

чого сигналу призведуть до падіння швидкості передачі з 10000 біт/с до 9000 біт/с, але при цьому значно зросте завадостійкість сигналу (табл. 1).

Отже розроблений метод КАМЗЧ, який базується на використанні додаткового інформаційного параметра, можна оцінити як досить перспективний, оскільки він дозволяє досягти або підвищення швидкості передачі інформації або значно підвищити завадостійкість сигналу.

Література

1. Голуб, В. С. Квадратурные модуляторы и демодуляторы в системах радиосвязи [Текст] / В. С. Голуб // Электроника: НТБ: науч.-техн. жур. – 2003. – № 3. – С. 28 – 32.

2. Коханов, А. Б. Способ модуляции-демодуляции сигналов с квадратурным изменением угловой компоненты [Текст] / А. Б. Коханов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре: науч.-техн. жур. – 2006. – № 4. – С. 9 – 13.
3. Бакланов, И. Г. Технология ADSL/ADSL2+ теория и практика применения [Текст] / И. Г. Бакланов. – М.: Метротек, 2007. – 384 с.
4. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
5. Барась, С.Т. Підвищення швидкості передачі інформації на основі використання алгоритму квадратурної амплітудної модуляції [Текст] / С. Т. Барась, А. А. Овчарук, Т. І. Овчарук // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2010. – №2. – С. 242 – 249.
6. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп. / И.С. Гоноровский – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.

Побудовано моделі системи сигналів для використання застосовно до ТВ систем стандартної та високої чіткості. Пропонується набір параметрів випробувальних сигналів виходячи з вимоги сумісності з існуючим парком випробувального обладнання, використовуюваного у світі.

Ключові слова: цифрове телебачення, ТБСЧ, ТБВЧ, цифровий відеотракт, випробувальні сигнали, класифікація, набір параметрів.

Построены модели системы сигналов для использования применительно к ТВ системам стандартной и высокой четкости. Предлагается набор параметров испытательных сигналов исходя из требования совместимости с существующим парком измерительного оборудования, используемого в мире.

Ключевые слова: цифровое телевидение, ТСЧ, ТВЧ, цифровой видеотракт, измерительные сигналы, классификация, набор параметров.

The models of the system of signals are built for the use concerning to the standard and high definition TV systems. The set of test signals parameters based on requirement of compatibility with the existing park of measuring equipment, used in the world is offered

Keywords: digital television, SDTV, HDTV, digital video path, test signals, classification, set of parameters.

1. Вступ

В наскрізному відеотракті системи цифрового ТВ мовлення “від світла до світла” суттєвий вплив на якість передавання відеоінформації можуть чинити спотворення, що виникають на ділянках відеотракту до цифрового кодування та після цифрового декодування.

Вимірювання спотворень сигналу на цих ділянках ТВ тракту забезпечують системою випробувальних сигналів, визначених в Рекомендації ITU-R BT.801 для

формату дискретного представлення відеосигналу 4:2:2. В цій рекомендації розрядність кодування обмежується 8-бітовим представленням відліків відеосигналу. Випробувальні сигнали розраховані на використання в системах цифрового ТВ мовлення стандартної чіткості з кількістю рядків 525 та 625. З урахуванням цих обмежень цю рекомендацію було скасовано.

В цій роботі проведено дослідження характеристик сигналів, що їх було визначено в Рекомендації ITU-R BT.801, з метою усунути ці обмеження та деякі невід-

УДК 621.397

ВИПРОБУВАЛЬНІ СИГНАЛИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ВІДЕОТРАКТІВ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ТВ МОВЛЕННЯ

О. В. Гофайзен

Завідувач кафедри, професор, доктор технічних наук*

Контактний тел.: (050) 395-39-35

E-mail: gofaizen@uniirt.com.ua; oleg.gofraizen@ties.itu.int

Мохаммед Хасан Хессейн Алі

Аспірант*

Контактний тел.: + 249 123-978-888, (050) 395-39-35

E-mail: ssafssaf.1975@yahoo.com, gofaizen@uniirt.com.ua

В. В. Пилявський

Викладач*

Контактний тел.: (097) 673 70 26, (048) 725-77-66

E-mail: vova_pil@ukr.net, gofaizen@uniirt.com.ua

*Кафедра телебачення та радіомовлення

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
Вул. Ковальська, 1, м. Одеса, Україна, 65029

повідності, що були в тексті рекомендації. Враховуючи, що використання цих випробувальних сигналів важливо для забезпечення якісної роботи відеотрактів, а також враховуючи, що їх реалізовано у широко застосовуваному в світі випробувальному обладнанні, яке випускає промисловість (Tektronix [1,2], Rohde & Schwarz [3], DK-Technologies [4]), та що бажано поширити використання цих сигналів для контролю якості передавання на системи високої чіткості (з кількістю активних рядків 720 та 1080), а також з можливістю варіювати розрядність кодування, в цій роботі проведено відповідні дослідження, і запропоновано новий набір випробувальних сигналів, який може бути стандартизовано на заміну сигналів, що їх було визначено в Рекомендації ITU-R BT.801.

2. Склад випробувальних сигналів

Відеотракт системи цифрового телебачення може бути розділено на дві частини:

- відеотракт передавання компонентних сигналів, що об'єднує ланки передавання аналогових і цифрових компонентних сигналів і ланку передавання мультиплексованого сигналу до точки кодування відеосигналу зі стисненням та після точки декодування з відновленням стисненого сигналу;

- тракт передавання цифрового потоку програми після точки кодування відеосигналу зі стисненням і до точки декодування з відновленням стисненого сигналу.

В тракті передавання компонентних сигналів можуть мати місце похибки квантування і часові похибки, які виникають під час аналого-цифрового перетворення. Можуть також мати місце похибки, які можуть виникати в інтерфейсах. Для вимірювання зазначених спотворень в Рекомендації ITU-R BT.801 було передбачено набір сигналів, представлених в таблиці 1, в якій для вимірювання спотворень сигналів активних рядків рекомендовано використовувати сигнали від № 1 до № 15, а для перевірки роботи мереж кабельного телебачення та систем ФАПЧ рекомендовано сигнал № 16.

3. Часові характеристики сигналів та їх математичний опис

3.1. Формули узагальненого опису елементів сигналів

В цьому підрозділі надано формули узагальненого опису елементів сигналів, представлених в таблиці 1, які може бути використовують для аналізу характеристик цих сигналів. В рамках цієї роботи представлено дослідження характеристик сигналів з номерами 1–14. Нумерація відліків сигналів відповідає визначеній в Рекомендаціях ITU-R BT.656-5 та ITU-R BT.1120-7.

Часові характеристики сигналів визначено так, щоб їх використання було вільним від спотворень, які можуть виникати в системі з дискретизацією сигналу. Для цього використано розмиття переходів сигналів з імпульсним відгуком $g(\xi)$, що описується функцією вікна Блекмана. Цей імпульсний відгук в

загальному випадку може бути описано формулою

$$g_{\alpha\zeta}(\xi) = \begin{cases} \frac{1}{\pi(1-2\alpha)} \left(\cos^2 \frac{\pi\xi}{2\zeta\Delta\xi} - 2\alpha \cdot \sin^2 \frac{\pi\xi}{\zeta\Delta\xi} \right) & \text{при } |\xi| < \zeta\Delta\xi \\ 0 & \text{при } |\xi| > \zeta\Delta\xi \end{cases} \quad (1)$$

де ξ – часова координата або пов'язана з нею координата в площині зображення по горизонталі, $\Delta\xi$ – крок дискретизації по координаті ξ ; ζ – тривалість імпульсного відгуку, виражена кількістю кроків дискретизації, яку в Рекомендації ITU-R BT.801-1 прийнято рівною $\zeta = 3$, α – параметр функції Блекмана, який в Рекомендації ITU-R BT.801-1 прийнято рівним 0,08. При $\Delta\xi = 1$ координата ξ є номер $i = \xi \in 0, N_a - 1$ відліку, сигнал якого є сигнал яскравості (колірності) відповідного елемента зображення в активній частині рядка, що змінюється в інтервалі $0, N_a - 1$, де N_a – кількість елементів зображення в активній частині рядка в системі з кількістю активних рядків N_a .

Таблиця 1

Перелік випробувальних сигналів активних рядків, що їх було визначено в Рекомендації ITU-R BT.801-1

Номер	Назва	Позначення функції, що описує сигнал
1	Сигнал рівня сірого	A1(·)
2	Чергування білий/чорний з частотою 0,1 Гц	A2(·)
3	Імпульс по краях рядка	A3(·)
4	Чорно-білий пилкоподібний сигнал	A4(·)
5	Жовто-сірий пилкоподібний сигнал	A5(·)
6	Сіро-синій пилкоподібний сигнал	A6(·)
7	Блакитно-сірий пилкоподібний сигнал	A5(·)
8	Сіро-червоний пилкоподібний сигнал	A6(·)
9	Пилкоподібна послідовність C _B , Y, C _R , Y	A7(·)
10	Площинки білого кольору у країв активної частини рядка	A8(·)
11	Площинки синього кольору у країв активної частини рядка	A9(·)
12	Площинки червоного кольору у країв активної частини рядка	A9(·)
13	Площинки жовтого кольору у країв активної частини рядка	A10(·)
14	Площинки блакитного кольору у країв активної частини рядка	A10(·)
15	Цифровий сигнал кольорових смуг	
16	Випробувальний сигнал частоти полів	

Імпульсному відгуку (1) відповідає перехідна характеристика, що описує закон зміни в переходах сигналів, представлених в таблиці 1, яку описує формула:

$$h_{\alpha\zeta}(\xi) = \begin{cases} 0 & \text{при } \xi < -\zeta \Delta\xi \\ \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\pi\xi}{\zeta \Delta\xi} + \pi + \frac{\sin \frac{\pi\xi}{\zeta \Delta\xi} - \alpha \sin \frac{2\pi\xi}{\zeta \Delta\xi}}{1 - 2\alpha} \right\} & \text{при } -\zeta \Delta\xi < \theta < \zeta \Delta\xi \\ 1 & \text{при } \theta > \zeta \Delta\xi \end{cases} \quad (2)$$

Пилкоподібну компоненту випробувального сигналу в цих позначеннях може бути описано як

$$r_{\beta}(\xi) = \begin{cases} 0 & \text{при } \xi < 0 \\ \beta \frac{\xi}{\Delta\xi} & \text{при } \xi > 0 \end{cases} \quad (3)$$

де β – коефіцієнт нахилу.

З урахуванням розмиття, що відповідає імпульсному відгуку (1), якщо розмиття застосовують до пилкоподібного сигналу, розмитий пилкоподібний сигнал відповідає формулі:

$$\rho_{\alpha\zeta}(\xi) = \begin{cases} 0 & \text{при } \xi < -\zeta\Delta\xi \\ \frac{\beta\zeta}{4\pi^2(1-2\alpha)} \left\{ \left(\frac{\pi\xi}{\xi\Delta\xi} + \pi \right)^2 - 4 \cos^2 \frac{\pi\xi}{2\xi\Delta\xi} \right\} & \text{при } -\zeta\Delta\xi < \xi < \zeta\Delta\xi \\ \beta \frac{\xi}{\Delta\xi} & \text{при } \xi > \zeta\Delta\xi \end{cases} \quad (4)$$

Цифрове представлення сигналів пов'язано з квантуванням їх рівнів, яке може бути виражено формулою: $Round(x) = Sign(x) \times Floor(|x| \times D + 0,5) / D$, (5) де $D = 2^{m-8}$, де m – кількість розрядів двійкового кодування сигналу x .

При цьому цифрове представлення таке, що вісім старших розрядів формують цілу частину відліків сигналу, а розряди, молодші восьмого, формують дробову частину.

3.2 Сигнали № 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14

Рівні відліків сигналів яскравості Y_i та колірності C_{Ri}, C_{Bi} випробувальних сигналів з номерами 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, сумісних з Рекомендацією ІТУ-R BT.801-1, може бути визначено відповідно до таблиці 1.

Сигнал № 1 є критичним до передавання послідовним інтерфейсом, оскільки кожний з бінарних сигналів інтерфейсу містить послідовність бітів 0, 1, 0, 1, 0, 1, ... та спричиняє максимальну концентрацію потужності спектра на високих частотах, кратних частоті дискретизації; такий спектр складно захистити в реальних каналах передавання.

Сигнал № 2 активного рядка складається з двох рівнів, що чергуються:

- протягом 5 с сигнал зображення, що містить активні рядки рівня "білого",
- протягом 5 с сигнал зображення, що містить активні рядки рівня "чорного".

Таблиця 2

Представлення випробувальних сигналів № 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14

Сигнал	Y_i	C_{Ri}	C_{Bi}
№ 1	A1(i)	128	128
№ 2			
Рядки рівня білого	A2(i)	128	128
Рядки рівня чорного	16	128	128
№ 10	A8(i)	128	128
№ 11	41	110	A9(i)
№ 12	81	A9(i)	90
№ 13	210	146	A10(i)
№ 14	170	A10(i)	166

В основі математичного опису сигналів № 1 та № 2 лежить прямокутна функція зі згладженими переходами, яка в загальному виді представляється як

$$\rho_{\alpha\zeta\xi_1\xi_2}(\xi) = h_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_1) - h_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_2). \quad (6)$$

Функції A1(ξ), A2(ξ), A8(ξ), A9(ξ) та A10(ξ), що визначають значення відліків сигналів № 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14 в активній частині рядка, форма яких в межах активної частини рядка відповідає рисунку 1, відповідають формулі

$$\begin{cases} \text{при } (\xi \in \overline{0, \xi_1 - \zeta\Delta\xi}) \vee (\xi \in \overline{\xi_2 + \zeta\Delta\xi, N_a - 1}) \\ \text{при } \xi \in \overline{\xi_1 - \zeta\Delta\xi, \xi_2 + \zeta\Delta\xi} \end{cases} \quad (7)$$

де $\Delta\xi = 1$, тобто крок дискретизації координати ξ прийнято таким, що дорівнює 1.

Параметри ξ_1, ξ_2, x_1, x_2 для різних систем для сигналів № 1 та № 2 відповідають таблицям 3 й 4.



Рис. 1. Параметри функції $\rho_{\alpha\zeta\xi_1\xi_2}(\xi)$

Таблиця 3

Координатні параметри функцій A1(ξ), A2(ξ), A8(ξ),

z_a	N_a	A1(ξ) та A2(ξ)		A8(ξ)		A9(ξ) та A10(ξ)	
		ξ_1	ξ_2	ξ_1	ξ_2	ξ_1	ξ_2
483	720	22	696	50,5	670,5	25	336
576	720	22	696	50,5	670,5	25	336
720	1280	22	1256	50,5	1230,5	23	597
1080	1920	22	1896	50,5	1870,5	23	896

A9(ξ) та A10(ξ)

Таблиця 4

Рівневі параметри функцій A1(ξ), A2(ξ), A8(ξ), A9(ξ) та A10(ξ)

Граничні рівні сигналів	A1(ξ)	A2(ξ)	A8(ξ)	A9(ξ)	A10(ξ)
x_1	16	16	235	240	16
x_2	127	235	16	128	128

3.3. Сигнал № 3

Рівні відліків сигналу яскравості Y_i та колірності C_{Ri}, C_{Bi} випробувального сигналу № 3, сумісного з Рекомендацією ІТУ-R BT.801-1, відповідають таблиці 5.

Цей чотириімпульсний сигнал може використовуват-

тися для перевірки позиції цифрового активного рядка відносно еталонного аналогового, а також активного стану відліків, розташованих на краях активної частини цифрового рядка. В системі 625/50 зовнішні краї двох внутрішніх імпульсів збігаються з краями рядка.

Таблиця 5

Рівні відліків сигналу № 3

Сигнал	Y_i	C_{Ri}	C_{Bi}
№3	$A3(i)$	128	128

Функція $A3(i)$, що визначає активні відліки сигналу №2, зображена на рисунку 2 та виражається наступною формулою:

$$A3(\xi) = \begin{cases} x_1 & \text{при } (\xi \in \overline{\xi_1 + \zeta\Delta\xi, \xi_2 - \zeta\Delta\xi}) \mid (\xi \in \overline{\xi_2 + \zeta\Delta\xi, \xi_3 - \zeta\Delta\xi}) \mid (\xi \in \overline{\xi_3 + \zeta\Delta\xi, \xi_4 - \zeta\Delta\xi}) \\ x_1 + (x_2 - x_1) g_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_2) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_2 - \zeta\Delta\xi, \xi_2 + \zeta\Delta\xi} \\ x_1 + (x_2 - x_1) g_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_3) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_3 - \zeta\Delta\xi, \xi_3 + \zeta\Delta\xi} \\ x_1 + (x_3 - x_1) g_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_1) & \text{при } \xi \in \overline{0, \xi_1 + \zeta\Delta\xi} \\ x_1 + (x_3 - x_1) g_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_4) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_4 - \zeta\Delta\xi, N_a} \end{cases} \quad (8)$$

де $\Delta\xi = 1$, тобто крок дискретизації координати ξ прийнято таким, що дорівнює 1.

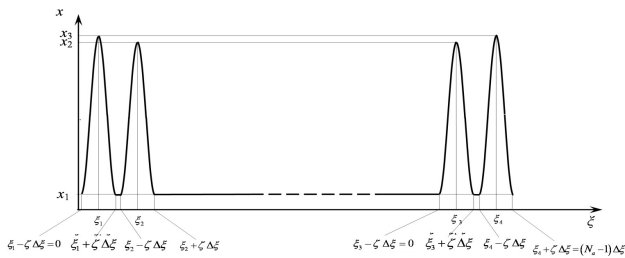


Рис. 2. Параметри функції $A3(\xi)$

Параметри $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, x_1, x_2, x_3$ функції $A3(\xi)$ для різних рівнів чіткості наведено в таблиці 3.

Таблиця 6

Параметри функції $A3(\xi)$

z_a	N_a	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	x_1	x_2	x_3
483	720	3	13	709	716	16	229	235
576	720	3	13	709	716	16	229	235
720	1280	3	13	1269	1276	16	229	235
1080	1920	3	13	1909	1916	16	229	235

3.4 Випробувальні сигнали № 4, 5, 6, 7, 8, 9

Опис випробувальних сигналів № 4, 5, 6, 7, 8, 9, значення яких наведено в таблицях Рекомендації ITU-R BT.801-1, відповідає таблиці 7, де L_R, L_G, L_B

- яскра-вістні коефіцієнти основних кольорів, що дорівнюють:

- для систем стандартної чіткості $L_R = 0,299, L_G = 0,587, L_B = 0,114$;

- для систем високої чіткості $L_R = 0,2126, L_G = 0,7152, L_B = 0,0722$.

Сигнал № 4 використовують для перевірки існування і положення рівнів квантування сигналу яскравості від 1 до 254.

Сигнали № 5 та № 6 використовують для перевірки існування і положення рівнів квантування кольороріз-

ницевого сигналу C_B від 1 до 128 та від 128 до 254 відповідно.

Сигнали № 7 та № 8 використовують для перевірки існування і положення рівнів квантування кольороріз-ницевого сигналу C_R від 1 до 128 та від 128 до 254 відповідно.

Сигнал № 9 використовують для випробування відповідності формату цифрового відеосигналу на виході обладнання цифрового оброблення, що здійснює демультіплексування і повторне мультіплексування компонент цифрового відеосигналу. Цьому сигналу відповідає неправильне відтворення кольорів в просторі сигналів R, G, B.

Сигнали в цьому розділі побудовано таким чином, що переходи характеризуються функцією вікна Блекмана

відповідно до формули (2), а саме пилкоподібні складові характеризуються лінійною функцією (3). У випадку, коли бажано використовувати пилкоподібні сигнали з обмеженою смугою частот, лінійну функцію $r_\beta(\xi)$, що відповідає формулі (3), можна замінити на функцію $\rho_{\alpha\zeta}(\xi)$, що її описує формула (4).

Таблиця 7

Представлення випробувальних сигналів № 4, 5, 6, 7, 8, 9

Номер сигналу	Y_i	C_{Ri}	C_{Bi}
№ 4	$A4(i)$	128	128
№ 5	$126 - (169/254) \times (A5(i) - 128)$	$126 - (169/254) \times (A5(i) - 128)$	$A5(i)$
№ 6	$126 - (169/264) \times (A6(i) - 128)$	$126 - (169/254) \times (A6(i) - 128)$	$A6(i)$
№ 7	$126 - (88/224) \times (A5(i) - 128)$	$A5(i)$	$128 - L_R / (L_G + L_B) \times (A5(i) - 128)$
№ 8	$126 - (88/224) \times (A6(i) - 128)$	$A5(i)$	$128 - L_R / (L_G + L_B) \times (A6(i) - 128)$
№ 9	$A7(i)$	$A7(i)$	$A7(i)$

Сигнал № 4

Форма сигналу № 4 може бути представлена формулою 9.

Параметри функції $A4(\xi)$ проілюстровано на рисунку 3 та надано для різних рівнів чіткості в таблицях 8 й 9.

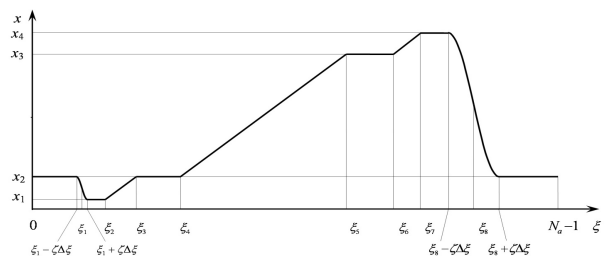


Рис. 3. Параметри функції $A4(\xi)$

$$A4(\xi) = \begin{cases} x_2 & \text{при } (\xi \in \overline{0, \xi_1 - \zeta\Delta\xi}) \mid (\xi \in \overline{\xi_3, \xi_4}) \mid (\xi \in \overline{\xi_8 + \zeta\Delta\xi, (N_a - 1)\Delta\xi}) \\ x_2 - (x_2 - x_1)h_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_1) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_1 - \zeta\Delta\xi, \xi_1 + \zeta\Delta\xi} \\ x_1 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_1 + \zeta\Delta\xi, \xi_2} \\ x_1 + (x_2 - x_1)r_{(x_2-x_1)/(\xi_3-\xi_2)}(\xi - \xi_2) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_2, \xi_3} \\ x_2 + (x_3 - x_2)r_{(x_3-x_2)/(\xi_5-\xi_4)}(\xi - \xi_4) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_4, \xi_5} \\ x_3 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_5, \xi_6} \\ x_3 + (x_4 - x_3)r_{(x_4-x_3)/(\xi_7-\xi_6)}(\xi - \xi_6) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_6, \xi_7} \\ x_4 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_7, \xi_8 - \zeta\Delta\xi} \\ x_4 - (x_4 - x_2)h_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_8) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_8 - \zeta\Delta\xi, \xi_8 + \zeta\Delta\xi} \end{cases} \quad (9)$$

Таблиця 8

Координатні параметри функції A4(ξ) для різних рівнів чіткості

z_a	N_a	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5	ξ_6	ξ_7	ξ_8
483	720	22	24	87	100	535	550	585	602
576	720	22	24	87	100	535	550	585	602
720	1280	22	43	155	178	951	978	1040	1070
1080	1920	22	64	232	267	1427	1467	1560	1605

Таблиця 10

Координатні параметри функції A5(ξ)

z_a	N_a	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5
483	720	24	40	95	120	563
576	720	24	40	95	120	563
720	1280	22	71	169	213	1001
1080	1920	22	107	253	320	1501

Таблиця 9

Рівневі параметри функції A4(ξ)

x_1	x_2	x_3	x_4
1	16	235	254

Таблиця 11

Рівневі параметри функції A5(ξ)

x_1	x_2	x_3
1	16	128

Сигнали № 5 та № 7

Форму сигналів № 5 та № 7 проілюстровано на рисунку 4. Цю форму характеризують функцією A5(ξ), що відповідає формулі:

$$A5(\xi) = \begin{cases} x_3 & \text{при } (\xi \in \overline{0, \xi_1 - \zeta\Delta\xi}) \mid (\xi \in \overline{\xi_5, N_a}) \\ x_3 - (x_3 - x_1)h_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_1) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_1 - \zeta\Delta\xi, \xi_1 + \zeta\Delta\xi} \\ x_1 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_1 + \zeta\Delta\xi, \xi_2} \\ x_1 + (x_2 - x_1)r_{(x_2-x_1)/(\xi_3-\xi_2)}(\xi - \xi_2) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_2, \xi_3} \\ x_2 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_3, \xi_4} \\ x_2 + (x_3 - x_2)r_{(x_3-x_2)/(\xi_5-\xi_4)}(\xi - \xi_4) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_4, \xi_5} \end{cases} \quad (10)$$

Сигнали № 6 та № 8

Форму сигналів № 6 та № 8 проілюстровано на рисунку 5. Цю форму характеризують функцією A6(ξ), що відповідає формулі (11).

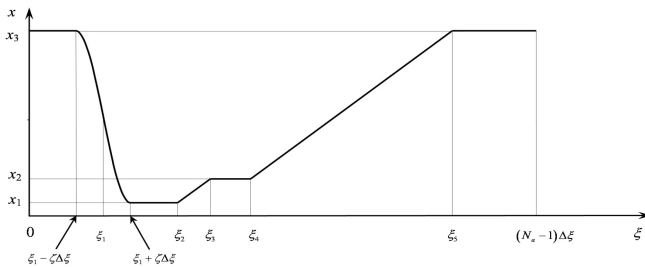


Рис. 4. Параметри функції A5(ξ)

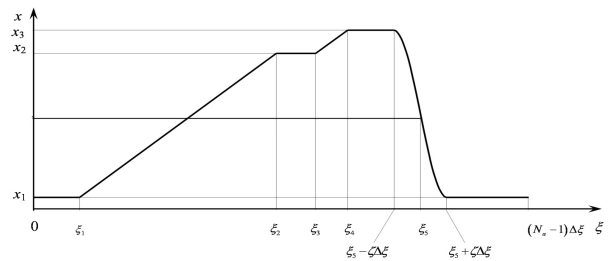


Рис. 5. Параметри функції A6(ξ)

$$A5(\xi) = \begin{cases} x_1 & \text{при } (\xi \in \overline{0, \xi_1}) \mid (\xi \in \overline{\xi_5 + \zeta\Delta\xi, N_a}) \\ x_1 + (x_2 - x_1)r_{(x_2-x_1)/(\xi_2-\xi_1)}(\xi - \xi_1) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_1, \xi_2} \\ x_2 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_2, \xi_3} \\ x_2 + (x_3 - x_2)r_{(x_3-x_2)/(\xi_4-\xi_3)}(\xi - \xi_3) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_3, \xi_4} \\ x_3 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_4, \xi_5 - \zeta\Delta\xi} \\ x_3 - (x_3 - x_1)h_{\alpha\zeta}(\xi - \xi_5) & \text{при } \xi \in \overline{\xi_5 - \zeta\Delta\xi, \xi_5 + \zeta\Delta\xi} \end{cases} \quad (11)$$

Параметри функції $A5(\xi)$ для різних рівнів чіткості наведено в таблицях 10 та 11.

Форму сигналу № 9 проілюстровано на рисунку 6 та надано для різних рівнів чіткості в таблицях 14 та 15. Цю форму можна охарактеризувати функцією $A7(\xi)$, що відповідає формулі:

$$A7(\xi) = \begin{cases} s(\xi - \xi_{n0}) + 1 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_{n0}, \xi_{n1}} \\ s(\xi_{n2} - \xi) + 1 & \text{при } \xi \in \overline{\xi_{n2}, \xi_{n3}} \end{cases}, \quad (12)$$

Параметри функції $A6(\xi)$ для різних рівнів чіткості на-

z_a	N_a	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_5
483	720	20	563	580	631	664
576	720	20	563	580	631	664
720	1280	20	1001	1031	1122	1180
1080	1920	20	1501	1547	1683	1771

ведено в таблицях 12 та 13.

Таблиця 12

Граничні рівні сигналів № 6, 8	Рівні		
	x_1	x_2	x_3
	128	240	254

Координатні параметри функції $A6(\xi)$

Таблиця 13

Часові параметри функції $A6(\xi)$

Сигнал № 9

де

$$\begin{aligned} \xi_{n0} &= 254 \cdot 2n \\ \xi_{n1} &= 254 \cdot (2n + 1) - 1 \\ \xi_{n2} &= 254 \cdot (2n + 1) \\ \xi_{n3} &= 254 \cdot (2n + 2) - 1 \\ n &= 1, 2, 3, \dots \quad \text{при } \xi \in \overline{0, 2N_a - 1} \\ s &= 1 \end{aligned}$$

Оскільки цей сигнал розраховано на перевірку передавання послідовності C_B, Y, C_R, Y , ця послідовність займає в рядку $2N_a$ відліків з кроком $\Delta\xi/2$. Якщо прийняти $\Delta\xi/2 = 1$, змінна ξ буде дорівнювати номерам відліків послідовності.

Для ТБСЧ при числі рівнів квантування $m = 8, s = 1$ пілкоподібний сигнал приймає значення між $x_1=1$ та $x_2=254$, тобто охоплює всі рівні квантування на цьому інтервалі. При $m = 10$ сигнал, що відповідає формулі 11, враховуючи квантування за алгоритмом (5), приймає такі самі значення, тобто відтворюються цілі рівні сигналу.

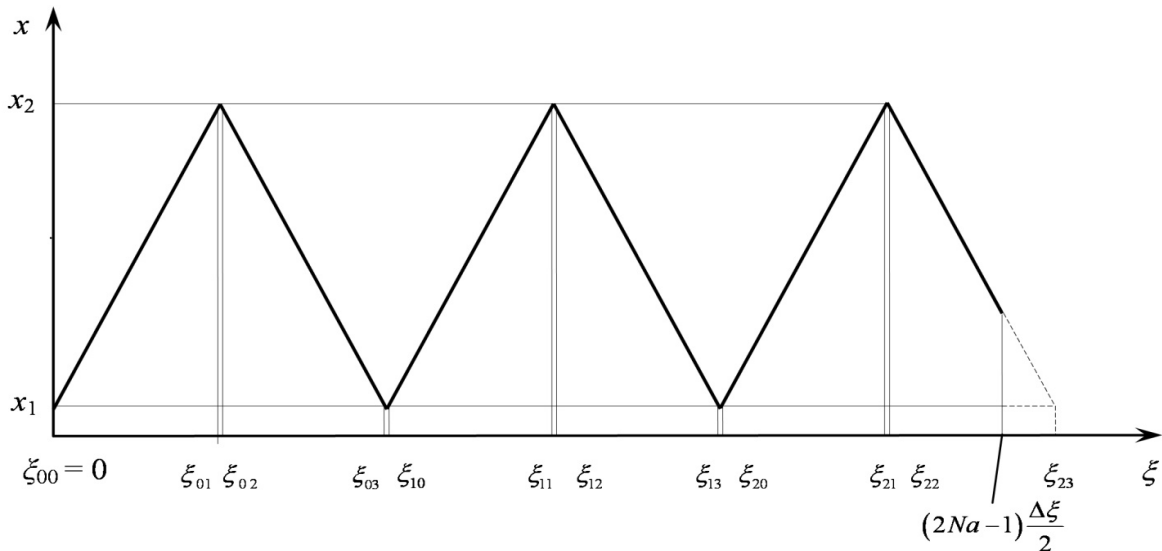


Рис.6. Параметри функції $A7(\xi)$

Оскільки цей сигнал розраховано на перевірку передавання послідовності C_B, Y, C_R, Y , ця послідовність займає в рядку $2N_a$ відліків з кроком $\Delta\xi/2$, де $\Delta\xi/2$

z_a	N_a	ξ_{00}	ξ_{01}	ξ_{02}	ξ_{03}	ξ_{10}	ξ_{11}
483	720	0	253	254	507	508	761
576	720	0	253	254	507	508	761
720	1280	0	253	254	507	508	761
1080	1920	0	253	254	507	508	761

z_a	N_a	ξ_{12}	ξ_{13}	ξ_{20}	ξ_{21}	ξ_{22}	ξ_{23}
483	720	762	1015	1016	1269	1270	1523
576	720	762	1015	1016	1269	1270	1523
720	1280	762	1015	1016	1269	1270	1523
1080	1920	762	1015	1016	1269	1270	1523

z_a	N_a	ξ_{30}	ξ_{31}	ξ_{32}	ξ_{33}	ξ_{40}	ξ_{41}
720	1280	1524	1777	1778	2031	2032	2285
1080	1920	1524	1777	1778	2031	2032	2285

z_a	N_a	ξ_{42}	ξ_{43}	ξ_{50}	ξ_{51}	ξ_{52}	ξ_{53}
720	1280	2286	2539				
1080	1920	2286	2539	2540	2793	2794	3047

z_a	N_a	ξ_{60}	ξ_{61}	ξ_{62}	ξ_{63}	ξ_{70}	ξ_{71}
1080	1920	3048	3301	3302	3555	3556	3779

z_a	N_a	ξ_{72}	ξ_{73}				
1080	1920	3810	3919				

Таблиця 14

дорівнює кроку дискретизації сигналу яскравості. Якщо прийняти $\Delta\xi/2 = 1$, змінна ξ буде дорівнювати номерам відліків послідовності.

Для ТБВЧ побудова функції $A7(\xi)$ у відповідності з формулою (11) відповідає такому самому пилкоподібному сигналу з більшою кількістю періодів у інтервалі активної частини рядку.

УДК 621.373:772.99

РЕЗУЛЬТАТЫ ТРАССОВОГО ЛАЗЕРНОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ГАЗОВЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ

Л. Ф. Черногор

Доктор физико-математических наук, профессор

Факультет радиофизики

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

пл. Свободы, 4, г. Харьков, 61077

Контактный тел.: (057) 707-55-61

E-mail: Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

А. С. Рашкевич

Адъюнкт

Кафедра Охраны труда и техногенно-экологической

безопасности

Национальный университет гражданской защиты Украины

ул. Чернышевского, 94, г. Харьков, 61023

Контактный тел.: (057) 707-34-57

E-mail: op_teb@ukr.net

Описано лазерний монітор забруднюючих газових домішок в атмосфері. Наведено методіку і результати вимірювань. Пропонується використовувати лазерний монітор в якості базового кошти для організації дистанційного контролю зон надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: лазерний моніторинг, газові домішки, атмосфера

Описан лазерный монитор загрязняющих газовых примесей в атмосфере. Приведена методика и результаты измерений. Предлагается использовать лазерный монитор в качестве базового средства для организации дистанционного контроля зон чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: лазерный мониторинг, газовые примеси, атмосфера

We describe a laser monitor pollutant gases in the atmosphere. The method and the measurement results. It is proposed to use a laser display as a basic means for remote control zones emergencies.

Key words: laser monitoring, trace gases, the atmosphere