

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kimbark E. W. Direct current transmission. New York: Wiley-Interscience. 1971. Vol. 1. 526 p.
2. Steeper D. E., Stratford R. P. Reactive compensation and harmonic suppression for industrial power systems using thyristor converters // IEEE Trans. in industry applications. 1976. Vol. IA-12, № 3. P. 232–254.
3. Добрусин Л. А. Широкополосные фильтрокомпенсирующие устройства для тиристорных преобразователей // Электричество. 1985. № 4. С. 27–30.
4. Investigation and mitigation of harmonic amplification problems caused by single-tuned filters / Chi-Jui

G. N. Tsitsikyan, S. S. Vandyshev, Yu. D. Baranov
FSUE "CSRI MET" (branch of the FSUE "Krylov state research center") (Saint-Petersburg)

Performance evaluation of damping filters of the third order

Expressions for an assessment of efficiency of the damping filters of the third order in power networks are received. On the basis of these expressions graphic dependences at various parameters of filters are given.

Filter of the third order, performance evaluation, graphic dependence, Q-factor

Статья поступила в редакцию 8 апреля 2015 г.

УДК 621.397

В. А. Михайлов

Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения

Расчет восстанавливающих фильтров в системе с различными импульсными характеристиками в телевизионных полях

Рассмотрено двухканальное непрерывно-дискретное преобразование сигнала при различных импульсных характеристиках преобразователя в телевизионных полях. Получены выражения, позволяющие рассчитать характеристики восстанавливающих фильтров, обеспечивающих неискаженную передачу входного сигнала.

Непрерывно-дискретное преобразование второго порядка, импульсные характеристики, восстанавливающие фильтры, неискаженная передача входного сигнала

При организации чересстрочного разложения в телевизионных системах с использованием фотопреобразователей с двумерной дискретизацией (например, в ПЗС) возможны случаи, когда апертуры преобразователя в полях в направлении кадровой развертки отличаются друг от друга [1]. Тогда для получения на выходе системы изображения, максимально совпадающего с входным, необходимо определить импульсные и соответствующие им частотные характеристики выходных фильтров, восстанавливающих сигнал изображения.

Для упрощения выкладок перейдем к одномерной задаче и будем считать, что сигнал, сни-

маемый с преобразователя, формируется за два прохода, как при чересстрочной развертке в телевидении (рис. 1). Сначала формируется сигнал первого поля, соответствующий проецируемому изображению $f(x)$ при накоплении информации в элементах разложения с импульсной характеристикой $a_1(x)$, а затем – сигнал второго поля, соответствующий проецируемому изображению при накоплении информации в элементах разложения с импульсной характеристикой $a_2(x)$. Потом сигналы двух полей складываются. Отсчеты сигналов элементов разложения в первом поле берутся в точ-

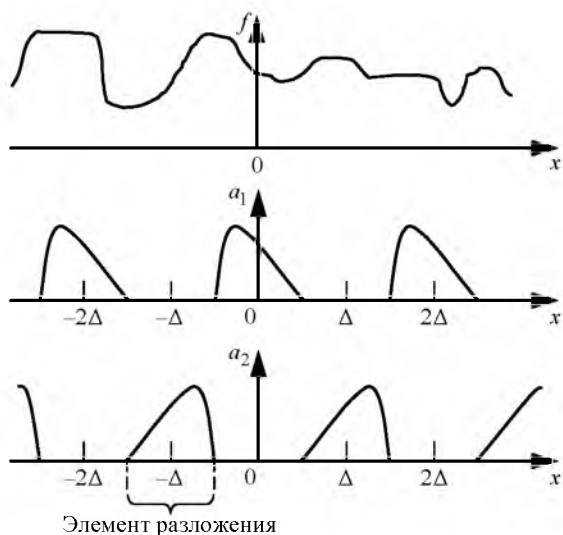


Рис. 1

ках ..., -4Δ, -2Δ, 0, 2Δ, 4Δ, ..., а во втором поле – в точках ..., -3Δ, -Δ, Δ, 3Δ, ...

Такая модель преобразования сигнала соответствует непрерывно-дискретному преобразованию изображения при чересстрочной развертке [2], применяемой в телевидении, с той разницей, что импульсные характеристики элементов разложения в соседних полях различны. Для анализа этой системы воспользуемся методом исследования систем дискретизации второго порядка, разработанным Н. К. Игнатьевым [3].

Под дискретизацией второго порядка понимается двухканальное дискретное представление непрерывного входного изображения с его последующим восстановлением. Для рассматриваемого случая общая схема процесса непрерывно-дискретного преобразования (рис. 2) состоит из двух параллельных каналов, выходы которых суммируются. Здесь $f_1(x)$, $f_2(x)$ – функции, описывающие изображения на входе и выходе системы соответственно; $f_{11}(x)$, $f_{12}(x)$ – функции, описывающие изображения на входе и выходе первого канала соответственно; $f_{21}(x)$, $f_{22}(x)$ – то же на входе и выходе второго канала;

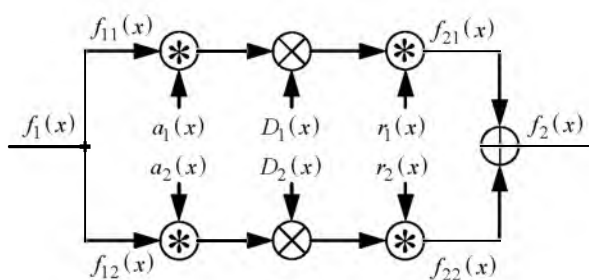


Рис. 2

$$D_1(x) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta(x - 2k\Delta);$$

$$D_2(x) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta[x - (2k + 1)\Delta]$$

– дискретизаторы первого и второго каналов, характеризующие взятие импульсных отсчетов; $r_1(x)$ и $r_2(x)$ – импульсные характеристики восстанавливающих фильтров в первом и во втором полях (соответственно, в первом и втором каналах); Δ – пространственный период взятия отсчетов в поле (шаг элементов дискретизации).

Для нахождения частотных характеристик восстанавливающих фильтров от пространственной модели непрерывно-дискретного преобразования перейдем в пространственно-частотную область. Модель двухканального непрерывно-дискретного преобразования для этой области представлена на рис. 3. Здесь

$$F_1(\omega_x) = \mathfrak{F}[f_1(x)], \quad F_2(\omega_x) = \mathfrak{F}[f_2(x)]$$

– спектры входного и выходного изображений соответственно;

$$F_{11}(\omega_x) = \mathfrak{F}[f_{11}(x)], \quad F_{12}(\omega_x) = \mathfrak{F}[f_{12}(x)],$$

$$F_{21}(\omega_x) = \mathfrak{F}[f_{21}(x)], \quad F_{22}(\omega_x) = \mathfrak{F}[f_{22}(x)]$$

– спектры входных и выходных изображений в каналах;

$$A_1(\omega_x) = \mathfrak{F}[a_1(x)], \quad A_2(\omega_x) = \mathfrak{F}[a_2(x)]$$

– частотные характеристики апертур нечетного и четного полей;

$$R_1(\omega_x) = \mathfrak{F}[r_1(x)], \quad R_2(\omega_x) = \mathfrak{F}[r_2(x)]$$

– частотные характеристики восстанавливающих фильтров, причем ω_x – пространственная частота; $\mathfrak{F}[\cdot]$ – символ преобразования Фурье.

Пусть спектр входного изображения $F_1(\omega_x)$ идеально ограничен в соответствии с теоремой Котельникова на пространственной частоте, рав-

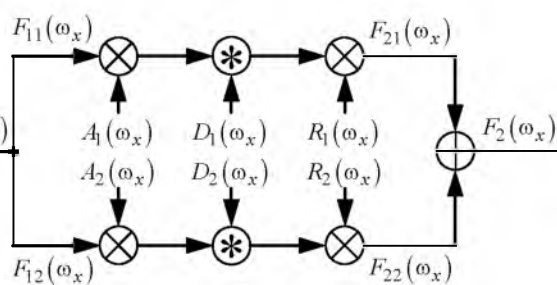


Рис. 3

ной половине частоты дискретизации в кадре: $F_1(\omega_x) = 0$ при $|\omega_x| \geq \pi/\Delta = \Omega$, где Ω – частота пространственной дискретизации изображения в поле. При этом в каждом канале исходный спектр перекрывается модуляционным спектром, так как частота пространственной дискретизации $\Omega = \pi/\Delta$ в каждом из каналов равна верхней частоте спектра передаваемого изображения.

Таким образом, результатом анализа рассматриваемой системы непрерывно-дискретного преобразования должно быть определение характеристик выходных (восстанавливающих) фильтров, таких, чтобы на выходе системы составляющие основных спектров, принадлежащих спектру входного изображения, складывались, а составляющие модуляционных спектров взаимно уничтожались. В этом случае спектр изображения на выходе системы совпал бы со спектром входного изображения.

В соответствии со схемой преобразования, представленной на рис. 3, для первого и второго каналов получим:

$$F_{21}(\omega_x) = F_1(\omega_x) * A_1(\omega_x) \times \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta(\omega_x - k\Omega) * R_1(\omega_x);$$

$$F_{22}(\omega_x) = F_1(\omega_x) * A_2(\omega_x) \times \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta(\omega_x - k\Omega) * \exp(-j\omega_x \Delta) * R_2(\omega_x),$$

где "*" – символ операции свертки.

Поскольку спектр входного изображения ограничен, достаточно учесть в суммах только члены для $k = 0$ и $k = 1$. Выполним преобразования для положительных частот $\omega_x \geq 0$ (для $\omega_x < 0$ результат будет аналогичен с точностью до фаз спектральных составляющих). При этих условиях для обоих каналов получим:

$$F_{21}(\omega_x) = F_1(\omega_x) * A_1(\omega_x) * R_1(\omega_x) + F_1(\omega_x - \Omega) * A_1(\omega_x - \Omega) * R_1(\omega_x);$$

$$F_{22}(\omega_x) = F_1(\omega_x) * A_2(\omega_x) * R_2(\omega_x) + F_1(\omega_x - \Omega) * A_2(\omega_x - \Omega) * R_2(\omega_x).$$

В этих выражениях первые слагаемые – составляющие основного спектра, а вторые – модуляционные искажения. Для неискаженной передачи входного спектра сумма левых слагаемых должна быть равна входному спектру, а правых – нулю. Отсюда получим систему линейных уравнений:

$$F_1(\omega_x) * A_1(\omega_x) * R_1(\omega_x) + F_1(\omega_x) * A_2(\omega_x) * R_2(\omega_x) = F_1(\omega_x);$$

$$F_1(\omega_x - \Omega) * A_1(\omega_x - \Omega) * R_1(\omega_x) - F_1(\omega_x - \Omega) * A_2(\omega_x - \Omega) * R_2(\omega_x) = 0.$$

Разрешив эту систему относительно частотных характеристик восстанавливающих фильтров, имеем:

$$R_1(\omega_x) = \frac{A_2(\omega_x - \Omega)}{1(\omega_x - \Omega) * A_2(\omega_x) + A_2(\omega_x - \Omega) * A_1(\omega_x)}; \quad (1)$$

$$R_2(\omega_x) = \frac{A_1(\omega_x - \Omega)}{A_1(\omega_x - \Omega) * A_2(\omega_x) + A_2(\omega_x - \Omega) * A_1(\omega_x)}. \quad (2)$$

Для частного случая одинаковых апертур и их частотных характеристик в полях:

$$A_1(\omega_x) = A_2(\omega_x) = A(\omega_x)$$

получим:

$$R_1(\omega_x) = R_2(\omega_x) = R(\omega_x) = 1/[2A(\omega_x)].$$

Таким образом, при одинаковости апертур в полях для неискаженной передачи входного спектра изображения, проецируемого на дискретный преобразователь, восстанавливающие фильтры должны компенсировать завал частотной характеристики, вызванный фильтрующим действием апертуры преобразователя изображения. Этот результат совпадает с известными положениями теории телевизионной передачи и может служить подтверждением корректности выполненного анализа.

В настоящей статье получены выражения (1) и (2) для частотных характеристик восстанавливающих фильтров в системе с двухканальной дискретизацией, обеспечивающих неискаженную передачу спектра входного изображения при различии апертур фотопреобразователя в полях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манцветов А. А., Михайлов В. А., Эйсенгардт Г. А. Характеристики матричных ФППЗ в режиме суммирования зарядовых пакетов // Техника средств связи. Сер. Техника телевидения. 1990. Вып. 2. С. 26–33.

2. Телевидение: учеб. для вузов / В. Е. Джакония, А. А. Гоголь, Я. В. Друзин и др.; под ред. В. Е. Джаконии. 4-е изд. М.: Горячая линия–Телеком. 2007. 616 с.

3. Игнатъев Н. К. Дискретизация и ее приложения. М.: Связь, 1980. 264 с.

V. A. Mikhaylov

Saint-Petersburg state university of film and television

Calculation of the restoring filters in system with various pulse characteristics in television fields

Two-channel continuous and discrete transformation of a signal at various pulse characteristics of the converter in television fields is considered. The expressions allowing to calculate characteristics of the restoring filters providing undistorted transfer of an entrance signal are received.

Second order continuous and discrete transform, pulse characteristics, restoring filters, signal undistorted transfer

Статья поступила в редакцию 17 апреля 2015 г.