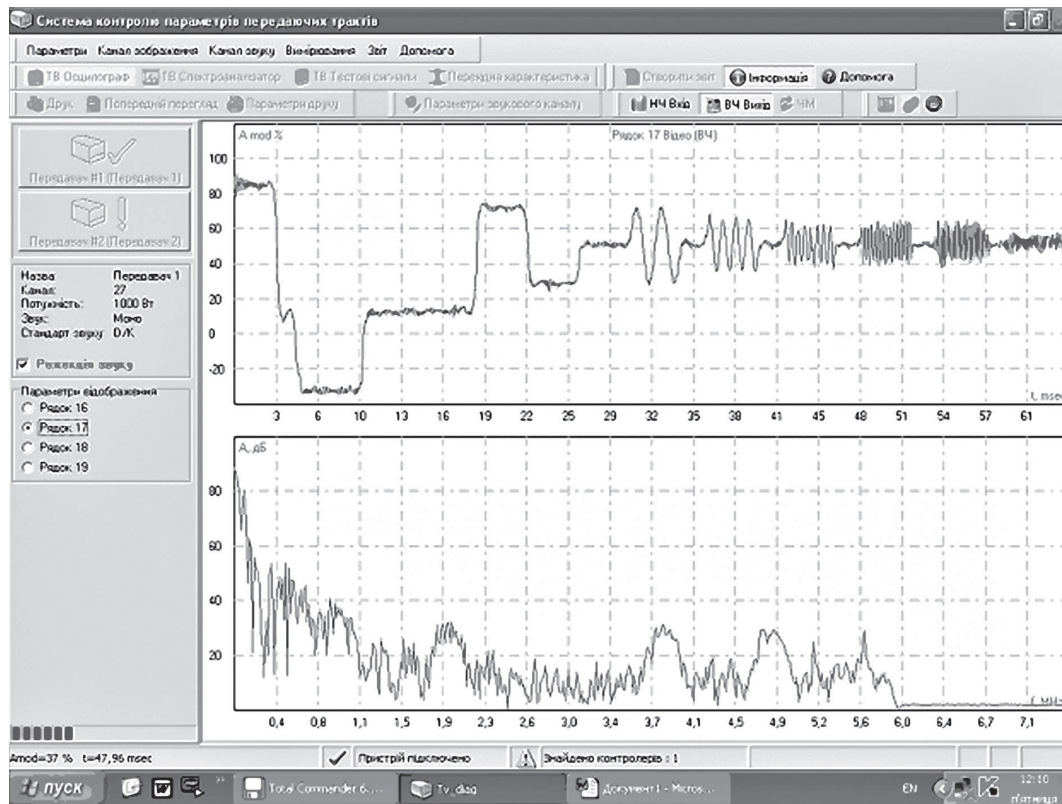


Рис. 4. Робоче вікно програми керування системою

Обробка сигналів звукового тракту передавача здійснюється кореляційно-статистичними та спектральними числовими методами. Периферійний пристрій дозволяє здійснювати обробку сигналів телевізійних передавачів у стандартах D/K, B/G і M на будь-якому каналі до 900 МГц та УКХ передавачів у діапазоні 62...110 МГц.

Для проведення вимірювань використовуються стандартні I–IV тестові сигнали за ГОСТ 18471–83. При наявності у телевізійному сигналі штатних тестових сигналів останні використовуються для проведення вимірювань. Система забезпечує вимірювання параметрів аналогових передавачів згідно з ДСТУ 3837–2005, ГОСТ 20532–83, ПТЕ-2007 та існуючих регламентів вимірювання і не вимагає розробки додаткових методик вимірювань параметрів передавачів.

Система забезпечує багатоканальне вимірювання параметрів передавачів в режимі реального часу в таких основних режимах.

1. Автоматичний моніторинг у процесі передачі телевізійних або радіомовних програм. У процесі моніторингу відображається на екрані поточний стан кожного передавача, а також параметри вхідних телевізійних сигналів. При виході параметра передавача за межі допуску при необхідності передається відповідне повідомлення та автоматично відбувається запис події у базу даних з можливістю перегляду. Можлива робота у режимі вимірів та відображення обраного параметра передавача (наприклад, для регулювання рівня модуляції тощо) (рис. 4).

2. Режим регламентних вимірів. Усі вимірювання параметрів передавача проводяться без участі оператора зі складанням відповідних протоколів.

3. Режим регулювання. Вимірювання проводяться у довільному порядку в однократно-му або циклічному режимі.

4. Режим цифрового осцилографа, аналізатора спектра. Вимірювання проводяться в однократно-му або циклічному режимі з імітацією роботи відповідного аналогового приладу з довільним вибором параметрів (виділення бажаної стрічки растру, відповідний їй спектр тощо).

Дані моніторингу і вимірів зберігаються в електронному вигляді, також автоматично ведеться журнал, у якому реєструються всі зміни параметрів передавача (передавачів). Для передачі повідомлень про стан передавачів, а також забезпечення можливості доступу зацікавлених споживачів послуг з ретрансляції телевізійних або радіомовних каналів до якісних та кількісних характеристик параметрів передавачів можливе використання засобів комунікованих телефонних ліній або засобів GSM/GPRS зв'язку. Забезпечується авторизований доступ зацікавлених споживачів послуг з ретрансляції телевізійних або радіомовних каналів до якісних та кількісних характеристик параметрів передавачів. Реєстрація подій (наприклад, вихід вимірюваного параметра за встановлені межі тощо) проводиться автоматично з протоколюванням у відповідній базі даних. Передача повідомлень про стан передавачів та відповідні події можлива на визначений комп'ютер у мережі.

Можливе застосування розробленого комплексу на обслуговуваних та необслуговуваних ретрансляторах телевізійного або радіомовного сигналу з дистанційним доступом до параметрів вимірюваного сигналу.

1. *Кравець І. І., Опотяк Ю. В.* Нарощувані системи збору інформації та їх застосування на борту пілотованих космічних станцій // *Космічна наука і технологія.* – 1998. – 4, № 4. – С. 61–66.
2. *Грицик В. В., Опотяк Ю. В., Цмоць І. Г., Бондарук А. Б.* Базові компоненти інтелектуальних систем введення, обробки, класифікації та розпізнавання зображень у реальному часі // *Інформ. технології і системи.* – 2005. – № 8/1. – С. 104–113.
3. <http://www.sota-tv.ru/measuring.htm>.
4. <http://imos.ru/product/product.html>.
5. http://www.rohde-schwarz.ru/index.html?nod_id=1049.
6. <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?nid=-536902453.0.00&lc=eng&c=US>.
7. http://www.tek.com/products/spectrum_analyzers/index.html.

*Державний науково-дослідний інститут
інформаційної інфраструктури, Львів*

Надійшло до редакції 15.04.2008