Кафедра радиоэлектроники

Реферат на тему:

Формирование изображения в телевизионных системах

2010 г.

Оглавление

Телевизионная система

Формирование оптического изображения

Светоделение

## **Телевизионная система**

Основным назначением телевизионных систем является формирование на экране воспроизводящего устройства изображения передаваемых сцен в реальном времени или с использованием видеозаписи, как правило, на значительном от них расстоянии. Вместе с тем телевизионные методы широко используются в системах анализа изображений с целью извлечения полезной информации об изучаемых объектах или процессах.

Наиболее привычным для человека носителем информации об окружающем его мире является видимое излучение (область спектра электромагнитных колебаний с длиной волны X примерно от 380 до 760 нм, непосредственно воспринимаемых глазом). С помощью зрительной системы человек получает наибольший (до 80%) объем информации из внешнего мира. "Соседние" участки оптического спектра: инфракрасный - 780...104 нм, ультрафиолетовый - 5...380 нм, рентгеновский - 0,01...5,00 нм и др., - также несут существенную информацию об окружающих предметах и протекающих процессах, но она не может непосредственно восприниматься глазом (указанные границы участков спектров, естественно, условны). Для восприятия излучений в этих участках спектра используют различного рода преобразования невидимого оптического изображения в видимое - визуализацию невидимых изображений. Такое функциональное назначение ТВ С стало одним из важнейших в настоящее время.

В качестве примера ТВС рассмотрим систему, назначением которой является формирование изображения передаваемой сцены, предназначенного для восприятия человеком. Схема подобной ТВС приведена на рис.1. Источник света освещает передаваемую сцену световым потоком F0. Отраженный световой поток F оказывается сложной функцией координат х, у, z пространства объектов, длины волны излучения лямбда и времени t. С помощью оптической системы (объектива) формируется изображение передаваемой сцены Е (х, у, лямбда, t) - распределение освещенности в координатах х, у плоскости изображения. Это изображение является входным сигналом ТВС. С помощью фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) оно преобразуется в электрический сигнал (сигнал изображения). Этот сигнал после усиления и обработки поступает в канал связи (радиоканал, кабельная линия связи и т.п., включающие кодирующие и декодирующие элементы устройств передачи и приема). С выхода канала связи сигнал после дополнительной обработки и усиления поступает на электроннолучевую трубку (ЭЛТ) - кинескоп. На экране ЭЛТ воспроизводится изображение передаваемой сцены. Для синхронной работы всех узлов системы используется генератор синхронизирующих сигналов - синхрогенератор, а для отклонения электронных пучков ФЭП и ЭЛТ в системе применены генераторы развертки.

В системах, предназначенных для автоматического анализа изображений, сигнал с выхода устройства обработки и усиления подается на анализатор, в качестве которого может использоваться универсальная ЭВМ или специализированный вычислитель.

Такие ТВС часто содержат устройство записи сигнала изображения, регистратор данных об объектах в поле изображения или исполнительное устройство (например, в устройствах управления подвижными объектами).

Таким образом, в рассматриваемых системах, как и в любых других, предназначенных для передачи информации, предусматривается наличие носителя информации, в параметрах которого закодировано сообщение о передаваемой сцене. Телевизионная система является сложной многозвенной системой передачи информации, сигнал которой на различных участках может иметь разную физическую природу (световые кванты, электроны и др.).

Какие параметры сигнала - носителя информации - можно использовать для передачи сообщений в ТВС? Это может быть видимое излучение - белый свет с равномерным или близким к нему распределением мощности по спектру излучения. Как известно, белый свет может быть представлен в виде суммы большого числа монохроматических составляющих со случайными амплитудами, частотами, фазами, направлениями распространения и поляризацией. Хотя использование этого излучения ограничено вследствие случайности его параметров, однако и в этом случае можно проектировать достаточно эффективные ТВС, основанные на модуляции таких параметров, как амплитуда излучения, его спектральный состав и поляризация.

Для каждого конкретного момента времени реакция ФЭП на воздействующее излучение описывается зависимостью его выходного сигнала s от функции распределения мощности излучения Р (Х) с учетом спектральной чувствительности ФЭП:

Выходной сигнал большинства ФЭП, как и реакция зрительной системы человека (ощущение), может быть определен соотношением (1) при соответствующих спектральной чувствительности е (Х) и нормировке ощущения. Для глаза - это спектральная чувствительность или кривая относительной видности v (A). Ощущение оказывается пропорциональным воздействующему световому потоку

## **Формирование оптического изображения**

Входным сигналом ТВС является плоское оптическое изображение (изображения) - Е (х, у, ƴ, t). Проектирование любой ТВС включает анализ вопросов формирования оптического изображения на входе системы. Качество сформированного телевизионного изображения в значительной степени определяется качеством входного оптического изображения. Без учета механизмов его построения невозможна правильная интерпретация данных об исследуемой сцене в системах автоматического анализа изображений и системах технического зрения.

Для понимания механизмов формирования входного изображения будем опираться на основные закономерности геометрической оптики. Объект, например излучающий (светящийся) или отражающий, может быть описан функцией яркости L (х, у, z, ƴ, t), где х, у, z - пространственные координаты; ƴ - длина волны излучения; t - время. Аналогично может быть описано плоское изображение этого объекта L (x, у, ƴ, t), в частности как функция освещенности Е (х, у, ƴ, t), построенное той или иной изображающей системой в координатах х, у пространства изображений.

Из оптики известно, что изображением точечного объекта, создаваемым идеальной оптической системой, является точка, в которую сходятся лучи, исходящие от рассматриваемого точечного объекта. Если принять каждую точку поверхности объекта, отражающую свет от постороннего источника, за локальный источник света, то совокупность изображений этих точек дает оптическое изображение объекта. Совокупность точек, изображение которых можно получить с помощью отображающей системы, образует пространство объектов, а совокупность точечных изображений этих объектов - пространство изображений.

В этом случае световые лучи слабо преломляются и поглощаются средой. Это дает возможность формировать изображения, адекватно отображающие свойства передаваемой (наблюдаемой) сцены. В тех же случаях, когда эти условия не выполняются, возникают определенные яркостные, цветовые и геометрические искажения. Например, при наблюдении удаленных горных ландшафтов или поверхности Земли с летательных аппаратов возникают цветовые и контрастные искажения, вызванные избирательным поглощением и рассеянием света в атмосфере (густозеленые массивы приобретают голубоватый оттенок, контрасты объектов разной яркости снижаются). В связи с эффектами, вызванными преломлением света в атмосфере, на изображении, в том числе и при наблюдении глазом, возникают геометрические искажения. В необходимых случаях указанные закономерности формирования изображений учитываются особо.

Геометрическая оптика основывается не только на постулате об однородности среды, но и о прямолинейности и взаимной независимости распространения в ней световых пучков, обратимости хода световых лучей, известных законах отражения и преломления света, принципе Ферма и законе сохранения энергии.

В результате расчетов определяются характеристики механической конструкции устройства и требуемые значения их вариаций в процессе фокусировки, изменения яркости, спектрального состава и других параметров; производится выбор оптических элементов.

Расчет оптического узла базируется на свойствах кардинальных точек, данных о главной и фокальных плоскостях, а также фокусных расстояниях. Луч 1 (рис.2), параллельный оптической оси объектива, в пространстве изображений 1' пересечет оптическую ось в точке F'. Эта точка называется задним фокусом объектива и является изображением бесконечно удаленного точечного объекта. В этой точке собираются все лучи, распространяющиеся параллельно оптической оси, в том числе и луч, совпадающий с оптической осью, который проходит через точку фокуса без изменения направления своего распространения в оптической системе.

Параллельные лучи при распространении в обратном направлении (2 и 2') собираются в точку переднего фокуса F. Лучи 1 и 1' называют сопряженными, их продолжение образует точку N', лежащую в задней главной плоскости объектива (N' Н'). Аналогично образуется точка N, лежащая в передней главной плоскости (N H).

Важнейшей рабочей характеристикой объектива является его фокусное расстояние f: переднее - от передней главной плоскости до точки переднего фокуса (f), заднее - от задней главной плоскости до точки заднего фокуса f). Плоскости, проходящие через точки фокусов F и F' перпендикулярно оптической оси, называют передней и задней фокальными плоскостями. Фокальные плоскости являются геометрическим местом точек, в которых собираются пучки параллельных между собой лучей пространства предметов произвольного угла наклона к оптической оси системы, например пучок лучей L собирается в точке L', лежащей в задней фокальной плоскости.

Построение оптического изображения сцены рассмотрим на примере отрезка АВ, определяющего положение предмета (рис.3). Оптическую систему зададим положением главных плоскостей F и F' фокусов F и F'. Из точки В проведем лучи: 1, параллельный оптической оси, и 2, проходящий через передний фокус F объектива. Первый в пространстве изображений пройдет через задний фокус F' (l'), а второй будет распространяться параллельно оптической оси (2'). Их пересечение В' образует изображение (сопряженную точку) соответствующей точки В сцены. Изображение точки А, лежащей на оптической оси, можно получить, проведя из точки В' перпендикуляр к оптической оси: точка А' будет изображением точки Л.

Найти ее можно также путем графического построения. Выберем произвольный луч 3. Этот луч пересечет переднюю главную плоскость. Через передний фокус F проведем перпендикуляр к оптической оси объектива и из точки С пересечения его с лучом 3 построим линию (пунктир 4), параллельную оптической оси, до пересечения ее с задней главной плоскостью. Если точку С считать источником света, который находится, как видно из рис.1.3, в передней фокальной плоскости, то воображаемый луч 4 пройдет через задний фокус F', а луч, распространяющийся из точки С по пути 3, в пространстве изображений будет параллелен лучу 4' (так как луч 3 и воображаемый луч 4 выходят из одной точки С, лежащей в передней фокальной плоскости), т.е. это луч 3'. Его пересечение с оптической осью и будет изображением точки А.

Таким образом, плоскость, проходящая перпендикулярно оптической оси системы и включающая отрезок А'В', будет плоскостью резкого изображения сцены (плоскостью фокусировки), содержащей изображение отрезка АВ.

Рис 2. Кардинальные точки оптической системы

Для определения положения плоскости фокусировки изображения или соответствующих сопряженных точек относительно переднего и заднего фокусов можно воспользоваться аналитическими соотношениями, вытекающими из уравнения Ньютона.

Для определения фокусных расстояний и положения главных плоскостей сложной оптической системы рассмотрим входной луч 2, параллельный оптической оси, и проследим, как указано выше, его прохождение через сложную оптическую систему. Обозначим расстояние луча 2 от оптической оси h2. В результате построения установим, что на выходе этот луч пересечет оптическую ось в точке F. Эта точка и определит заднее фокусное расстояние F - эквивалентное заднее фокусное расстояние рассматриваемой оптической системы.

Для определения переднего фокусного расстояния fx, положения точки фокуса Fx и передней главной плоскости Нъ следует произвести построение хода лучей в обратном направлении.

Таким образом, рассматриваемая сложная оптическая система может быть сведена к эквивалентной, определены ее параметры, которые могут быть использованы для построения изображения.

Выше рассматривалось построение изображения плоской сцены. В процессе анализа формирования изображения объемной сцены вводят понятие о глубине изображаемого пространства.

Если учесть, что светочувствительные элементы преобразователя изображения ТВС имеют конечные размеры, например 5 х 5, то точки 1,2,3 и все элементы сцены, лежащие между плоскостями Н2 и H3, будут переданы практически с одинаковой резкостью, если будут выполнены условия, т.е. если кружки рассеяния не превысят размеры элемента разложения преобразователя изображения. Плоскости H2 и H3 будут ограничивать пространство объектов, передаваемых с заданной четкостью.

Рис. 3. К определению поля зрения оптической системы

Можно показать, что глубина пространства А3 (в сторону к объективу) меньше, чем в сторону удаления от плоскости наведения (А2). Глубина изображаемого пространства увеличивается с увеличением расстояния а до передаваемого объекта и с уменьшением диаметра диафрагмы D, ограничивающей входной световой поток.

Роль диафрагмы, ограничивающей световой поток, существенна в формировании изображения не только в отношении глубины пространства, отображаемого с заданной резкостью. Диафрагмы определяют и ту часть сцены в направлении, перпендикулярном оптической оси, которая может быть отображена на изображении, т.е. определяют поле зрения оптической системы.

Положим, что D (рис.3) - действительная диафрагма, которая ограничивает пучок световых лучей, участвующих в формировании изображения, - апертурная диафрагма, DxuD2 - изображения этой диафрагмы в передней и задней частях оптической системы. Если Dy или D2 заменить реальными диафрагмами, то они будут ограничивать световой поток так же, как диафрагма D. На основании этого в оптике вводят понятие о входном зрачке Di - действительном отверстии или его изображении, которое ограничивает падающий световой пучок. Выходным зрачком D2 называют изображение входного зрачка всей системой.

Входной зрачок определяет пучок световых лучей, участвующих в формировании изображения. Однако не все световые лучи, прошедшие через входной зрачок, пройдут через оптическую систему. Действительно, пучок от точки Е минует активную часть оптической системы и, как видно из рис.3, будет поглощен оправой О. Пучок от точки С лишь частично пройдет через систему и создаст изображение с уменьшенной освещенностью. Таким образом, периферийная часть изображения будет затемнена за счет частичного поглощения пучка; это явление называют виньетированием. Поле зрения системы оказалось в рассматриваемом случае ограничено оправой входного звена системы. Ограничение поля зрения может осуществляться и другими элементами системы или специально введенной диафрагмой поля зрения.

Качество телевизионного изображения в значительной мере определяется освещенностью оптического изображения на входе преобразователя. Для выполнения соответствующих расчетов следует установить связь между освещенностями изображения Ет и передаваемой сцены (объекта) Fo6.

1) свет поступает в систему в виде параксиальных пучков;

2) пучки составляют небольшие углы с оптической осью системы;

3) показатель преломления оптических элементов постоянен для всех лучей независимо от длины волны.

Невыполнение указанных условий приводит к появлению аберраций - искажений изображения, создаваемого оптической системой. Основные аберрации можно разделить на монохроматические, проявляющиеся при использовании широких, а также узких внеосевых монохроматических пучков, и хроматические, возникающие при формировании изображении пучками света с широким спектром длин волн.

В связи с тем что расчеты аберраций оптических систем относятся к специальным разделам оптики, ограничимся перечислением тех из них, которые могут в большей степени проявиться при формировании оптического изображения на входе ТВС.

Параксиальный пучок, как было показано выше, дает изображение точечного объекта А, например расположенного на оптической оси, в виде точки А'.

Лучи, проходящие через более удаленные (периферийные) зоны, например 2, 3,..., дадут изображения в точках А", А'",... Нетрудно видеть, что в любом месте расположения светочувствительной поверхности ФЭП точка А будет изображена в виде кружка рассеяния. Этот вид искажений называют сферической аберрацией. Заметим, что этот вид искажений проявляется не только на сферических поверхностях объективов. Нетрудно видеть, что и при положении точки А вне оптической оси системы эти искажения проявляются в полной мере. Положительные (собирательные) и отрицательные (рассеивающие) линзы имеют сферические аберрации разных знаков; это свойство используют для компенсации искажений при создании оптических систем.

Для периферийных пучков монохроматические аберрации усложняются и преобразуются в более сложный вид, при котором точка отображается в виде асимметричного пятна рассеяния, - эти аберрации называются кома.

Если лучи в пространстве предметов составляют большие углы с оптической осью, то на изображении можно заметить характерные искажения, вызванные тем, что увеличение (3 зависит от угла, образуемого пучком лучей с осью системы, т.е. оно различно для центральной и периферийной частей изображения. Эти искажения (дисторсия) приводят к искривлению прямых линий и особенно заметны при передаче решетчатых структур (подушкообразные и бочкообразные искажения). С этими искажениями приходится считаться в измерительных ТВС, а также в вещательном ТВ при передаче предметов, находящихся на близком расстоянии от телевизионной камеры.

Для лучей, исходящих из точек объекта, не лежащих на оси оптической системы, характерны искажения, вызванные тем, что лучи одного и того же пучка, идущие в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, после преломления в оптической системе не собираются в одну точку, а образуют две точки фокуса - возникает кружок рассеяния. Этот вид аберраций называют астигматизмом.

Специфические искажения, возникающие при использовании немонохроматического света, называют хроматической аберрацией. Фокусное расстояние линзы зависит не только от кривизны передней и задней ее поверхностей.

В современных объективах хроматическая аберрация корректируется путем подбора линз с различными показателями преломления и дисперсией (ахроматические системы). Если коррекция осуществляется в трех участках спектра, то остаточную аберрацию называют третичным спектром. В цветном телевидении используют объективы с высокой степенью коррекции хроматической аберрации. Заметим, что рассмотренный вид хроматической аберрации, проявляющейся на оптической оси, на периферии изображения дополняется хроматической аберрацией наклонных световых пучков и хроматизмом увеличения оптической системы.

Устранение аберраций возможно путем построения сложных оптических систем. При решении конкретных задач формирования изображения удается рассчитать оптическую систему, не выходя за рамки разумного усложнения конструкции.

Важнейшей рабочей характеристикой оптической системы является ее разрешающая способность, или разрешающая сила, - способность раздельно воспроизводить на изображении (разрешать) две точки, расположенные раздельно. В идеальной оптической системе предел разрешению устанавливает дифракция света. В реальных системах разрешающая способность определяется их аберрациями.

В телевизионных устройствах используют объективы с малыми углами зрения (менее 15... 20°), универсальные (20...60°) и широкоугольные (более 60°). При проектировании телевизионных объективов, предназначенных для работы с передающими трубками и матрицами (маркируются символом "Т"), учитывают наличие в оптическом звене плоскопараллельной стеклянной пластинки - планшайбы передающей трубки или матрицы. В ТВС со стандартными параметрами разложения (625/50/2:

1) применяют объективы с разрешением 55 лин/мм и выше в центре поля изображения. В прикладных ТВС часто используют стандартные фотографические объективы.

Широкое распространение в ТВС получили объективы с переменным фокусным расстоянием - вариообъективы, позволяющие изменять масштаб изображения в процессе передачи. При конструировании вариообъ-ективов обеспечиваются высокая стабильность положения плоскости резкого изображения и постоянство относительного отверстия при изменении фокусного расстояния.

## **Светоделение**

Оптические звенья преобразователей изображения и устройств воспроизведения ТВС включают элементы светоделения - разделения световых потоков на составляющие, обладающие заданными свойствами. Чаще всего это разделение светового потока на части, отличающиеся по спек-

Фтральному составу. В устройствах воспроизведения изображений часто используют оптические системы, осуществляющие обратную задачу - синтез единого изображения из нескольких исходных.

Цветное телевидение, кино и фотография базируются на трехкомпонентной теории цветового зрения, поэтому в преобразователях изображения возникает задача разделения светового потока на три составляющие, обладающие определенными спектральными характеристиками, с последующим формированием трех цветоделенных изображений. В светоделителях передающих телевизионных камер используют оптические схемы на дихроических зеркалах или призмах.

Дихроические зеркала представляют собой стеклянные пластины с нанесенными на них пленками различной толщины из материалов, обладающих разным коэффициентом преломления. Световой поток, отраженный от зеркала, представляет собой сумму потоков, отраженных от каждой границы этого зеркала, разделяющей среды с разными коэффициентами преломления. Для разных длин волн условия отражения различны. Путем подбора материала пленок и их толщины можно получить заданные спектральные характеристики отражения и пропускания. Изготовить дихроические зеркала, соответствующие расчетным спектральным характеристикам, не всегда удается. В этом случае для корректировки используют дополнительные поглощающие светофильтры с корректирующими спектральными характеристиками, которые устанавливают в каждом из трех каналов.

Одной из существенных характеристик, влияющих на качество формируемого цветного изображения, является точность оптического совмещения цветоделенных изображений с координатами телевизионных растров преобразователей изображения. Допустимая суммарная погрешность совмещения, вызванная неточностью оптического совмещения и рассогласованием трех телевизионных растров, как показывает анализ, не должна превышать (0,2...0,3) /5, где 5 - размер элемента разложения. Это обеспечивается с большим успехом в призматических светоделителях. Они имеют более жесткую конструкцию, меньшие потери света, возникающие на границе раздела воздух - стекло, допускают более точную оптическую юстировку устройства. Дихроические зеркальные слои наносят на стыки призменных компонентов, а корректирующие светофильтры - в плоскости выходных окон. Сложный ход лучей обеспечивает одновременную фокусировку цветоделенных изображений и малые габариты всего узла светоделения. Такие светоделители используют в устройствах с твердотельными преобразователями изображения, устанавливаемыми в плоскостях R, G, В путем приклеивания. Призматические светоделители допускают введение дополнительных изображений (оптической испытательной таблицы, различных подсветок и др.).

Расчет оптического звена ТВС должен быть строго согласован с ее характеристиками (по разрешающей способности, геометрическим искажениям, точности совмещения цветоделенных изображений, неравномерности освещенности по полю и др.). В процессе проектирования ТВС, основываясь на приведенных выше данных, производят выбор структуры и характеристик оптической системы, в том числе выбор объективов, устройства светоделения и других оптических элементов, сопрягают оптическую систему и преобразователь изображения по освещенности, полю зрения и другим характеристикам, производят оценку качества оптического изображения на входе преобразователя и его влияние на качество формируемого телевизионного изображения, рассчитывают системы автофокусировки и автоматической регулировки освещенности.