

УДК 621.383.112

## Метод измерения отношения сигнал—шум ЭОП со встроенной электронно-чувствительной матрицей

О. В. Чистов, Д. А. Широков

*Дано описание нового метода измерения отношения сигнал—шум электронно-оптических преобразователей со встроенной электронно-чувствительной матрицей. Принятый для ЭОП с люминесцентным экраном метод измерений этой величины в данном случае технически неприменим. Предложенный метод основан на цифровой обработке тестового сигнала, поступающего на электронно-чувствительную матрицу. В работе представлен вычислительный алгоритм и схема функционирования измерительной системы. Кроме этого оценка эффективности предложенного метода указывает на то, что его практическое применение позволяет существенно (в 5—10 раз) снизить трудоемкость процесса измерений отношения сигнал—шум ЭОП по сравнению с измерениями, принятыми для аналогичных приборов с люминесцентным экраном.*

PACS: 41.85.-p

*Ключевые слова:* фотоприемный модуль, сигнал—шум, метод.

### Введение

В связи с созданием фотоприемных модулей (ФПМ) на основе электронно-оптических преобразователей (ЭОП) 3-го поколения с использованием в них вместо люминесцентного экрана электронно-чувствительной (ЭЧ) матрицы возникает проблема измерения отношения сигнал—шум (СШ), поскольку традиционный метод, используемый в случае люминесцентных экранов, здесь технически неприменим. В случае использования в ЭОП люминесцентного экрана измерение СШ производится согласно ГОСТ 21815.19-86 [1] и является весьма трудоемким процессом. Очевидно, что предлагаемый взамен традиционного метода новый метод измерений отношения СШ должен удовлетворять требованиям [1] и, по возможности, допускать автоматизацию процесса.

### Принцип измерения отношения сигнал—шум

Предлагаемая схема измерительной установки и вычислительный алгоритм измерения отношения СШ ФПМ основаны на определении среднего и среднеквадратического отклонения значений яркости выходного сигнала ФПМ с последующим

вычислением этого отношения при заданных значениях освещенности на входе ФПМ.

Согласно [1], измерение отношения СШ производится путем анализа яркости в центральной зоне экрана ЭОП. При этом диаметр такой зоны ограничивается с помощью анализирующей диафрагмы, диаметр которой, приведенный к входу ЭОП, не должен превышать 0,25 мм. Для того чтобы площадь анализирующей диафрагмы  $S_d$  соответствовала бы площади пикселей  $S_m$  на матрице, находящихся в зоне изображения этой диафрагмы на экране, необходимо пересчитать площадь анализирующей диафрагмы, приведенную к фотокатоду  $S_d$ , в аналогичную площадь, составленную из суммы площадей указанных пикселей. Нетрудно заметить, что

$$S_m = \frac{S_d}{\Gamma_{\text{Э}}}, \quad (1)$$

где  $\Gamma_{\text{Э}}$  — электронно-оптическое увеличение ЭОП.

Тогда число пикселей  $N_p$ , соответствующих этой площади, можно определить по формуле

$$N_p = \frac{S_m}{H \cdot W}, \quad (2)$$

где  $H$  и  $W$  — поперечные размеры пикселя;

$\Gamma_{\text{Э}}$  — электронно-оптическое увеличение.

Заметим, что  $N_p$  в (2) округляется отбрасыванием дробной части.

Если ЭЧ-матрица имеет прогрессивную развертку, то при последующих вычислениях необходимо использовать все пиксели рассматривае-

Чистов Олег Валерьевич, аспирант.

Широков Дмитрий Алексеевич, аспирант.

ОАО "НПО Геофизика-НВ".

Россия, 107076, Москва, ул. Матросская тишина, 23, стр. 2.

Тел. (499) 269-27-42. E-mail: geonv047@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22 сентября 2011 г.

мой зоны. Если же матрица имеет чересстрочную развертку, то для вычисления используются либо четные, либо нечетные строки выбранной зоны.

Согласно ГОСТу, измерение отношения СШ должно осуществляться в полосе частот от 0,1 до 20 Гц. Тогда, в соответствие с теоремой Котельникова [2], время  $T$  экспозиции ЭЧ-матрицы для обеспечения требуемой частоты должно быть менее 25 мс.

На рисунке приведена схема установки, предназначенной для автоматизированного измерения отношения СШ.

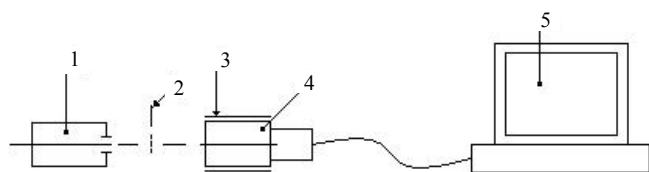


Схема установки для измерения отношения сигнал—шум:

1 — осветитель; 2 — непрозрачный диск;  
3 — держатель ФПМ; 4 — ФПМ; 5 — ЭВМ

Шумовая составляющая сигнала на выходе определяется пространственно-временной вариацией плотности тока в точках фотокатода ЭОП. Таким образом, поступающие токи на элементы ЭЧ-матрицы также имеют соответствующую пространственно-временную вариацию. Результат последовательного по времени считывания информации с ЭЧ-матрицы представляется последовательностью информационных матриц  $Z_1(x, y), Z_2(x, y), \dots, Z_t(x, y)$ , где  $x, y$  — текущие координаты отдельных пикселей.

Естественно, порядок следования элементов (сигналов) в информационных матрицах  $Z_1(x, y), Z_2(x, y), \dots, Z_t(x, y), \dots$  должен соответствовать порядку расположения фотоприемников (пикселей) в ЭЧ-матрице ФПМ.

### Алгоритм измерения сигнал—шум

Вычислительный алгоритм заключается в следующем.

1. Запоминаем последовательность значений информационных матриц  $Z_1(x, y), Z_2(x, y), \dots, Z_t(x, y)$  с введенным в изображение непрозрачным диском, предварительно определив величину  $t$ , которая вычисляется по формуле

$$t = \frac{L}{T}, \tag{3}$$

где  $L$  — время измерения темного тока в секундах; согласно [1];

$T$  — время экспозиции ЭЧ-матрицы.

2. Из полученных матриц  $Z_1(x, y), Z_2(x, y), \dots, Z_t(x, y)$  вычисляем последовательность значений  $St_1, St_2, \dots, St_t$ , где  $St_n$  — сумма значений пикселей  $n$ -й матрицы, участвующих в вычислении.

3. Вычисляем среднее арифметическое значение  $Mt$  из последовательности значений  $St_1, St_2, \dots, St_t$  по формуле

$$Mt = \frac{1}{t} \sum_{n=1}^{n=t} S_n. \tag{4}$$

4. Набираем последовательность информационных матриц  $Z_1(x, y), Z_2(x, y), \dots, Z_t(x, y)$  с введенной в изображение анализирующей диафрагмы, где  $t$  вычисляется по формуле

$$t = \frac{10}{T}, \tag{5}$$

где 10 — время измерения шума в секундах, согласно [1];

$T$  — время экспозиции ЭЧ-матрицы.

5. Из полученных матриц  $Z_1(x, y), Z_2(x, y), \dots, Z_t(x, y)$  вычисляем последовательность значений  $S_1, S_2, \dots, S_t$ , где  $S_n$  — сумма значений сигналов пикселей  $n$ -й матрицы, участвующих в вычислении.

6. Вычисляем среднее арифметическое значение  $M$  из последовательности значений сигналов  $S_1, S_2, \dots, S_t$  по формуле

$$M = \frac{1}{t} \sum_{n=1}^{n=t} S_n. \tag{6}$$

7. Дисперсию  $D$  последовательности значений  $S_1, S_2, \dots, S_t$  вычисляем по формуле

$$D = \frac{1}{t-1} \sum_{n=1}^{n=t} (M - S_n)^2. \tag{7}$$

8. Тогда, согласно [1], отношение СШ вычисляют по формуле

$$\eta = \frac{M - Mt}{\sqrt{D}} \sqrt{\frac{\pi \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}}{A} \cdot \frac{10^{-4}}{E}}, \tag{8}$$

где  $E$  — освещенность, при которой производится измерение;

$A$  — площадь анализируемой поверхности, вычисляемая по формуле  $A = N_r \cdot H \cdot W$ .

### Заключение

Предложенный метод был реализован в виде аппаратно-программного комплекса на предприятии ОАО "НПО Геофизика-НВ". Предварительные испытания комплекса показали его эф-

фективность и возможность существенного сокращения трудоемкости (примерно, в 5—10 раз) измерений отношения сигнал—шум ФПМ. В связи с этим предложенный метод может быть рекомендован к использованию в серийном производстве ФПМ со встроенной ЭЧ-матрицей.

#### Л и т е р а т у р а

1. ГОСТ 21815.19-86. Преобразователи электронно-оптические. Методы измерения отношения сигнал—шум.
2. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы. — М., 1988.

## Method of measurement of the signal—noise ratio for the electrooptical converter with a CCD array

*O. V. Chistov, D. A. Shirokov*

Geophysika-NV, Inc.

23/2 Matrosskaya Tishina str., Moscow, 107076, Russia

E-mail: geonv047@mail.ru

*The new method of measuring image intensifier tube with electron-bombarded CCD of signal—noise ratio is presented. Adopted for IIT with luminescent screen of signal—noise ratio measuring method in this case is technically not applicable. The proposed method is based on digital processing of the test signal supplied to the EBCCD. This paper presents a computational algorithm and measuring system scheme. Besides evaluating the effectiveness of the proposed method indicates that its practical use can significantly (5—10 times) reduce the complexity of the IIT of signal—noise ratio measuring taken for similar devices with luminescent screen.*

PACS: 41.85.-p

*Keywords:* photosensitive modules, signal—noise, method, array.

Bibliography — 2 references.

*Received September 22, 2011*

\* \* \*