

ВИДЕОАНАЛИЗАТОР ВК-2 — ПРИБОР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

VIDEO ANALYZER BK-2 — NEW GENERATION INSTRUMENT FOR CONTROL AND MEASUREMENT OF QUALITY INDEXES OF TV SIGNALS TRANSMISSION CHANNELS

д.т.н. Дворкович В.П. (V. Dvorkovitch), к.ф.-м.н. Дворкович А.В. (A. Dvorkovitch), Макаров Д.Г. (D. Makarov), к.т.н. Басий В.Т. (V. Basiy), Шлеев С.Е. (S. Shleev), ФГУП НИИР

Видеоанализатор ВК-2 пришел на смену снятому с производства видеоанализатора ВК-1/2 [1]. Он обеспечивает все его функциональные возможности, но отличается более высокой точностью при формировании телевизионных измерительных сигналов (ТВ ИС) и измерении их искажений, а также возможностью формирования новых электрических испытательных таблиц динамических изображений.

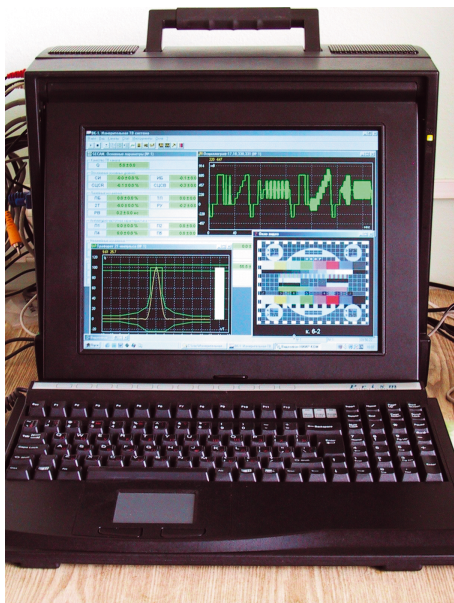


Рис. 1. Видеоанализатор ВК-2

Видеоанализатор ВК-2 обеспечивает:

- формирование ТВ ИС в соответствии с ГОСТ 18471-83 [2] и Рекомендациями МСЭ [3-5];
- формирование электрических испытательных таблиц, в том числе испытательных таблиц динамических изображений, по которым измеряются качественные показатели каналов цифрового ТВ вещания;
- измерения текущих значений основных параметров ТВ сигналов и качественных показателей каналов их формирования и передачи с оценкой их энтропийных отклонений и контролем по уровням допусков и брака;
- осциллографические измерения форм

мы произвольной строки ТВ кадра с возможностью изменения масштаба (электронная лупа);

- осциллографические измерения формы ТВ ИС и сравнение ее с трафаретами допустимых отклонений;
- измерение параметров цветковых сигналов SECAM и PAL, в том числе режимы секамоскопа и вектороскопа;
- анализ спектра исследуемых сигналов;
- измерение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и группового времени задержки (ГВЗ);
- статистическую оценку измеряемых параметров и качественных показателей ТВ каналов;
- вывод результатов измерений на принтер.

Частота дискретизации измеряемых сигналов $27\,000\,000,0 \pm 13,5$ Гц. Предусмотрена синхронизация частоты дискретизации от внешнего ТВ сигнала.

Внешний вид ВК-2 в мобильном исполнении приведен на рис. 1.

Прибор выполнен на базе персонального компьютера, в который установлена плата ввода / вывода информации и инсталлировано специализированное программное обеспечение, позволяющее управлять электронными узлами платы, по выбору пользователя рассчитывать цифровые потоки ТВ ИС, синхронизироваться по входному аналоговому ТВ сигналу и преобразовывать его в цифровой поток, обрабатывать цифровые потоки, получаемые с выхода аналого-цифрового преобразователя (АЦП), а также обеспечивать коррекцию аппаратных погрешностей платы путем предкоррекции цифровых потоков, преобразуемых в цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП) генерато-

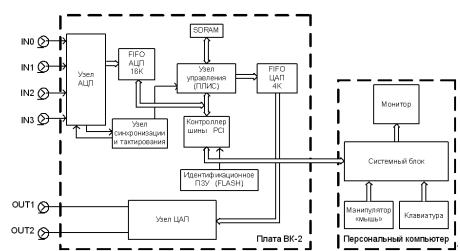


Рис. 2. Структурная схема видеоанализатора

ра в аналоговый ТВ ИС и коррекции данных с выхода АЦП и результатов измерений.

Структурная схема видеоанализатора приведена на рис. 2.

Такая структура прибора ВК-2 обеспечивает формирование прецизионных ТВ ИС как стандартной [2], так и произвольной формы, и высокоточные измерения параметров этих сигналов. Например, сквозные параметры АЧХ и ГВЗ (когда вход ВК-2 непосредственно соединен с его выходом) не превышают соответственно $\pm 0,2\%$ и ± 2 нс в диапазоне частот 0,2 – 8 МГц.

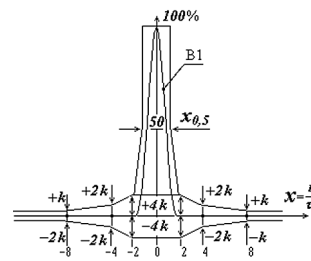


Рис. 3.

Измеряемые ТВ ИС подаются на 75-Омные входы IN0 – IN3. Вход IN0 не выведен для непосредственного подключения видеосигнала, а предназначен для подключения к нему выхода коммутатора видео для расширения числа измеряемых видеосигналов.

По команде с персонального компьютера выбранный сигнал подается на входной ФНЧ с граничной частотой 10,7 МГц.

Входной ТВ ИС поступает через ФНЧ на 14-разрядный АЦП (тактовая частота равна 27 МГц) и с его выхода передается в память FIFO АЦП.

При формировании ТВ ИС узел ЦАП осуществляет преобразование цифрового потока 16-бит цифровых выборок, рассчитываемых персональным компьютером по выбору пользователя (могут быть выбраны вид ТВ ИС, количество ТВ кадров, наличие/отсутствие ИС испытательных строк и другие параметры и опции ТВ ИС), в аналоговый сигнал. Сформированный цифровой поток поступает в SDRAM емкостью 64 Мбайт. По завершении процесса

формирования цифрового потока и накопления его в SDRAM начинается циклический вывод его на узел ЦАП с тактовой частотой 27 МГц.

С выхода 16-разрядного ЦАП сигнал поступает через выходной восстанавливающий ФНЧ с граничной частотой 10,7 МГц на два идентичных выхода прибора.

Искажения АЧХ и ГВЗ, вносимые входным и выходным фильтрами ФНЧ в полосу частот формируемого ТВ ИС, стабильны по времени и температуре и корректируются при настройке ВК-2.

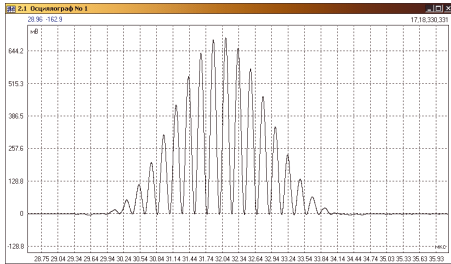


Рис. 4.

Алгоритмы обработки сигналов и измерения соответствующих параметров рассмотрим на примерах оценки характерных уровней сигналов и наиболее сложных для измерения параметров, таких как К-фактор, оцениваемый по искажениям 2Т-импульса В1, и различие усиления (РУ) и расхождения во времени (РВ) сигналов яркости и цветности, измеряемых по 20Т-импульсу F [2].

Измерение параметров, определяемых уровнями ИС, производится путем анализа мгновенных значений ТВ ИС в некоторых точках с применением усреднения этих значений и использованием порядковых статистик и последующем вычислении измеряемого параметра по формулам, определенным в [2]. В ряде случаев производится поиск этих точек на некотором интервале ИС с определением экстремальных

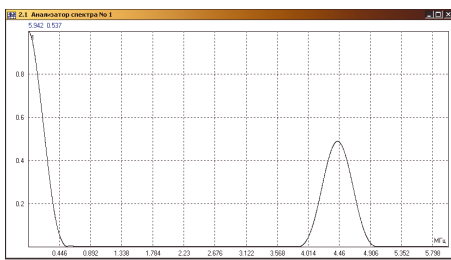


Рис. 5.

значений сигнала (главных максимума, минимума, последующих экстремумов в случае колебательной формы сигнала). Рассмотрим для иллюстрации этого оценку искажения формы синусквадратичного импульса В1 (2Т-импульса) путем определения параметра КП-величины К-фактора. Величина К-фактора определяется девятью коэффициентами k_1, k_2, \dots, k_9 , характеризующими искажения формы 2Т-импульса относительно трафарета, в ко-

торый можно вписать искаженный синусквадратичный 2Т-импульс на различных интервалах времени, отсчитываемых от положения максимума сигнала (рис. 3).

Значения коэффициентов k_1, k_2, \dots, k_9 зависят от параметра $\tau = 1/2f_{TP} \approx 83,3$ нс, где $f_{TP} = 6$ МГц — граничная частота ТВ канала.

Коэффициент k_1 вычисляется в соответствии с формулой:

$$k_1 = \frac{100}{4} \left(\frac{U_{B1} - U_{B2}}{U_{B1}} \right) \%,$$

где U_{B1} — размах 2Т-импульса, U_{B2} — размах прямоугольного импульса В2.

При вычислении коэффициента k_2 измеряется длительность импульса В1 на уровне половины его размаха ($\tau_{0,5}$), коэффициент k_2 определяется по формуле:

$$k_2 = \frac{100}{5} \left| \frac{\tau_{0,5}}{2\tau} - 1 \right| \%,$$

При вычислении коэффициента k_3 на относительном временном интервале

$$x = \frac{\tau}{t} \in \overline{-2...2}$$

измеряется величина В(х) отрицательного выброса (если он имеется) импульса В1. Этот коэффициент определяется по формуле:

$$k_3 = \begin{cases} \max\{|B(x)|/4\}, & \text{при } B(x) < 0 \%, x \in \overline{-2...2}. \\ 0, & \text{при } B(x) \geq 0 \end{cases}$$

Остальные коэффициенты определяются по формулам:

$$k_4 = \max \left| \frac{B1(x)}{6-x} \right| \%, x \in \overline{2...4},$$

$$k_5 = \max \left| \frac{B1(x)}{6+x} \right| \%, x \in \overline{-4...-2},$$

$$k_6 = \max \left| \frac{B1(x)}{3 - \frac{x}{4}} \right| \%, x \in \overline{4...8},$$

$$k_7 = \max \left| \frac{B1(x)}{3 + \frac{x}{4}} \right| \%, x \in \overline{-8...-4},$$

$$k_8 = \max |B1(x)| \%, \text{ при } x > 8.$$

$$k_9 = \max |B1(x)| \%, \text{ при } x < -8.$$

Параметр КП — К-фактор определяется как наибольший из всех измеренных коэффициентов:

$$K = \max\{k_1, k_2, \dots, k_9\}.$$

Пример цифровой обработки ТВ ИС с амплитудной модуляцией рассмотрим для случая измерения параметров РВ и РУ. Эти параметры измеряются по составному 20Т-импульсу F [2], осциллограмма и спектр которого приведены на рис. 4, 5.

С помощью соответствующих цифровых фильтров, реализуемых путем быстрого преобразования Фурье (БПФ) [6], выделяются низкочастотная и высокочастотная составляющие 20Т-импульса.

Для воспроизведения значений

низкочастотной и высокочастотной составляющих сигнала в моменты между выборками измеряемого сигнала спектры низкочастотной и высокочастотной составляющих дополняются нулями [7] в высокочастотной части спектров. При этом в результате обратного БПФ происходит восстановление значений сигнала в промежуточных точках между реальными выборками сигнала, что эквивалентно повышению частоты дискретизации входного сигнала.

Возможная форма низкочастотной составляющей 20Т-импульса на интервале времени (8000...34000) нс с наложенным на нее низкочастотным искажением (перекосом), приведена на рис. 6. На этом рисунке показана тонкой линией искажающая низкочастотная помеха (например, фоновая помеха).

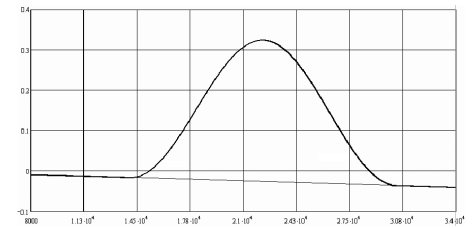


Рис. 6.

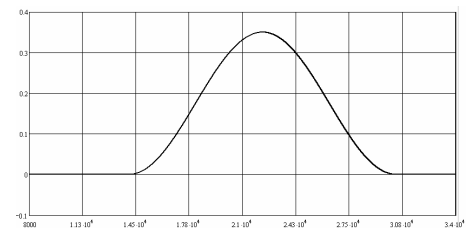


Рис. 7.

Для исключения перекоса в низкочастотной составляющей 20Т-импульса измеряются мгновенные значения сигнала в точках, расположенных до начала и после окончания сигнала. По разности мгновенных значений сигнала в этих точках формируется сигнал искажения основания, который исключается из низкочастотной составляющей 20Т-импульса. Форма полученной составляющей — $U_1(t)$ — приведена на рис. 7.

Форма высокочастотной составляющей 20Т-импульса $U_2(t) = U_{os} \sin(\omega t + \varphi)$ на интервале времени (8000...34000) нс после обработки цифровым полосовым фильтром при отсутствии искажений приведена на рис. 8.

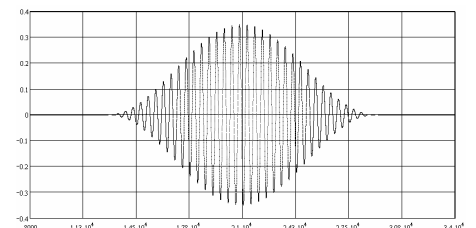


Рис. 8.

Для получения огибающей высоко-частотной составляющей 20Т-импульса применяется обработка в соответствии с алгоритмом, блок-схема которого приведена на рис. 9.

Цифровой поток сигнала $U_2(t)$ подвергается БПФ, а затем, для формирования Гильбертовой составляющей $\Gamma(U_2(t))=U_{oc}\cos(\omega t+\varphi)$, из исходного

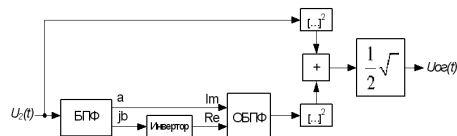


Рис. 9.

сигнала действительная часть a полученного спектра подается на вход Im обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ). Мнимая часть спектра jb через инвертор подается на вход Re ОБПФ. На выходе ОБПФ выделяется сигнал $\Gamma(U_2(t))$.

Выборки данных сигналов $U_2(t)$ и $\Gamma(U_2(t))$ попарно обрабатываются по формуле (1). В результате происходит выделение огибающей высокочастотной составляющей $U_{oc}(t)$:

$$U_{oc}(t) = \sqrt{[U_{oc} \times \sin(\omega t + \varphi)]^2 + [U_{oc} \times (\cos \omega t + \varphi)]^2}. \quad (1)$$

Искажения РУ и РВ приводят к изменению соотношения размахов и смещения во времени низкочастотной и высокочастотной составляющих 20Т-импульса.

Полученные огибающая высокочастотной составляющей с размахом U_2 и низкочастотная составляющая с размахом U_1 20Т-импульса, при наличии искажений РУ и РВ, приведены на рис. 10.

Измеряемый параметр РУ определяется по формуле:

$$P_U = 100 \frac{(U_1 - U_2)}{U_2}, \% \quad (2)$$

Параметр РВ оценивается по смещению переходов этих составляющих соответственно по уровням $U_1/2$, $U_2/2$. Определяются временные интервалы t_1 и t_2 . Вычисление РВ производится по формуле:

$$P_B = (t_1 + t_2)/2, \text{ нс} \quad (3)$$

Описанные выше методы цифровой обработки сигналов применяются также при измерении импульсных характеристик, АЧХ, ГВЗ, дифференциального усиления (ДУ), нелинейности сигнала цветности (НЦ), влияния сигнала цветности на сигнал яркости (ЦЯ) и других.

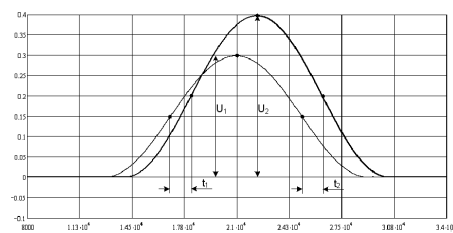


Рис. 10.

ВК-2 обеспечивает измерения параметров сигналов и качественных показателей ТВ канала и формирование сигналов испытательных строк и периодических ТВ ИС в соответствии с ГОСТ 7845 [8] и ГОСТ 18471 [2]. Погрешности измерения параметров приведены в таблице 1.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дворкович А.В. Универсальный телевизионный измеритель – видеоанализатор компьютерный ВК-1/2. —

«Контрольно-измерительные приборы и системы», 2001, № 2, с. 12-14, 17-18.

2. ГОСТ 18471-83. Тракт передачи изображения вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы.

3. Рекомендация МСЭ-Т. Характеристики ТВ каналов, разработанных для использования в международных соединениях. ITU-T., Rec. J.61.

4. Рекомендация МСЭ-Т. Измерительные сигналы, вводимые в полевой гасящий интервал черно-белого или цветного телевизионного сигнала. ITU-T., Rec. J.63.

5. Рекомендация МСЭ-Т. Определение параметров для упрощенных автоматических измерений по телевизионным введенным измерительным сигналам. ITU-T., Rec. J.64.

6. Рабинер Л., Голд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. — М.: Мир, 1978.

7. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990.

8. ГОСТ 7845-92. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений. ☑

New generation instrument for control and measurement of quality indexes of TV signals transmission channels — video analyzer ВК-2 - is described in this article. The examples of algorithms of TV signal measurement and processing are represented.

Таблица 1

Номер и наименование параметра сигнала или качественного показателя ТВ канала	Диапазон измерений	Основная погрешность измерений
Относительные размахи составляющих ТВ сигнала		
1 Относительное отклонение размаха импульса В2 от номинального значения (ИБ), %	±50	±(0,30 + 0,03IA)*
2 Относ. отклонение размаха синхронизирующего импульса от номин. значения (СИ), %	±50	±(0,50 + 0,05IA)*
3 Относ. отклонение размахов ЦСЦ в строках DR (ЦВПР) и DV (ЦВПВ) от номин. значения, %	±50	±(0,50 + 0,05IA)*
Нелинейные искажения		
4 Нелинейность сигнала яркости (НЯ), %	0...30	±(0,50 + 0,05IA)*
5 Относ. отклонение каждой из пяти ступеней сигнала D1 от номин. значения (НЯ1...НЯ5), %	±30	±(0,50 + 0,05IA)*
6 Дифференциальное усиление (ДУ), %	±30	±(0,30 + 0,03IA)*
7 Относительное отклонение размаха цветовой поднесущей на уровнях каждой из пяти ступеней сигнала D2 (ДУ1...ДУ5), %	±30	±(0,30 + 0,03IA)*
8 Дифференциальная фаза (ДФ), °	±50	±(0,30 + 0,03IA)*
9 Относительное отклонение фазы цветовой поднесущей на уровнях каждой из пяти ступеней сигнала D2 (ДФ1...ДФ5), °	±50	±(0,30 + 0,03IA)*
10 Нелинейность сигнала цветности (НЦ), %	±50	±(1,00 + 0,05IA)*
11 Влияние сигнала цветности на сигнал яркости (ЦЯ), %	±30	±(0,30 + 0,03IA)*
Линейные искажения		
12 АЧХ на дискретных частотах 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 4,8 и 5,8 МГц (П1...П6), %	±70	±(0,50 + 0,05IA)*
13 Относительная неравномерность вершины импульса В2 (ПВ), %	±30	±(0,30 + 0,03IA)*
14 Искажение среза импульса В2 (ТП), %	±30	±(0,30 + 0,03IA)*
15 Относительное отклонение размаха 2Т-импульса В1 от размаха импульса В2 (2Т), %	±50	±(0,50 + 0,05IA)*
16 Искажение 2Т-импульса В1 - К-параметр (КП), %	0...10	±(0,30 + 0,03IA)*
17 Различие усиления сигналов яркости и цветности (РУ), %	±50	±(0,50 + 0,05IA)*
18 Расхождение во времени сигналов яркости и цветности (РВ), нс	±300	±(3,00 + 0,03IA)*
Помехи		
19 Отношение размаха импульса В2 к эффективному напряжению флуктуационной помехи (ФП), дБ	26...60	±0,5
20 Отношение размаха импульса В2 к эффективному напряжению взвешенной флуктуационной помехи (ФПв), дБ	30...70	±0,5
21 Отношение размаха импульса В2 к размаху фоновой помехи (СФ), дБ	26...66	±0,5
22 Отношение размаха импульса В2 к размахам двух наибольших синусоидальных помех с частотами от 0,2 до 6,0 МГц (СП1, СП2), дБ	26...60	±0,5

*А — измеряемая величина