պետք է ձգտվի առնվազն սպեկտրալ բնութագրերով բնականին մոտ անկանոն ալեկոծման լաբորատոր մոդելավորման ժամանակ։ Անկանոն ալեկոծումով փորձերի կատարումը թույլ է տալիս ավելի ճիշտ կանխատեսել ջրամբարների ափերի ձևափոխումը իրական ալիքային ազդեցություններից։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ploeg J., Funke E. R.* A Survey of Random Wave Generation Techniques // Proc. 17 th Coast Eng. Conf. Sudney, 23—28 March 1980. — New York, 1981. — V. 1. — P. 135—153.
2. *Feyer D. K., Gilbert J., Wilkie M. J.* A Wave Spectrum Synthesiser // Journal of Hydraulic Research. Delft, 1973, — 11, 3. — P. 58—66.
3. *Харкевич А. А.* Спектры и анализ.—М.: Энергия, 1957.—236 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLI, № 5, 1988

НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Л. Г. КАРАПЕТЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ШУМ-СИГНАЛ В МАТРИЧНЫХ ФОТОПРИЕМНИКАХ НА ПРИБОРАХ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

При конструировании телевизионной измерительной аппаратуры проявляются преимущества матричных фотоприемников на приборах с зарядовой связью (ПЗС) перед вакуумными формирователями изображения [1]. Однако присущие ПЗС физические ограничения [2] приводят к определенным затруднениям при проектировании измерительных систем. Так, для повышения точности измерения координат точечных объектов применяются специальные алгоритмы обработки видеосигнала [3, 4], эффективность которых зависит от ряда параметров ПЗС. К одному из основных параметров относится шум, возникающий в процессе формирования изображения и вытекающее из него отношение шум-сигнал (ш/с) в фотоприемнике.

В данной статье приведен способ, позволяющий определить отношение ш/с в матричных фотоприемниках на ПЗС. Координаты центра тяжести изображения в системе координат ПЗС матрицы можно оценить по формулам

$$\bar{x} = \frac{\sum_{ij} U_{ij} x_{ij}}{\sum_{ij} U_{ij}}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{ij} U_{ij} y_{ij}}{\sum_{ij} U_{ij}}, \qquad (1)$$

где U_{ij} — энергии, зафиксированные в каждом элементе разрешения; x_{ij}, y_{ij} — координаты элемента разложения.

Среднеквадратическая погрешность определения координат $m^2_{\tilde{x}}$ и $m^2_{\tilde{y}}$ определяется дифференцированием выражения (1) по U_{ij}, x_{ij} и y_{ij} [5]

$$m^2_{\tilde{x}} = \sum_{ij}(x_{ij} - \tilde{x})^2 \frac{m^2_{ij}}{\left(\sum_{ij} U_{ij}\right)^2} + \frac{\sum_{ij} U^2_{ij}}{\left(\sum_{ij} U_{ij}\right)^2} m^2_x, \qquad (2)$$

$$m^2_{\tilde{y}} = \sum_{ij}(y_{ij} - \tilde{y})^2 \frac{m^2_{ij}}{\left(\sum_{ij} U_{ij}\right)^2} + \frac{\sum_{ij} U^2_{ij}}{\left(\sum_{ij} U_{ij}\right)^2} m^2_y, \qquad (3)$$

где $\dfrac{m_{ij}}{\sum_{ij} U_{ij}}$ — отношение шум-сигнал; m_x и m_y — неопределенность, вносимая элементом разложения матрицы по осям X и Y.

Так как в уравнениях (2) и (3) отношение ш с входит в одинаковом виде, то достаточно рассмотреть одно из них. Приняв, что на светочувствительную поверхность матрицы проецируется изображение точки с нормальным распределением энергии, и подставив $\tilde{x} = x_0$, где x_0 — геометрический центр изображения, из уравнения (2) имеем

$$\frac{m_x}{\sum_{ij} U_{ij}} = \left[\frac{m^2_{\tilde{x}} - m^2_x \sum_i \left\{ \dfrac{1}{r\sqrt{\pi}} \displaystyle\int_{x_i - 1/2}^{x_i + 1/2} \exp\left[-\left(\frac{x - x_0}{r} \right)^2 \right] dx \right\}^2}{\sum_{ij} (x_{ij} - x_0)^2} \right]^{1/2}. \qquad (4)$$

Задаваясь размером изображения ($n < n$) и приняв $r = \dfrac{1}{6} n$, нетрудно рассчитать значения

$$\sum_i \left\{ \frac{1}{r\sqrt{\pi}} \int_{x_i - 1/2}^{x_i + 1/2} \exp\left[-\left(\frac{x - x_0}{r} \right)^2 \right] dx \right\}^2 \quad \text{и} \quad \sum_{ij} (x_{ij} - x_0)^2.$$

Для определения отношения ш с в (4) остается неизвестной лишь величина m^2_x. На рис. 1 приведена схема установки, на которой определялась среднеквадратическая ошибка определения координат. Световой поток от осветителя 1 через диафрагму 2 попадает в светометрический шар 3. На выходе светометрического шара образуется рассеянный свет, который, проходя через текст 4, проецируется объективом 5 на светочувствительную поверхность ПЗС — матрицы 6.

Тест представляет собой затемненную стеклянную пластину с окном определенной формы и размера. Он закреплен на двухкоординатной каретке 8, которая снабжена микрометрическими винтами и дает возможность перемещения изображения по светочувствительной поверхности ПЗС. Блок 7 позволяет регулировать интенсивность изображения. Блок управления ПЗС 9 генерирует последовательности импульсов, необходимых для накопления, хранения и считывания видеосигнала, который через видеоусилитель 10 и схему двойной коррелированной выборки 11 подается на ВКУ 12 и осциллограф 13 для визуального контроля за изображением и на блок определения координат центра тяжести изображения 14.

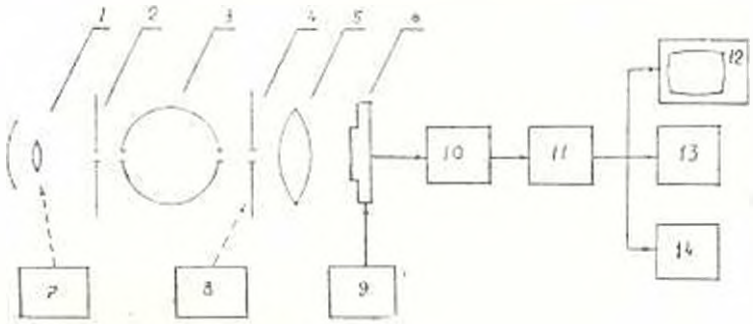

Рис. 1.

Выставив изображение теста на некоторую область светочувствительной части ПЗС-матрицы, изменяя и фиксируя его положение параллельно оси Y, с помощью блока 14 определяются координаты x_{1j} центра тяжести изображения в каждом фиксированном положении. Затем производится сдвиг изображения по оси X и вновь определяются координаты центра тяжести изображения x_{2j} для второго столбца и т. д. Размер изображения и сдвиг выбираются так, чтобы перекрыть по возможности большую часть чувствительной области матрицы. На рис. 2 показана траектория движения изображения по поверхности светочувствительной области ПЗС-матрицы. Крестиками обозначены измеренные значения центров тяжести изображения для первого столбца—x_{1j}. Среднеквадратическая погрешность определения координат определяется следующим образом:

$$m_{\bar{x}}^2 = \frac{1}{KL} \sum_{k} \sum_{j} (\bar{x}_k - x_{kj})^2,$$

где K—число столбцов; L—число измерений в каждом столбце:

$$\bar{x}_k = \frac{1}{L} \sum_{j} x_{kj}.$$

Экспериментально отношение u/e было определено для среднеформатных ПЗС-матриц типа А 1042. С помощью блока 7 (рис. 1) на выходе светометрического шара устанавливалась освещенность, соответствующая некоторому отношению u/e, измерялась величина $m_{\bar{x}}^2$ и из

выражения (4) рассчитывалось отношение ш/с. Не изменяя общей энергии, зафиксированной в элементах разложения ПЗС, с помощью расфокусировки изменялся размер изображения на 2—5 элементах разложения, для каждого размера измерялась величина $m^2_{\sum}$ и рассчитывалось отношение ш/с. При этом отношение ш/с для разных размеров изображения практически не изменялось.

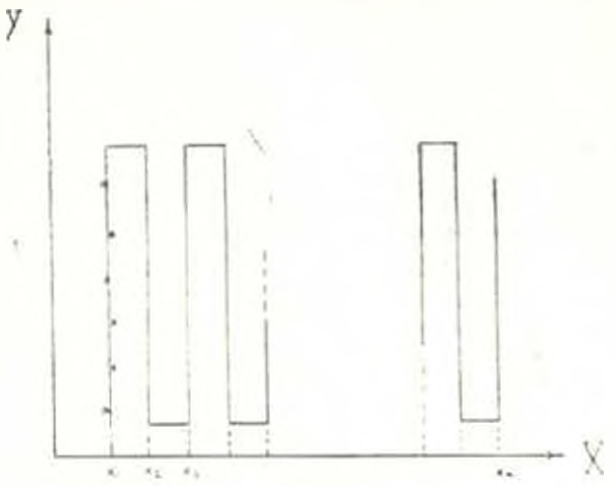

Рис. 2.

При измерении величины $(x_i - \bar{x}_{ai})^2$ в некоторых областях светочувствительной поверхности матрицы наблюдались резкие отклонения этой величины от $m^2_{\sum}$. Это обстоятельство свидетельствует о том, что в этих областях матрица имеет большое значение геометрического шума. Таким образом, по величине $m^2_{\sum} - (x_i - \bar{x}_i)^2$ можно судить о степени неоднородности матрицы по чувствительности, току, неэффективности переноса в той или иной ее области.

Измерения проводились для нескольких экземпляров матриц. При одинаковых условиях измерения отношение ш/с для различных экземпляров отличались друг от друга на 20—30%.

20 III 1986

Լ. Հ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԼԻՑՔԱՅԻՆ ԿԱՊՈՎ ԱԱՐՔԵՐՈՎ ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՖՈՏՈԸՆԿԱԻԻՉՆԵՐՈՒՄ ԱԶՄՈՒԿ-ԱԶԴԱՆՇԱՆ ՀԱՐԱԲԵՐՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Բերվում է լիցքային կապով սարքերով մատրիցային ֆոտոընդունիչների աղմուկ-ազդանշան հարաբերության որոշման ձև. հիմնված պատկերի կոորդինատների որոշման միջին քառակուսային սխալի չափման վրա։ Նկարագրված է սարքավորում, որը թույլ է տալիս իրականացնել նշանակր, բերված ձև չափման արդյունքները Ա 1042 տիպի մատրիցաների համար։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Alfred Dümlein.* Optische Datenerfassung mit CCD — Kamera // Elektronik. — 1982. — 25, 17. 12. — S. 89 — 92.
2. *К. Секен, М. Томпсет.* Приборы с переносом заряда. — М.: Мир, 1978. — 155 с.
3. *Phil M. Salomon.* Charge-coupled device (CCD) trakers for high-accuracy guidance applications // Optical Engineering. — 1981. — January (February). V. 20, №. 1. — P. 135 — 142.
4. *Андреев А. Г., Кузнецов В. И., Пашков В. С.* Использование метода конечных разностей при обработке сигнала в телевизионном измерителе координат на ПЗС // Техника средств связи. Сер. Техника телевидения. — 1981. — Вып. 6. С. 58—62.
5. Математическое обеспечение определения ориентации КА по изображениям звездного неба / Г. А. Авдеесов, Е. П. Алексашин, Г. А. Алексашина и др. // Со.: Оптико-электронные приборы в космических экспериментах. Институт космических исследований АН. — М.: Наука, 1983. — С. 124—157.