

## Аннотация

В докладе рассматриваются основные виды искажений, вносимых оптической системой преобразователей "свет-сигнал". Оптическая система приводит к потере резкости и четкости, причем степень искажений зависит как от положения элемента изображения относительно оси изображения, так и от длины волны. Приводится алгоритм построения адаптивного корректора таких искажений.

## Адаптивный корректор пространственных искажений сигнала изображения

Для преобразователей "свет-сигнал" (ПСС) систем телевидения характерно существенное влияние на качество изображений аддитивных, мультипликативных и пространственных (масштабных) искажений, связанных со спецификой оптического отображения видеoinформации на светочувствительную поверхность матрицы-преобразователя. Мультипликативные амплитудно-пространственные искажения сигнала изображений определяются при этом изменениями условий оптического отображения видеoinформации в пределы светочувствительной поверхности.

Оптические системы, применяемые в ПСС, имеют качество изображения, обусловленное, в основном, дифракцией. Классическая теория чувствительности и точности оптических измерительных наводок основана на анализе дифракционного распределения световой энергии в зоне изображения объекта оптической системой, aberrациями которой обычно пренебрегают, и которую в этом случае считают идеальной оптической системой.

Чувствительность прибора, оснащенного идеальной (безабберационной) оптической системой, в принципе обусловлена (ограничивается) геометрическими параметрами дифракционного изображения объекта. Зная, от чего зависит размер такого изображения, можно сконструировать или правильно выбрать последнюю для выполнения необходимых задач отображения с заданной точностью.

В результате чувствительность оптического прибора зависит от следующих факторов:

- свойств оптического излучения, распространяющегося в приборе,
- параметров прибора,
- способа регистрации световых явлений (и оптических изображений),

В первом приближении оптическая система является идеальной и дает строго стигматическое (от греч. *stígmatos* – точка, укол) изображение объекта, т.е. точка изображается точкой, прямая линия – прямой, плоскость – плоскостью. В такой системе сохраняется

гомоцентричность (гомоцентрический пучок – световой пучок, все лучи которого проходят через одну точку) пучков и изображение геометрически подобно объекту.

При нарушении условия параксиальности лучей (т.е. при конечной ширине пучков и конечном удалении точек предмета от оптической оси), а также при отсутствии осевой симметрии оптической системы сферическая волна, исходящая из светящейся точки, после прохождения через оптическую систему перестает быть сферической. В результате светящаяся точка будет изображаться оптической системой не точкой, а кружком рассеяния. Связанные с этим искажения оптических изображений называются геометрическими или лучевыми aberrациями (от лат. *aberratio* – уклонение, удаление) оптических систем. Помимо лучевых существуют еще хроматические aberrации, обусловленные дисперсией световых пучков со сложным спектральным составом, и волновые или дифракционные aberrации, обусловленные дифракцией света.

Предположим, что на оси оптической системы расположена светящаяся точка, посылающая широкий пучок лучей на положительную (собирающую) линзу. При значительной ширине пучка стигматичность изображения нарушается. Эта ошибка носит название сферической aberrации, хотя она характерна не только для сферических поверхностей. Отличительной особенностью сферической aberrации является то, что она сохраняется даже для светящейся точки, находящейся на оптической оси системы, когда все остальные aberrации (в монохроматическом свете) исчезают. Величина сферической aberrации зависит от кривизны поверхностей линзы и показателя преломления, а также от того, какой из поверхностей несимметричная линза обращена к источнику света.

Если светящаяся точка, посылающая широкий пучок лучей, находится не на оптической оси системы, то ее изображение в общем случае не будет стигматическим. В этом случае весь широкий пучок даст изображение точечного источника в виде неравномерно освещенного пятнышка, несколько напоминающего комету с хвостом. Этот вид aberrации называется – кома (от греч. *χομα* – прядь волос; комета – волосатая звезда). Нередко кома имеет и более сложный вид.

Если пучок лучей, исходящих из точки, падает на систему под углом к оптической оси, то он теряет гомоцентричность. Тогда из такого пучка можно выделить лучи, лежащие в меридиональной плоскости и называемые меридиональными, и лучи, лежащие в перпендикулярной плоскости, называемые сагиттальными.

При достаточном наклоне к оси системы элементарный пучок не дает стигматического изображения точки. На некотором расстоянии от линзы сечение пучка света является отрезком прямой, лежащим в сагиттальной плоскости, затем эта линия переходит в эллипс, параметры которого меняются по мере удаления от линзы. Далее, на некотором расстоянии сечение

становится круговым, затем снова эллиптическим и, наконец, превращается в отрезок прямой линии, лежащий в меридиональной плоскости. Таким образом можно считать, что изображением точки  $P$ , является кружок рассеяния  $P_0$ , лежащий в плоскости  $O$ , вырождающийся при переходе к фокальным плоскостям  $M$  и  $S$  в две фокальные линии –  $P_m$  и  $P_s$ . Одна из них ( $P_m$ ) образуется в результате преломления меридиональных лучей и ориентирована в сагиттальной плоскости; другая ( $P_s$ ) – в результате преломлении сагиттальных лучей и ориентирована в меридиональной плоскости. Если источником служит не точка, а отрезок линии, то изображение ее может быть вполне удовлетворительным в одной из плоскостей  $M$  или  $S$  в зависимости от ориентировки изображаемого отрезка.

Изображение сетки позволяет наблюдать одновременно с потерей стигматичности еще одну особенность, связанную с наклонными пучками. При определенном положении светочувствительной матрицы резкость разных колец (или резкость радиусов вдоль своей длины) бывает различной. Перемещая матрицу, мы можем улучшить изображение одних участков, ухудшая при этом изображение других. Следовательно, изображение плоской сетки представляет собой не плоскость, перпендикулярную оптической оси, а изогнутую поверхность, причем степень изгиба для меридиональных и сагиттальных пучков различна.

Если лучи от предмета составляют большие углы с оптической осью системы, то изображение, даваемое даже узкими пучками лучей, обнаруживает еще один вид искажений. Оно обусловлено тем, что поперечное увеличение такой системы зависит от угла между осями пучка и системы и, следовательно, меняется от центра изображения к периферии. Этот вид aberrации носит название дисторсии (от лат. *distorsio* – искривление) и ведет к тому, что изображение оказывается не подобным предмету.

Если используется белый (немонохроматический) свет, то в изображении возникают дополнительные aberrации. Показатель преломления линз вследствие дисперсии зависит от длины волны. Поэтому оптическая система дает не одно, а множество монохроматических изображений, отличающихся друг от друга по величине и положению. Результирующее изображение, получающееся от наложения таких монохроматических изображений, оказывается нерезким и с окрашенными краями. Это явление называется хроматической (от греч. *chrōma* – цвет, краска) aberrацией или хроматизмом.

Из изложенного ясно, что устранение многочисленных aberrаций возможно лишь в специально рассчитанных сложных оптических системах. Однако одновременное исправление всех недостатков может оказаться крайне сложной и даже неразрешимой задачей. Поэтому часто идут на компромисс, рассчитывая оптику, предназначенную для определенной цели. При этом устраняют те недостатки, которые наиболее опасны при решении поставленной задачи, и мирятся с неполным устранением других.

Таким образом можно сделать вывод, что искажения объектива приводят к потере резкости и четкости, причем степень и форма искажения зависит как от положения элемента изображения относительно оси изображения, так и от длины волны.

В настоящее время в вещательных системах телевидения используются различные варианты построения корректоров пространственных искажений сигнала изображения. Такая коррекция обеспечивает увеличение качества изображений за счет эффективной передачи пространственных частот. При этом реализуется компенсация фоновых искажений и спада сквозной пространственно-частотной характеристики преобразователя сигнал-свет за счет коррекции (обычно линейной) высокочастотных составляющих пространственного спектра изображения. Результатом данного преобразования является подавление статических низкочастотных помех и увеличение относительного вклада высокочастотных составляющих в сформированный сигнал изображения. Однако увеличение, в результате коррекции, уровня высокочастотных пространственных составляющих приводит к пропорциональному увеличению вклада и шумовых составляющих.

Повышение глубины коррекции приводит к возрастанию уровня шумов на выходе корректора и появлению характерных выбросов на переходной характеристике при передаче фронтов, которые приведут к появлению окантовок. Погрешности восстановления изображения корректором объясняются использованием вместо необходимых значений уровней неискаженных сигналов лишь близлежащих элементов, а не тех, которые будут получены только после решения данной задачи.

Ликвидация окантовок возможна 2-мя способами :

1. Применение двухступенчатой коррекции. Промежуточные сигналы, используемые для формирования сигнала ошибки, более близкие к неискаженным, чем входные.

2. Дополнительная обработка полученного изображения с целью опознавания и ликвидации выбросов. При этом способе уровень полученного скорректированного сигнала сравнивается с уровнями входных сигналов близлежащих элементов.

Структура изображения оказывается случайным образом распределенной в области микроблока.

По характеру распределения пространственной структуры изображения в области микроблока размером  $n \times n$  элементов, центром которого является корректируемый элемент, можно следующим образом классифицировать типы микроблоков:

- микроблок содержит участок изображения с относительно равномерным распределением уровня яркости элементов;
- микроблок содержит точечный объект. Точечным объектом может выступать объект изображения сопоставимый по размеру с одним элементом изображения;

- микротекстурный блок, который характеризуется наличием в пространстве блока нескольких ( $N_{т.э.} < N_{ф.э.}$ , где  $N_{т.э.}$  и  $N_{ф.э.}$  количество элементов принадлежащих к текстуре и фоновой составляющей соответственно) случайным образом распределенных точечных объектов;

- микроблок содержит пространственную структуру характеризующуюся высокой протяженностью спектра в одном направлении и относительно малой протяженностью в ортогональном направлении. Такая структура может быть определена как “контур”.

- микроблок содержащий границу раздела двух фоновых составляющих.

Перечисленные выше блоки являются типичными и присутствуют при коррекции различного типа изображений.

Для эффективной работы корректоров пространственных искажений сигнала изображения необходимо предусмотреть различные алгоритмы коррекции при обработке этих микроблоков. При этом необходимо в изображениях, содержащих границу раздела двух фоновых составляющих, выявлять и ликвидировать паразитные выбросы (окантовки).

Старший преподаватель

кафедры телевидения им. С.И. Катаева

А.М. Коринский

957-77-08

8-916-754-4752