

Таким образом, приведенное рассмотрение позволяет заключить, что возможно построение системы когерентной оптической обработки информации, не критичной к изменению масштаба входных данных, что обеспечивается реализацией соответствующего преобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кейсесент Д., Псалтис Д. Новые методы оптических преобразований для распознавания образов.— ТИИЭР, 1977, т. 65, № 1, с. 92.
2. Мохунь И. И., Мустафин К. С., Прогасевич В. И. Оптическая реализация масштабно-инвариантного преобразования.— Автометрия, 1979, № 4, с. 124.
3. Casesent D., Psaltis D. Scale invariant optical transform.— Opt. Eng., 1976, v. 15, N 3, p. 258.
4. Карлсон Ф. П., Франсуа Р. Э. Обобщенные линейные процессоры для когерентных оптических вычислительных устройств.— ТИИЭР, 1977, т. 65, № 1, с. 13.
5. Сороко Л. М. Основы голографии и когерентной оптики.— М.: Наука, 1974.
6. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике.— М.: Мир, 1974.
7. Литвиненко О. Н. Основы радиооптики.— Киев: Техника, 1974.

Поступило в редакцию 5 октября 1983 г.

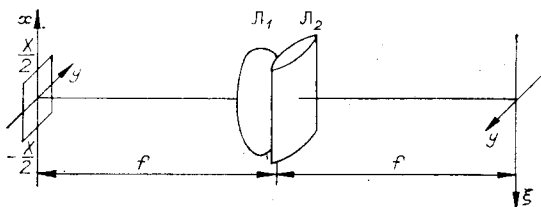
УДК 535.853.6.001.2

И. А. ВОДОВАТОВ, С. А. РОГОВ

(Ленинград)

ПРОХОЖДЕНИЕ СЛУЧАЙНОГО СИГНАЛА ЧЕРЕЗ АСТИГМАТИЧЕСКУЮ ОПТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ

Астигматические оптические системы нашли широкое применение в устройствах когерентной оптической обработки информации [1, 2]. При использовании в таких системах устройств ввода информации, обладающих значительными оптическими шумами (например, фотопленка), актуальной задачей становится исследование влияния этого шума на выходной сигнал системы обработки. Аналогичная задача возникает при обработке в оптических системах пространственных шумоподобных сигналов.



Для систем, осуществляющих двумерное преобразование Фурье, такая задача была решена в [2]. В данном сообщении приводятся результаты анализа шумовой составляющей на выходе астигматической оптической системы, в которой, как известно, по одной из координат производится преобразование Фурье входного сигнала и формирование изображения — по другой.

Рассмотрим конкретную оптическую систему с единичным увеличением, схема которой приведена на рисунке. Пусть на входе такой системы присутствует шумовой пространственный сигнал $n(x, y)$, стационарный в пределах входной апертуры, корреляционная функция которого $K(\Delta x, \Delta y)$. Выходной сигнал системы может быть выражен через входной следующим образом [2]:

$$n_{\text{вых}}(\xi, y) = \sqrt{\frac{i}{\lambda f}} e^{i\frac{4\pi f}{\lambda}} e^{i\frac{2\pi}{\lambda f} y^2} \int_{-X/2}^{X/2} n(x, y) e^{-i\frac{2\pi}{\lambda f} \xi x} dx,$$

где λ — длина световой волны; f — фокусное расстояние линз L_1 и L_2 ; X — размер входной апертуры оптической системы по координате x .

Найдем величины, характеризующие случайный процесс в выходной плоскости. Для многих применений достаточно знать среднее значение и корреляционную функцию процесса. Среднее значение есть

$$\overline{n_{\text{вых}}}(\xi, y) = \sqrt{\frac{i}{\lambda f}} e^{i\frac{4\pi f}{\lambda}} e^{i\frac{2\pi}{\lambda f} y^2} \int_{-X/2}^{X/2} \overline{n(x, y)} e^{-i\frac{2\pi}{\lambda f} \xi x} dx. \quad (1)$$

Для нахождения корреляционной функции $K(\xi, y, \Delta\xi, \Delta y)$ необходимо усреднить

$$\times \int_{-X/2}^{X/2} n(x, y) e^{-i\frac{2\pi}{\lambda f} x} dx \int_{-X/2}^{X/2} n^*(x_1, y + \Delta y) e^{i\frac{2\pi}{\lambda f} x_1} dx_1.$$

Заменив переменную во втором интеграле x_1 на $x + \Delta x$, получим следующее выражение:

$$n_{\text{вых}}(\xi, y) n_{\text{вых}}^*(\xi + \Delta\xi, y + \Delta y) = \frac{1}{\lambda f} e^{-i\frac{2\pi}{\lambda f} [2y\Delta y + (\Delta y)^2]} \times \\ \times \int_{-X/2}^{X/2} dx e^{i\frac{2\pi}{\lambda f} \xi x} \int_{-X/2-x}^{X/2-x} n(x, y) n^*(x + \Delta x, y + \Delta y) e^{i\frac{2\pi}{\lambda f} (\xi + \Delta\xi) \Delta x} d(\Delta x).$$

Усредняя по ансамблю, находим

$$K(\xi, y, \Delta\xi, \Delta y) = \frac{1}{\lambda f} e^{-i\frac{2\pi}{\lambda f} [2y\Delta y + (\Delta y)^2]} \int_{-X/2}^{X/2} dx e^{i\frac{2\pi}{\lambda f} \Delta\xi x} \int_{-X/2-x}^{X/2-x} K(\Delta x, \Delta y) \times \\ \times e^{i\frac{2\pi}{\lambda f} (\xi + \Delta\xi) \Delta x} d(\Delta x).$$

Аналогично [2], считая, что область корреляции входного сигнала гораздо меньше размера входной апертуры системы, пренебрегаем переменной x в пределах интегрирования второго интеграла. Тогда, проведя интегрирование по x , получим в принятом приближении

$$K(\xi, y, \Delta\xi, \Delta y) = \frac{X}{\lambda f} e^{-i\frac{2\pi}{\lambda f} [2y\Delta y + (\Delta y)^2]} \frac{\sin \frac{\pi \Delta\xi}{\lambda f} X}{\frac{\pi \Delta\xi}{\lambda f} X} W\left(\frac{2\pi}{\lambda f} \xi, \Delta y\right), \quad (2)$$

где $W\left(\frac{2\pi}{\lambda f} \xi, \Delta y\right) = \int_{-\infty}^{\infty} K(\Delta x, \Delta y) e^{i\frac{2\pi}{\lambda f} \xi \Delta x} d(\Delta x)$ представляет собой спектральную

плотность мощности x -компоненты входного случайного процесса.

Из выражения (2) видно, что случайный процесс на выходе системы не является стационарным. Однако размеры неоднородностей шума, характеризуемые по координате ξ в основном множителем $\sin(\pi \Delta\xi X / \lambda f) / (\pi \Delta\xi X / \lambda f)$, а по координате y — шириной корреляционной функции входного сигнала $K(\Delta x, \Delta y)$, не зависят от координат. Дисперсия выходного сигнала определяется выражением

$$\sigma^2(\xi, y) = K(\xi, y, 0, 0) = (X/\lambda f) W(2\pi \xi / \lambda f, 0). \quad (3)$$

Из (3) следует, что распределение дисперсии повторяет распределение спектра мощности x -компоненты входного случайного процесса W . При достаточно малой ширине корреляционной функции входного сигнала величина W медленно меняется в выходной плоскости системы и шум можно считать стационарным в пределах небольших участков на этой плоскости.

Как известно, дисперсия шума на выходе системы определяет интенсивность фоновой засветки, знание которой позволяет рассчитывать динамический диапазон оптических систем.

Полученные выражения (1)–(3) нетрудно обобщить на случай входного случайного процесса, нестационарного по координате y , а также для более общей схемы астигматической оптической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катрона, Лейф, Палермо, Парчелло. Оптические системы фильтрации и обработки сигналов.— Зарубеж. радиоэлектроника, 1962, № 10, с. 3–30.
2. Кондрагенов Г. С. Обработка информации когерентными оптическими системами.— М.: Сов. радио, 1972.
3. Тарасов Л. В., Ежов В. А. Когерентно-оптическая обработка радиосигналов.— Зарубеж. радиоэлектроника, 1980, № 2, с. 3–36.

Поступило в редакцию 4 марта 1985 г.