

ПОВЫШЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПРАВИЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОПЕРАТОРОМ ОПТИКО - ЭЛЕКТРОННЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ СУМЕРЕК

к.т.н. В.Н. Анохин
(представил д.т.н., проф. Г.Н. Доля)

Предложен способ построения формирователя сигнала изображения оптико - электронной станции и оценена его эффективность при визуальном обнаружении космических объектов.

В условиях сумерек возможности увеличения времени экспозиции ограничены наличием сильного фонового излучения, приводящего к насыщению телевизионных датчиков.

При использовании в качестве датчика матрицы ПЗС с узлом электрического ввода сигнала в матрицу возможна реализация подавления фона непосредственно в формирователе сигнала изображения (ФСИ). Структурная схема такого ФСИ показана на рис. 1.

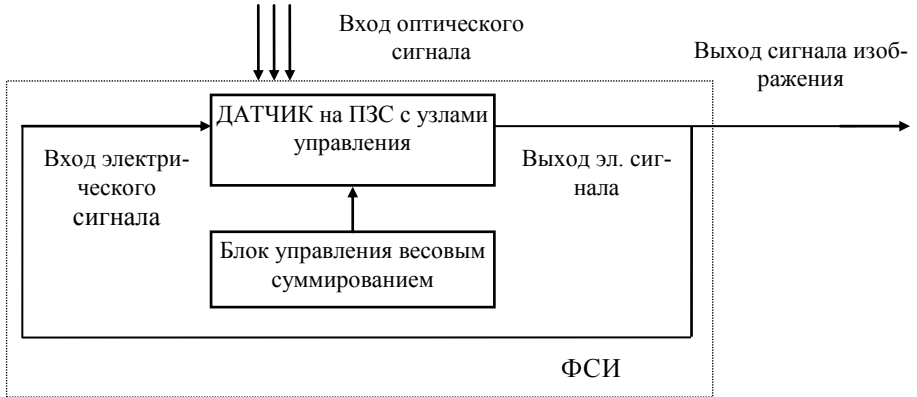


Рис. 1. Структурная схема ФСИ

В таком формирователе сигнала изображения осуществляется поэтапное накопление оптического сигнала с выводом зарядовых пакетов из матрицы, предотвращающим ее выход на нелинейный участок работы. С выхода датчика сигнал поступает на выход ФСИ, а также записывается электрическим способом в матрицу ПЗС, являющуюся светочув-

ствительным датчиком, после чего продолжается следующий этап накопления. При вводе сигнала в матрицу выполняется подавление постоянной составляющей фонового сигнала. Весовое суммирование осуществляется за счет управления временем экспозиции и усилением сигнала обратной связи.

Такой структуре ФСИ можно поставить в соответствие трехмерный рекурсивный фильтр, представленный на рис. 2 [1].

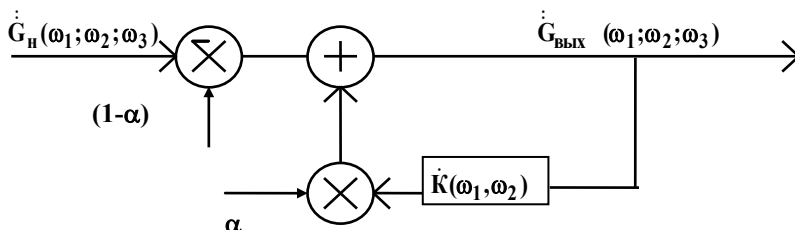


Рис. 2. Трехмерный рекурсивный фильтр

На рис. 2 приведены следующие обозначения:

- $\dot{G}_H(\omega_1; \omega_2; \omega_3)$ - спектр входного оптического изображения после одного периода накопления;
- $\dot{G}_{ВЫХ}(\omega_1; \omega_2; \omega_3)$ - спектр выходного сигнала изображения;
- $K(\omega_1, \omega_2)$ - результирующая передаточная функция в режиме ввода-вывода сигнала ; $0 < \alpha < 1$.

Для такого фильтра рассчитаны и экспериментально проверены значения коэффициента K - улучшения отношения сигнал/шум на входе порогового устройства обнаружителя, эквивалентного зрительной системе человека (режим визуального наблюдения) [2]. Зависимости (рис.3, рис.4) получены для различных двумерных передаточных функций, определяемых результирующими неэффективностями переноса в матрице ПЗС $N_1 \epsilon_1$ (по строкам) и $N_2 \epsilon_2$ (по столбцам), и размеров объектов в 3 и 6 элементов разрешения матрицы (рис. 3).

Значение $N_1 \epsilon_1 = 0,128$ и $N_2 \epsilon_2 = 0,0576$ характерны для современных крупноформатных матриц ПЗС со встроенным каналом, применяемым в оптико – электронных станциях наблюдения за космическими объектами. При этом можно получить улучшение отношения сигнал/шум в 2,25 и 2,58 раза соответственно для размеров объектов $M_1 = M_2 = 3$ и $M_1 = M_2 = 6$ элементов разрешения матрицы. Данные графики получены без учета собственных шумов фильтра.

Наличие собственного шума фильтра снижает значение коэффици-

ента K . На рис. 4 показаны рассчитанные зависимости K от α при разных отношениях N входного шума к собственному шуму фильтра для случая:

$$N_1 \epsilon_1 = 0,128; N_2 \epsilon_2 = 0,0576; M_1 = M_2 = 3.$$

Значение N зависит от входного отношения сигнал/шум оптического сигнала, динамического диапазона фильтра и времени одного периода накопления. Как видно из графиков, при $N=100$ значение коэффициента K приближается к его значению при отсутствии собственных шумов.

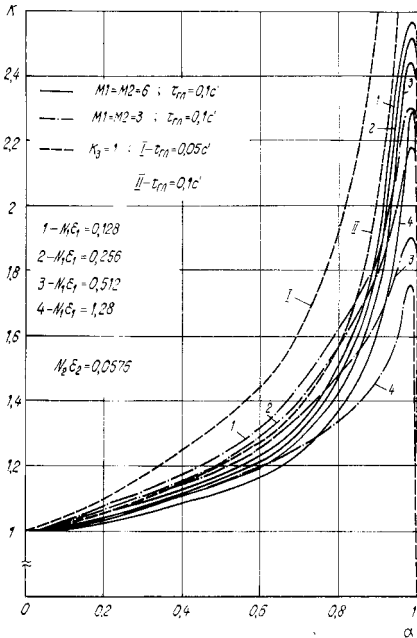


Рис.3. Значение K без учета собственных шумов

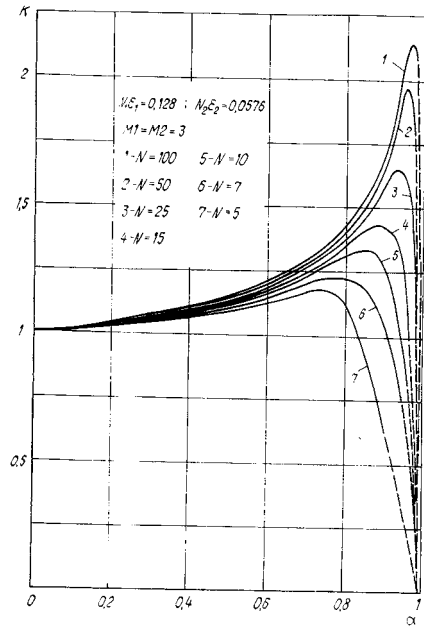


Рис.4. Значение K с учетом собственных шумов

Таким образом, применение рекурсивной структуры формирователя сигналов изображения эффективно при малых отношениях сигнал/шум на оптическом входе датчика, которое мало изменяется за счет одного периода накопления из-за ограничений его продолжительности, вызванных накоплением фонового сигнала.

На рис. 5 приведены (при вероятности ложной тревоги $P_{лт}=0,1$) кривые обнаружения оператором точечных объектов (изображений космических объектов) в зависимости от исходного отношения пикового

значения сигнала к шуму на входе порогового устройства обнаружителя, эквивалентного зрительной системе оператора. Кривая I соответствует исходной вероятности правильного обнаружения. Кривые II и III соответствуют вероятностям правильного обнаружения при применении рекурсивной структуры датчика и увеличении при этом пикового отношения сигнал/шум в 1,8 и 2,6 раза.

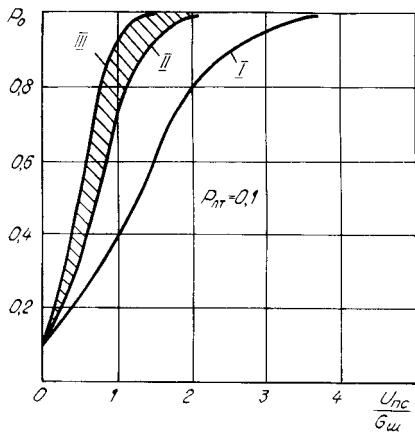


Рис.5. Кривые обнаружения

способна стабилизировать вероятность ложной тревоги [3], значения которой по разным источникам лежат в пределах от 0,075 до 0,125. При этом эквивалентный обнаружитель принимает решение по критерию Неймана - Пирсона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин В.Н. Применение матриц ПЗС в качестве устройств задержки в рекурсивных накопителях ТВ изображений // НТС «Радиоэлектронное оборудование летательных аппаратов». – К.: КВВАИУ. – 1990. – Вып. 5. – С. 72 - 74.
2. Анохин В.Н., Мирошниченко С.И., Калугин Е.И. Улучшение рентгенотелевизионных изображений фильтрами на ПЗС // Техника средств связи. Сер.: Техника телевидения. – М.: ЦООНТИ "Экос". – 1990. – Вып. 4. – С. 88 - 93.
3. Красильников Н.Н. Теория передачи и восприятия изображений. – М.: Радио и связь, 1986. – 248 с.

Поступила в редколлегию 28.02.2001