

**Лекции по дисциплине**  
**«Телевизионная и видеотехника»**  
**7-й семестр**

**Раздел 1. Телевидение как система массовой информации**

Тема 1. Телевидение как система массовой информации

Телевидение – техническая система, обеспечивающая передачу на расстояние и воспроизведение изображения и звукового поля объектов реального мира с помощью электрических сигналов. Эта система способна обеспечить одновременную передачу информации на глобальную аудиторию практически мгновенно, используя многочисленные и разнообразные источники сигнала.

Телевидение, как и радиовещание, относится ко второй группе массовых технологических процессов. Системообразующими признаками этой группы, как известно, являются:

- simultанность;
- однонаправленность информационных потоков.

Массовость информационного охвата обеспечивается созданием передающих телевизионных сетей и тиражированием (массовым изготовлением) приемных устройств – телевизионных приемников.

Именно эти особенности телевидения:

- оперативность предоставления информации;
  - simultанность (одновременность совершения события и его просмотр);
  - глобальность аудитории;
  - экранность (предоставление зрительно видеозвукоряда, возможность монтажа видеозвукоряда).
- выделили телевидение как важнейшую в современном обществе систему массовой информации.

## Тема 2. Выразительные средства телевидения как стимул совершенствования техники и технологии телевизионного производства и телевидения

Телевидение – синтетическая система СМИ, в равной степени опирающаяся на техническую и творческую, человеческую составляющую телевизионного информационного или художественного контента. Эти его составляющие находятся в диалектическом отношении: ограничивая или развивая творческий поиск в создании телевизионного журналистского произведения. Противоречия между творческими запросами телевизионной журналистики и возможностями техники телевидения стимулируют технический прогресс в разработке и производстве новых поколений телевизионной аппаратуры, являются внутренним двигателем совершенствования технологических процессов и приемов телевидения. С другой стороны, технические достижения, в свою очередь, будят творческую фантазию, творческий поиск новых изобразительных решений, новых приемов и жанров телевизионной журналистики. Этот процесс хорошо просматривается на протяжении всей истории телевидения и тележурналистики.

Какие же выразительные свойства телевидения сыграли ключевую роль в прогрессе телевизионной техники?

Очевидно, важнейшими из них являются качество передаваемых изображения и звука. Качество телевизионного изображения – трудно формализуемый показатель, определяющий соответствие непосредственного воспринимаемого изображения объекта передачи и его телевизионной репродукции. Он включает в себя оценки четкости, резкости, цветопередачи и геометрического подобия этих изображений.

В соответствии с предложенной Н.Д. Ньюбергом классификацией можно говорить о трех уровнях подобия оригинала изображения и его репродукции:

- физическом;
- физиологическом;
- психологическом.

И, следовательно, о трех уровнях точности воспроизведения исходного изображения:

- физический уровень точности воспроизведения телевизионного изображения соответствует случаю, когда переотраженное электромагнитное излучение объекта передачи и телевизионного изображения в точности

совпадают, т.е. спектры их электромагнитных излучений тождественны. Очевидно, что такой случай практически не может быть реализован;

- физиологическая точность воспроизведения соответствует состоянию, когда физиологические реакции зрительного аппарата человека идентичны на излучение объекта передачи и его изображения. Практически это так же не достижимо в существующих технических системах воспроизведения изображения;

- и наконец, третий уровень точности воспроизведения телевизионного изображения – психологическая точность воспроизведения. При этом наблюдение оригинала изображения (т.е. непосредственное зрительное наблюдение объекта передачи) и его телевизионной репродукции (т.е. экранного изображения) не вызывают психологического дискомфорта. В этом случае экранное изображение может заметно отличаться от непосредственно воспринимаемого изображения объекта передачи. Видимые изменения экранного изображения по отношению к оригиналу, которые не вызывают у зрителя психологического отторжения, называются психологически допустимыми.

К ним можно отнести:

- переход от объемного изображения к плоскому;
- пропорциональное изменение геометрических размеров изображения (масштабирование);
- изменение детальности изображения (четкости);
- изменения в цветопередаче элементов изображения, в том числе изменение насыщенности цветов вплоть до перехода к черно-белому (монохромному) изображению.

«Конечным потребителем» телевизионного изображения является глаз человека. Очевидно, что все оценки качества телевизионной «картинки» напрямую связаны с параметрами нашего зрения и сложными механизмами зрительного восприятия окружающего материального мира. В самом деле, наблюдая телевизионное изображение на экране малострочного электромеханического телевизора, корреспондент журнала «Радиофронт» восторженно пишет: «Изображение настолько четкое, что можно разглядеть даже дым папиросы». Это при том, что такое изображение состоит всего из

1200 пикселей. Такая же восторженная оценка детальности наблюдаемого изображения дается и при разложении изображения на 180 000 пикселей. Как видим, субъективность таких оценок очень велика.

Техническое качество телевизионного изображения определяется определенным набором его инструментально измеряемых характеристик и закрепляется в стандарте на телевизионную систему, а общая интегративная

оценка дается экспериментальными или квалитметрическими методами. Сегодня по «разрешению» телевизионные системы разделяют на:

- системы стандартной четкости (SDTV);
- системы телевидения высокой четкости (ТВЧ, HDTV):
  - 1920×1080 элементов;
  - 1440×1154 элементов;
  - 1440×1080 элементов;
  - 1280×720 элементов.

Почему развитие телевизионной техники нацелено на значительное увеличение различных элементов изображения, хотя это связано, как мы увидим, со значительным усложнением и удорожанием оборудования. Это напрямую связано с «жизнеподобием» передаваемого телевизионного изображения. При малом разрешении возможны только крупные планы, на которых и будет виден «дым папирасы», средние и тем более общие планы невозможны, что ограничивает творческие поиски журналиста. Кроме того, даже на крупных планах видна грубая структура изображения, что эстетически недопустимо.

Аналогично, обретение телевидением цвета направлено на повышение его выразительных возможностей. Хотя монохромное телевидение дает высококачественное по разрешению изображение, относящееся к психологически допустимым представлениям объектов передачи, отсутствие цвета лишает художников экрана многих возможностей в реализации замысла. При этом важно помнить, что отсутствие цвета в изображении не менее сильный творческий прием, чем работа с цветом.

Изменение четкости воспроизводимого изображения кардинально меняет и технологию производства.

Композиция кадра должна учитывать наличие хорошо различимых вторых и третьих планов и внутрикадровое движение. Т.е. наблюдается определенное возвращение к кинематографическому «мизанкадру». Следовательно, изменяется и организация телесъемок. При этом меняются и декорации: они становятся более детальными, фактурными; изменяются грим и техника его нанесения, костюмы и реквизит.

Увеличение четкости телеизображения выдвигает новые, гораздо более жесткие требования к техническим устройствам, в первую очередь к телеобъективам. У этих объективов значительно увеличивается разрешающая способность, снижаются до минимально возможного уровня оптические aberrации, в соответствии с новыми форматами кадра меняются линейки фокусных расстояний и углов зрения.

В свою очередь, эти изменения вновь влияют на организацию сценической площадки, установку света, движение камер, а это определяет авторские и режиссерские подходы и видение телевизионной программы и телевизионного действия в целом.

Таким образом, даже на таком ограниченном примере можно убедиться в наличии тесной взаимосвязи и взаимном влиянии творческой и технической сторон телевидения. Поэтому телевидение и отнесено к синтетическому искусству, понимая под этим искусство в широком смысле - от искусства сбора и подачи новостей до высот постановочных жанров.

### Тема.3. Основные этапы развития техники и технологии телевидения

Современные разработки телевизионной техники стоят «на плечах гигантов». История телевидения и его технической реализации – это история развития электротехники и радиотехники, отраслью которых они и являются. Здесь уместно упомянуть великих ученых А. Вольта, А. Ампера, Г. Гауса, М. Фарадея, Т. Эрстеда, Т. Герца, А. Белла и многих других и среди них Д. Максвелла. Этот блестящий физик и математик, обработав и переосмыслив гигантское научное наследие М. Фарадея, пришел к пониманию существования особого вида энергии: электромагнитных волн, способных распространяться в пространстве, перенося энергию на расстояние. Г. Герц, опровергая чудовищные, по его мнению, выводы Максвелла, экспериментально доказал существование электромагнитных волн и тем самым создал базу для работы следующего поколения исследователей и изобретателей.

Исследования и открытия А.С. Попова, Г. Маркони положили начало новому перспективному направлению техники электросвязи и передачи данных. 1985 год отмечен двумя событиями: изобретением радиосвязи и кинематографа (братья Луи и Огюст Люмьер), что в конечном счете и породило современное телевидение.

Но идея передачи изображения на расстояние имеет более давнюю историю, чем радио. Желание видеть на расстоянии сразу все целиком «старо как сказка», и впервые именно в сказке это желание обретает свои формы.

Много ученых во многих странах мира предлагали различные проекты «дальновидения», но реализовались они только в XX веке. Огромный вклад в создание телевизионной техники внесли наши соотечественники; достаточно назвать такие имена, как П.И. Бахметьев, А.А. Полумордвинов, О.А. Адамян, А.Г. Столетов, Б.П. Грабовский, Р.А. Архангельский, Б.Л. Розинг, С.И. Катаев, П.В. Шмаков, Г.В. Брауде и др. Большую роль в

создании техники телевидения сыграли наши соотечественники и за рубежом, в первую очередь В.К.Зворыкин, А.М.Понятов, Д.Сарнов. И, конечно, нельзя забыть В.Крукса, Ф.Брауна, Ф.Франсуорта, Л.Берда, К.Свинтока и многих других инженеров, изобретателей, создавших современное телевидение.

Условно становление технической базы телевидения можно разбить на отдельные периоды:

- малострочное, электромеханическое телевидение. 1200 элементов разложения при 12,5 кадрах в секунду с передачей сигнала в полосе 10÷12 кГц. Период экспериментального и программного вещания с 1926 по 1940 г.;

- экспериментальное электронное телевидение с монохромным изображением от 78 000÷367 000 элементов разложения при 50÷60 полях в секунду, с передачей сигнала в полосе 1,0 МГц÷5,0 МГц. Период экспериментального и программного вещания с 1935 по 1945 г.;

- монохромное электронное телевидение от 367 000÷500 000 элементов разложения при 50÷60 полях в секунду, с передачей сигнала в полосе 5,0÷6,5 МГц. Период программного вещания с 1945 по 1967 гг.;

- цветное электронное телевидение по совместимым телевизионным стандартам от 367 000÷500 000 элементов разрешения при 50÷60 полях в секунду, с передачей сигнала в полосе 5,0÷6,5 МГц. Период экспериментального и программного вещания с 1949 г. по настоящее время;

- цветное цифровое телевидение стандартной четкости (примерно 500000 элементов изображения); совместимые системы. Находится в стадии внедрения;

- цветное цифровое телевидение высокого разрешения (HDTV, ТВИ). Находится в стадии доработки и экспериментального вещания;

- цветное, объемное цифровое телевидение высокого разрешения. Находится в стадии разработки и экспериментального ограниченного вещания.

#### Тема.4. Типология телевизионных систем

Все телевизионные системы можно разделить на две группы:

- вещательные телевизионные системы, являющиеся основой современного телевидения и обеспечивающие его массовый характер;

- прикладные телевизионные системы:

- а) промышленные телевизионные установки;

- б) научные телевизионные системы, в том числе космические;

в) телевизионные системы специального назначения: охранные, мониторинговые и т.п.

Каждая группа телевизионных систем строится на основании технических требований к ним, определяемых областью их применения, назначением и формой предоставления передаваемого изображения.

### Тема.5. Вещательное телевидение.

#### Классификация систем вещательного телевидения

Системы вещательного телевидения по способу доступа абонента к вещательному контенту можно разделить на три группы:

- открытые телевизионные системы, имеющие свободный доступ к контенту, без специальных ограничений; к ним относятся системы

- «эфирного» телевидения, системы непосредственного спутникового вещания;

- закрытые телевизионные системы, доступ к контенту которых осуществляется за счет специального подключения абонента к вещательной телевизионной сети. Это системы кабельного телевидения, причем способ реализации сети (радиочастотные или оптические сети) в данном случае не имеет значения;

- системы специального доступа. Это системы, в которых получение передаваемого контента возможно за счет специального протокола доступа. В частности, это все виды платных телевизионных каналов, в которых возможность просмотра программы обусловлена процедурой оплаты услуги.

По виду используемого сигнала вещательные телевизионные сети делятся на:

- аналоговые (передающие компонентный сигнал в форматах PAL, Secam, NTSC);

- цифровые, использующие форматы типа DVB.

По объему передаваемой видеoinформации (по четкости) различают:

- вещательные системы стандартной четкости (500 000 элементов разложения), независимо от вида используемого сигнала: аналоговый или цифровой;

- вещательные системы высокого разрешения (более 6 000 000 элементов разрешения), которые реализуются только в цифровых технологиях.

Подробно с вещательными телевизионными сетями мы познакомимся в последующих разделах курса.

А теперь познакомимся с основами функционирования и построения технических устройств телевизионной системы.



## **Раздел 2. Телевизионный вещательный тракт**

### Тема 1. Телевизионный вещательный тракт

Итак, телевизионная система – это совокупность технических средств и методов передачи изображений движущихся объектов и их звукового поля электрическими методами.

Следовательно, в самой идее телевидения заложены два принципиально важных процесса:

- преобразование изображения объекта передачи в электрический сигнал на одной стороне системы: на передающей стороне;
- восстановление видимого оптического изображения из электрического сигнала на другой стороне: на приемной стороне системы.

Причем эти же процессы относятся и к звуковому сопровождению изображения: здесь также необходимо сначала звуковые колебания преобразовать в электрические сигналы, а затем на приемной стороне воспроизвести их в виде воспринимаемого слухом человека звукового сопровождения. Очевидно, что совпадение по времени звука и изображения в студии должны синхронно воспроизводиться и на приемной стороне.

Поскольку телевизионная система нами рассматривается как средство массовой информации, это однозначно предполагает, что на приемной стороне системы мы имеем множество приемных устройств, на которых воспроизводится изображение и звуковое сопровождение объекта передачи.

### Тема 2. Открытые и закрытые телевизионные системы

Это свойство зависит от канала передачи электрического сигнала. Если канал передачи открытого типа, например радиолиния, то помимо полезного электрического сигнала, несущего информацию о передаваемом изображении, в канал могут попадать сторонние электрические сигналы, которые будут восприниматься как помехи, снижая качество передаваемого изображения. Это учитывается при выборе типа канала передачи сигнала и определяется назначением телевизионной системы. Традиционные вещательные системы имеют в основном открытые радиоканалы передачи сигналов изображения.

### Тема 3. Основные параметры телевизионного изображения и их влияние на качество восприятия телевизионной информации

Процесс телевизионной передачи начинается с построения двухмерного оптического изображения трехмерных предметов, расположенных в съемочном пространстве.

Качество телевизионного изображения, очевидно, будет определяться и качеством построенного оптического изображения. Оно определяется рядом факторов и не имеет какой-либо единой количественной меры. Но можно выделить некоторые существенные для качества конечного телевизионного изображения параметры исходной оптической «картинки».

1. Очень важным показателем является освещенность в плоскости оптического изображения, которая зависит от освещенности объекта телевизионной передачи, его отражательной способности и оптических параметров объектива.

Освещенность объекта передачи имеет огромное значение в организации телевизионного производства. От ее необходимого уровня зависят энергозатраты на производство, а также комфортность работы на съемочной площадке студии. Поэтому ее стремятся снизить до технически допустимого уровня.

Освещенность в плоскости оптического изображения объекта передачи определяется прозрачностью оптического стекла объектива и его относительным отверстием. Под относительным отверстием понимают отношение диаметра входного отверстия объектива к его фокусному расстоянию. Относительное отверстие делается регулируемым за счет изменения диаметра входного отверстия с помощью диафрагмы. Изменение диафрагмы позволяет регулировать количество света формирующего оптическое изображение и изменять разрешающую способность объектива.

2. Четкость оптического изображения определяется качеством воспроизведения мелких деталей и зависит от разрешающей способности объектива. Разрешающая способность объектива оценивают числом отдельно воспроизводимых пар черно-белых линий на 1 мм изображения. Она определяется конструкцией объектива и изменяется при регулировании диафрагмы. При уменьшении до определенных пределов относительного отверстия объектива разрешающая способность возрастает. Но при сильно закрытой диафрагме возрастают дифракционные явления на ее краях, и разрешающая способность объектива снижается.

3. Аберрации – оптические искажения, вызываемые оптической системой объектива. Аберрации вносят как геометрические искажения (изменение формы мелких деталей изображения, например астигматизм, кома), так и искажение цветопередачи – хроматические аберрации. В телевизионных объективах все виды аберраций стремятся минимизировать.

4. Важной практической характеристикой оптического изображения являются воспроизводимая глубина резкости сценического пространства. Дело в том, что разрешающая способность объектива реализуется только в плоскости резкого изображения. Именно в этой плоскости мы производим

«наводку на резкость», и этой плоскости соответствует определенный план сценической площадки. Строго говоря, резкое изображение объектив сформирует только для плоскости сценической площадки, находящейся на определенном расстоянии от оптического центра объектива.

Объекты, находящиеся дальше и ближе этой плоскости будут воспроизводиться с меньшей четкостью. Если задать величину допустимого уменьшения четкости воспроизводимого изображения, то можно определить определенную «глубину» сценического пространства, воспроизводимого в оптическом изображении, с заданной четкостью. Эта «глубина» резкости зависит от относительного отверстия объектива и увеличивается с уменьшением диафрагмы. Этим приемом широко пользуются при телесъемках, регулируя необходимую глубину резко воспроизводимого пространства.

Отметим также, что для увеличения глубины воспроизводимого пространства приходится увеличивать уровень освещенности объекта передачи, поскольку с уменьшением диафрагмы снижается и освещенность оптического изображения. С этим связано то, что в современных телестудиях предусматривается гораздо более высокий уровень освещения сценической зоны, чем это требуется для нормальной работы телекамер.

И в заключение отметим, что в оптическом изображении возможны геометрические искажения, вносимые оптикой, и перспективные искажения, связанные с переходом от трехмерного сценического пространства к двумерному оптическому изображению. Первые из них в современных объективах очень малы и их можно не учитывать, а второй вид искажений в настоящее время используется как творческий прием (наезды, отъезды телекамер, композиция кадра).

Сформированное оптическое изображение подлежит преобразованию в электрический сигнал, передаче его телезрителю и воспроизведению на экране приемного устройства в виде телевизионного изображения.

Поскольку восприятие оптического изображения на передающей стороне и его телевизионной репродукции на приемной осуществляется нашими органами зрения, то, очевидно, целесообразно согласовать технические параметры изображения и методы его преобразования в электрический сигнал и снова в видимое изображение с характеристиками нашего зрения.

Такое согласование представляет собой противоречивую задачу. С точки зрения упрощения технической реализации телевизионной системы, необходимо сократить объем передаваемой информации за счет уменьшения разрешающей способности изображения, исключениями информации о цвете и объеме и т.д., но при этом обязательно должна сохраняться психологическая точность воспроизведения телевизионной репродукции и необходимое качество изображения. Построение технически простой телевизионной системы с жестко заданными характеристиками, которая должна, тем не менее, воспроизводить с заданным качеством множество различных телевизионных изображений, обязательно приведет к информационной избыточности такой системы.

Поэтому при выборе параметров телевизионного изображения учитывают наиболее существенные особенности нашего зрения. Исходя из них, определяются принципиальные параметры телевизионного изображения: формат кадра, четкость, градационные характеристики, цветовой охват и т.д.

#### Тема 4. Формат кадра и число элементов изображения

Глаз – сложная динамическая зрительная система. Острота зрения человека определяется не только количеством зрительных рецепторов сетчатки – колбочками и палочками, но и сложным движением глазного яблока, перемещающим оптическое изображение наблюдаемого объекта по сетчатке глаза (тремор). При этом выделяются контуры изображения, т.е. границы раздела зон разной яркости, позволяющие выбирать наиболее существенную зрительную информацию. Поэтому динамическая разрешающая способность выше, чем статистическая, расчетная.

Острота зрения человека - величина, обратная минимальному угловому размеру между двумя различными точками, в среднем равная одной угловой минуте. Но эта величина не постоянная, она зависит от яркости наблюдаемого объекта. Структура сетчатки глаза неоднородна. Наибольшее количество зрительных рецепторов сосредоточено в ее центральной части, так называемой фовеа. Поэтому, несмотря на то что угол зрения глаза весьма

велик:  $120 \div 130^\circ$  – по горизонтали и около  $90^\circ$  – по вертикали, - основная зрительная информация считывается в пределах так называемого телесного угла ясного зрения  $\alpha$ . Этот угол равен около  $12^\circ$  по вертикали ( $\alpha_{\text{яв}} = 12^\circ$ ) и  $16^\circ$  по горизонтали ( $\alpha_{\text{яг}} = 16^\circ$ ). Исходя из этого, можно оценить количество зон сетчатки (N), регистрирующих поступающую информацию.

Очевидно, что большего количества деталей рассматриваемого наблюдаемое телевизионное изображение проектировалось именно на эту часть сетчатки. Отсюда можно определить и соотношение сторон сюжетно важной части построенного оптического изображения, так называемый формат кадра (k). Он равен:

$$k = b / h = \alpha_{\text{яг}} / \alpha_{\text{яв}} = 16 / 12 = 4 / 3$$

b – ширина оптического изображения;

h – высота оптического изображения.

Таким образом, кадр – сюжетная важная часть передаваемого оптического изображения, ограниченная прямоугольной рамкой с соотношением сторон 4x3, определяемым форматом кадра. Отметим еще раз, что кадр – часть оптического изображения передаваемого объекта, специально выделенная и отсеченная от остального оптического изображения кадровой рамкой. А поскольку углы зрения объектива меньше, чем человеческого глаза, то, с учетом сказанного, телезритель будет видеть только ту часть объекта передачи, на которую в данный момент направлена телекамера. Для того чтобы показать зрителю объект передачи полностью, необходимо использовать несколько последовательных кадров разной крупности с разных ракурсов. Поэтому и говорят, что телезритель видит глазами телеоператора.

Теперь можно оценить и предельную четкость, детальность передаваемого изображения, исходя из количества зрительных зон сетчатки глаза. Для простейшего статического изображения черных и белых чередующихся полос на высоте кадра h может находиться Nv различных элементов.

Коэффициент 2 здесь учитывает, что между двумя различными элементами должен находиться промежуток другой яркости. Тогда по ширине кадра должно находиться и полное количество потенциальных деталей изображения.

Это предельная четкость оптического изображения, которая может быть воспринята нашим зрительным аппаратом. Большая детальность изображения нами не воспринимается.

## Тема 5. Частота смены кадров в ТВ

Из опыта кинематографа известно, что для восприятия плавного движения объектов по экрану необходимо передавать  $16 \div 24$  кадра в секунду в зависимости от яркости изображения. Но при определении необходимой частоты кадров в телевидении необходимо учитывать некоторые особенности нашего зрения.

Зрительное восприятие дискретно во времени. Мы замечаем одиночный световой импульс, если его длительность превышает некоторую критическую величину. Причем эта величина зависит от освещенности клетчатки глаза, созданной этим импульсом. Установлено экспериментально, что это время в зависимости от уровня освещенности меняется от сотых до десятых долей секунды. Чем выше яркость светового импульса, тем меньше критическое время. После достижения максимума зрительного восприятия и окончания действия светового импульса зрительное ощущение начинает уменьшаться по экспоненциальному закону. Время, в течение которого зрительное ощущение уменьшится в  $e$  ( $e$  – основание натурального логарифма) раз, называется инерционностью зрения. В течение этого времени глаз как бы продолжает видеть световой импульс, работает «зрительная память». Величина, обратная инерционности зрения, называется критической частотой мельканий.

Таким образом, изображение, состоящее из отдельных светящихся точек (элементов изображения, воспринимаемых отдельно нашим зрением), будет восприниматься слитно, если оно будет повторяться с частотой, равной или большей критической.

Для яркости современных телеэкранов  $f_{кр} = 46 : 48$  Гц.

Практически частоту повторений изображения (кадра) принимают равной частоте питающей электросети –  $50 \div 60$  Гц, при этом с запасом выполняются условия передачи движущихся изображений.

Механизм восприятия образов передаваемого изображения более инерционен. Для того чтобы зритель полностью и правильно понял изображение на экране, необходимо, чтобы оно сохранялось на экране  $4 \div 10$  сек. Отсюда практическое требование к длительности отдельного фрагмента телепрограммы: будь то титры или его сюжетное изображение. Более короткие планы воспринимаются труднее. Впрочем, при клиповом монтаже используются более короткие фрагменты, что позволяет получать особые зрительные эффекты.

## Тема 6. Диапазон яркости ТВ сигнала

Оптическое изображение – это распределение воспринимаемых элементов различной яркости. От правильности воспроизведения возможного диапазона яркостей зависит качество телевизионного изображения. Диапазон воспроизводимых яркостей определяется градационными характеристиками телевизионной системы.

Оценим необходимый диапазон яркостей передаваемого изображения и количество необходимо различных ступеней яркости.

Восприятие яркости и контраста нашим зрением также дискретно, как и разрешающая способность. В рабочем диапазоне яркостей пороговое значение изменения яркости определяется психофизическим законом Вебера—Фехнера.

При заданной величине контраста  $K_i$  телезритель может воспринять определенное количество градаций яркости, так называемых полутонов. Если принять во внимание быструю и инерциальную адаптацию человеческого глаза и среднее максимальное значение контраста, воспринимаемого зрителем около 100, то глаз способен различать около 90 градаций яркости.

При наблюдении телевизионной репродукции изображения на экране приемного устройства число воспроизводимых градаций яркости значительно снижается. Это определяется параметрами устройства преобразований электрического сигнала в оптическое изображение (кинескопа), внешними засветками, условиями наблюдения телевизионной «картинки».

Для правильной передачи градационных особенностей оптического изображения необходимо передавать и информацию о средней яркости этого изображения. Эта яркость зависит от сюжетного содержания изображения и изменяется по ходу телепередачи. В технике телевидения применяются специальные меры для передачи информации о средней яркости на приемные устройства.

Управление воспроизведением полутонов изображения осуществляется изменением формы характеристики передачи уровней яркости системы (от света до света) с помощью, так называемых, гаммакорректоров.

## Тема 7. Восприятие и воспроизведение цвета и объема объекта передачи

Ощущение человеком цвета в наблюдаемых объектах окружающего мира описывается трехкомпонентной теорией цветного зрения, основы которой были заложены М.В. Ломоносовым и И. Ньютоном и развиты

впоследствии Г. Гемгольцем. Трехкомпонентная теория цветного зрения предполагает существование трех групп рецепторов, воспринимающих различные участки спектра видимого света и создающих ощущение трех основных цветов: красного, синего и зеленого. Ощущение остальных

видимых нами цветов (а их около  $10 \times 10^6$ ) есть суперпозиция возбуждений трех основных групп рецепторов.

Следовательно, телевизионная система должна создавать и передавать по каналу связи информацию о трех цветоделенных изображениях объекта передачи, из которых на приемной стороне сложением воссоздается полноцветное изображение.

Стереоскопическое, глубинное зрение основано на ощущениях параллакса, возникающего из биокулярности зрения человека.

Поэтому построение стереоскопического телевидения в простейшем случае требует создания и передачи двух изображений, построенных с двух различных точек.



### Раздел 3. Физические основы построения телевизионного тракта

#### Тема 1. Физические основы построения телевизионного тракта

Источником информации для вещательной телевизионной системы является окружающий нас телевизионный мир. Объекты материального мира способны переотражать и поглощать падающий на них световой поток.

Переотраженный световой поток содержит информацию о каждой отражающей точке объекта съемки. В силу специфики зрительного восприятия каждая точка характеризуется яркостью, цветностью и насыщенностью цвета. Она определяется своими координатами и их изменениями во времени для движущихся объектов.

Электрический сигнал  $i(t)$  или  $u(t)$  в принципе является одномерной функцией. Поэтому преобразование оптического изображения объекта передачи на передающей стороне телевизионной системы связано с преобразованием многомерной функции в одномерную. Непосредственно такое преобразование невозможно.

Для решения этой задачи можно воспользоваться дискретностью пространственного и временного зрительного восприятия человека.

Оптическое изображение объекта передачи можно представить состоящим из множества отдельных элементов, размеры которых соизмеримы с пространственной дискретностью зрения. В этом случае можно перейти к поэлементной передаче изображения. Количество таких элементов будет определять четкость телевизионного изображения. Очевидно, что оно не должно превышать максимальную разрешающую способность зрения. О процедуре поэлементной передачи мы поговорим чуть позже.

Параметры изображения в пределах такого элемента должны быть однородными по его площади, т.е. яркость, цветность и насыщенность цвета – постоянны. Теперь эти параметры элемента изображения должны быть преобразованы в соответствующие электрические сигналы. Такие преобразователи – они получили название ЭОП (электронно-оптические преобразователи) – построены на использовании фотоэффекта. Известно два вида фотоэффекта: внешний и внутренний. Внешний фотоэффект был исследован А.Г. Столетовым, который сформулировал его основные законы. В электронно-оптических преобразователях используются как внешний, так и внутренний фотоэффект.

Внешний фотоэффект проявляется в том, что под действием светового потока некоторые металлы щелочной группы эмитируют электроны, которые

покидают поверхность металла и увеличивают электропроводность окружающей среды. Световой поток должен обладать достаточной энергией, чтобы обеспечить работу выхода электронов за пределы металла.

Внутренний фотоэффект проявляется в полупроводниковых материалах, когда под действием светового потока сепарируются неосновные носители (электроны или «дырки»), которые, оставаясь в пределах атомной решетки полупроводника, увеличивают электропроводность материала. А.Г. Столетов установил, что величина фотоэффекта зависит от спектрального состава светового потока, возрастая в области коротковолнового излучения (зона синих цветов). Кроме того, в определенном диапазоне освещенностей проявляется прямая пропорциональная зависимость между изменением электропроводности и уровнем освещения образца. Внутренний фотоэффект позволяет построить электронно-оптические преобразователи изображения в электрический сигнал более высокой светочувствительности, чем ЭОПы, работающие на внешнем фотоэффекте. Это объясняется разной работой выхода носителей электрического заряда.

Таким образом, появляется возможность преобразования оптических параметров элемента изображения в соответствующий электрический сигнал.

## Тема 2. Параллельные и последовательные телевизионные системы

Пусть оптическое изображение в кадре разбито на  $N$  элементов. Тогда необходимо преобразовать оптические (световые) значения яркости и цветности каждого элемента изображения в электрические сигналы; а на приемной стороне эти электрические сигналы вновь преобразовать в оптическое изображение. Возможны два способа решения этой задачи.

Первый состоит в том, что преобразование изображения в электрический сигнал и восстановление оптического изображения на приемной стороне производится одновременно для всех элементов изображения, т.е. осуществляется параллельное преобразование и передача электрических сигналов на приемную сторону. Очевидно, что в этом случае необходимо создать  $N$  каналов связи, где  $N$  – число элементов изображения (500 000 элементов). Построить 500 000 каналов связи нереально.

Поэтому в телевидении используется последовательное поэлементное преобразование передаваемого изображения и такое же поэлементное восстановление на приемной стороне. При этом необходим только один канал связи.

Это фантастически малый интервал времени, следовательно, реализация последовательной схемы передачи элементов изображения

требует чрезвычайно высокого быстродействия всех устройств телевизионной системы. Такое быстродействие достижимо только в электронных системах. Поэтому современное телевидение является электронным. Технически последовательное преобразование элементов изображения в электрические сигналы осуществляется с помощью развертки изображения.

### Тема 3. Принцип развертки телевизионного изображения

Таким образом, необходимо последовательно элемент за элементом проанализировать передаваемое изображение и преобразовать его оптические характеристики в электрические сигналы изображения.

Какие требования должны быть предъявлены к данной процедуре?

1. Порядок перебора элементов изображения в принципе может быть произвольным, но при этом каждый элемент должен быть «опрощен» один раз, без пропусков и повторов.

2. Порядок перебора элементов изображения (траектория развертки) должен быть строго одинаковым на передающей и приемной стороне системы.

3. Время на анализ элементов изображения в передаваемом кадре должно быть равным времени на синтез этого кадра на приемной стороне системы: условие синхронности развертки.

4. Процесс развертки на передающей и приемной стороне системы должен начинаться и заканчиваться на одних и тех же номерах элементов изображения: условие синфазности развертки.

Условия синхронности и синфазности развертки являются фундаментальными требованиями поэлементной последовательности передачи изображений. Практически синхронность и синфазность приходится реализовывать принудительно с помощью специальных управляющих сигналов, передаваемых вместе с сигналом изображения.

Для систем вещательного телевидения выбор траектории развертки определяется рядом практических требований, в первую очередь простотой технической реализации и надежностью работы приемных устройств. Во всех реализованных системах выбрана линейная построчная развертка изображения.

Процедура развертки кадра изображения начинается в верхнем левом углу кадра (элемент изображения 1) и заканчивается в правом нижнем углу кадра (элемент изображения N). Траектория развертки представляет собой последовательность строк, читаемых слева направо. Каждая последующая

строка смещается вниз на высоту элемента изображения. Тогда число строк в кадре  $Z$  равно количеству элементов изображения по высоте кадра  $h$ . Принимая размеры элемента изображения по вертикали и горизонтали равными, получим, что в строке размещается  $M = Z \cdot K$  элементов, где  $K$  – формат кадра. Строго говоря, число строк  $Z$  должно быть больше количества различаемых элементов по высоте кадра, так как элементы изображения не обязательно совпадают с числом строк. Практически  $Z$  приходится выбирать значительно меньше, чем число  $n > 1400$  элементов. Такое число строк удастся реализовать только в системах высокой четкости изображения, в существующих системах вещательного телевидения  $Z < n$ .

Построчная линейная развертка изображения включает в себя два этапа: рабочий (прямой) ход развертки - с левого края до правого края кадра и обратный ход - с правого края кадра до его левой границы. Обратный ход развертки является технологически необходимым, но нежелательным использованием времени. Поэтому время обратного хода как по строкам, так и по кадрам делают минимально возможным, но процессы, связанные с физическими явлениями, в устройствах развертки ограничивают его снизу и определяют его конкретные значения. Итак, время на анализ одной строки.

За простоту технической реализации развертки изображения приходится жертвовать качеством, в данном случае четкостью передаваемого кадра.

Такой вид построчной развертки называется прогрессивной разверткой. При этом частота кадров должна быть выше критической частоты мелькания нашего зрения. Как будет показано далее, высокая частота смены кадров значительно усложняет построение всей телевизионной системы. Поэтому желательно уменьшить ее значение, сохраняя нормальные условия наблюдения телевизионного изображения. С этой целью используют чересстрочную развертку. В этом случае кадр разбивается на два полукадра – поля изображения.

Первый полукадр начинается с левого верхнего угла кадра и содержит нечетные строки 1, 3, 5... . Последняя строка нечетного полукадра не доходит до правой границы кадра на половину своей длины, т.е. последняя строка первого полукадра равна половине строки. Для того чтобы выполнилось это условие, необходимо, чтобы число строк  $Z$  обязательно было нечетным.

Второе поле начнется с верхнего края рамки с середины последней нечетной строки и закончит ее на правой границе кадра. Следующие строки будут иметь только четные номера 2, 4, 6, 8... . Закончится поле в правом нижнем углу хода, как и при прогрессивной развертке. Полный кадр будет

содержать  $Z$  строк. Но поскольку мелькание изображения связано с частотой смены «картинки», в данном случае оно будет определяться частотой смены полукадров (полей изображения), следовательно, частота кадров может быть снижена в два раза. Число полей в кадре определяет кратность чересстрочного разложения, в данном случае она равна 2. Более высокая кратность позволяет и дальше снижать частоту кадров, но технически она трудно реализуема.

В вещательном телевидении во всех странах принята кратность разложения, равная 2:

$$Z = 2 K + 1.$$

#### Тема 4. Типология методов разложения и синтеза телевизионного изображения

Процесс развертки обеспечивает преобразование изображения в последовательность электрических сигналов изображения.

Все возможные траектории развертки можно разделить на:

-детерминированные, когда траектория развертки и ее характеристики жестко определены;

-недетерминированные, в этом случае процедура развертки выбирается в зависимости от содержания изображения. В этом случае предполагается два режима работы: поиска и сложения. При поиске развертка осуществляется по заданной траектории, а при обнаружении изображения система переходит в режим слежения, когда производится считывание видеоинформации и формирование сигнала изображения.

Детерминированные развертки могут использовать различные траектории: линейные, зигзагообразные линейные, зигзагообразные синусоидальные, спиральные и другие, в том числе и точечные растры.

В вещательном телевидении приняты детерминированные развертки. Недетерминированные развертки используются в специальных телесистемах, в частности в телеавтоматике.

След, который оставляет на изображении анализирующий элемент, называют строкой. Все строки, расположенные по площади кадра, образуют так называемый растр. Таким образом, различать вид развертки можно по ее растру.

## Раздел 4. Сигнал изображения и его основные параметры

### Тема 1. Получение сигнала изображения

Сигнал изображения возникает в ЭОПе при поэлементной развертке передаваемого изображения. Этот сигнал является функцией времени и пропорционален яркости передаваемых элементов изображения. На рис. 4.1. приведен фрагмент видеосигнала, получаемый при развертке изображения в виде вертикальных черно-белых полос. Очевидно:

- сигнал имеет импульсный характер;
- сигнал однополярный (яркость не может быть отрицательной).

Однако размер (апертура) реальных элементов считывания имеет конечные размеры, что приводит к размытию крутых фронтов видеосигнала и уменьшению размаха этого сигнала от мелких деталей.

Это объясняется тем, что мгновенное значение видеосигнала пропорционально средней яркости элементов изображения, находящихся внутри апертуры.

При образовании сигнала от мелких чередующихся деталей его форма становится близкой к синусоидальной. При дальнейшем уменьшении размеров деталей размах сигнала от них становится настолько малым, что изображение таких деталей не может быть передано ТВ-системой. Т.е. большая апертура считывающего элемента снижает четкость изображения.

Информация о яркости изображения передается только во время прямого хода развертки. Во время обратного хода развертки в видеосигнал замешиваются гасящие импульсы, разделяющие сигналы в соседних строках и полях. Уровень этих импульсов соответствует уровню черного изображения. Гасящие импульсы выключают сигнал изображения (делают его постоянно равным уровню черного) и тем самым исключают формирование паразитного сигнала изображения во время обратного хода. Видеосигнал вместе с внесенными гасящими сигналами называют телевизионным сигналом.

При передаче изображения подвижных или медленно перемещающихся объектов телевизионный сигнал носит квазипериодический характер, т.е. составляющие сигнала повторяются во времени практически через равные промежутки. Можно выделить два периода повторения сигнала: один – с периодом формирования строк, второй – с периодом следования кадров.

Изменяющийся во времени квазипериодический сигнал достаточно точно может быть представлен своим частотным спектром. Т.е. сигнал

изображения выражается через гармонические составляющие кратных частот повторения строк раstra. Каждая гармоническая составляющая имеет боковые частоты, отличающиеся от данной гармоники на  $+ F_k$ , где  $F_k$  – частота повторения кадров.

Отметим основные особенности спектра сигнала черно-белого изображения при чересстрочной развертке.

1. Величина спектральных составляющих сигнала убывает с ростом частоты.

2. Спектр сигнала изображения дискретный. Он содержит гармоники  $kF_c$  (где  $k = 1, 2, 3 \dots$ ;  $F_c$  – частота повторения строк). Вокруг каждой гармоники  $kF_c$  справа и слева группируются составляющие с частотами, отстоящими от нее на величину  $+ mF_n$ , где  $m = 1, 2, 3, \dots$ ;  $F_n$  – частота повторения полей).

Таким образом, спектр сигнала изображения состоит как бы из «сгустков» энергии на частотах, кратных частоте строк. Описанная структура обусловлена квазипериодичностью сигнала изображения с частотой строк и полей.

3. Спектр сигнала изображения имеет составляющую на нулевой частоте.

4. Для воспроизведения сигнала изображения достаточно передать составляющие спектра от нулевой частоты до  $F_{\max} = \Delta F$ .

5. При передаче движущегося объекта содержание каждого последующего изображения от кадра к кадру мало отличается от предыдущего, так как скорость смены кадров значительно больше скорости передвижения объекта по экрану. Однако перемещение объекта изменяет во времени амплитуды и фазы спектральных составляющих. Это приводит к тому, что вокруг каждой спектральной линии появляются составляющие, настолько близко расположенные друг к другу, что спектральная линия вместе с этими составляющими образует непрерывный спектр. Ширина спектра составляет единицы герц и определяется скоростью движения изображения по экрану.

Такая «гребенчатая» структура спектра сигнала изображения свидетельствует, во-первых, об избыточности передаваемой информации и, во-вторых, позволяет использовать методы уплотнения сигнала яркости, что и реализовано в совместимых системах цветного телевидения.

Оценим величину  $F_{\max}$ , определяя полосу частот канала передачи сигнала изображения. Для простоты не будем учитывать наличие обратного хода развертки.

Вдоль строки располагается  $M$  элементов изображения, где  $M=K Z$ . Мы уже отмечали, что за счет апертуры развертывающего элемента форма сигнала изображения близка к синусоидальной, особенно для мелких деталей изображения.

Отсюда следует, что увеличение четкости изображения, т.е. числа различаемых элементов изображения, пропорционально увеличивает верх и, следовательно, ширину полосы частот  $\Delta BF$ , пропускаемую каналом связи.

Таким образом, из этого следуют два важных вывода.

1. Для передачи высококачественного телевизионного изображения необходимо использовать высокочастотные диапазоны ультракоротких и дециметровых радиоволн, так как  $f > 10 f_{\text{верх}}$ .

2. В вещательном телевидении целесообразно применять чересстрочную развертку, поскольку частота кадров может быть взята вдвое меньше, чем при прогрессивной развертке.

## Тема 2. Аналоговая и цифровая формы сигнала изображения

До сих пор мы предполагали, что форма сигнала изображения идентична распределению яркостей оптического изображения объекта передачи. Такой сигнал непрерывен во времени, хотя имеет импульсный быстро меняющийся характер. Формы сигнала изображения и распределения оптических яркостей передаваемого изображения аналогичны друг другу. Вся передаваемая информация содержится в его форме. Такой сигнал является аналоговым.

Аналоговые сигналы, проходя через телевизионное оборудование и каналы связи, подвергаются искажениям за счет влияния посторонних электрических воздействий (помех) и неидеальных характеристик оборудования (амплитудно-частотные и нелинейные искажения). При этом изменяется форма сигнала изображения, и следовательно, само изображение.

Они, как мы уже отмечали, линейно связаны.

Но любой непрерывный во времени сигнал можно передавать в дискретной, табличной форме. Для этого необходимо перейти к отсчетам сигнала, взятым достаточно часто, чтобы можно было его вновь восстановить в исходной аналоговой форме. Интервал дискретизации, т.е. временной промежуток, через который необходимо измерять значения сигнала,

выбирается, исходя из теоремы Котельникова–Хевисайда. В телевидении, с учетом особенностей различных национальных стандартов, принято  $F_{\text{диск}} = 13,5 \text{ МГц}$ .



Это соответствует 864-й гармонике строчной частоты стандарта 625/50 (РФ, Европа) и 858-й гармонике стандарта 525/60 (США и др.).

Переход от непрерывного аналогового сигнала изображения к дискретному – это новый этап развития техники телевидения. Представляя дискретное значение телесигнала в цифровой форме в виде кода, мы переходим к цифровому телевидению.

Это дает:

- стабильность параметров телевизионной системы за счет снижения воздействия помех и параметров телевизионных трактов;
- значительное повышение надежности техники и процесса вещания, улучшение технологических характеристик телевизионного производства;
- переход на цифровые методы обработки и преобразования изображений на базе вычислительной техники;
- возможность длительного хранения и перезаписи видеоинформации;
- перспективу разработки и практического применения в телепроизводстве самых сложных способов обработки и анализа телевизионных изображений.

Как осуществляется оцифровка дискретизированного сигнала? Для этого осуществляется его квантование по уровню, т.е. замена мгновенных значений дискретного сигнала ближайшими значениями из набора фиксированных уровней. Эти уровни называются уровнями квантования сигнала. Ошибки, связанные с такой заменой, называются ошибками квантования. Они определяются числом этих уровней. Эти ошибки визуально не воспринимаются, если шумы квантования не превышают 0,5–1% от амплитуды сигнала изображения. При этом число уровней составляет 128–256 т.е. цифровое значение сигнала представляется семи-, восьмиразрядным двоичным числом. Можно воспользоваться особенностью восприятия яркостей и ввести неравномерную шкалу квантования. Это позволяет сократить разрядность квантования.

## **Раздел 5. Современные электронно-оптические преобразователи и качество телевизионного изображения**

### Тема 1. Устройства преобразования оптического изображения в телевизионный сигнал

Электронно-оптический преобразователь (ЭОП) предназначен для формирования электрического сигнала, соответствующего оптическому изображению, спроецированному на его фотомишень. Преобразование световой энергии в электрический сигнал происходит на основе фотоэффекта. На основе внешнего фотоэффекта созданы фотодиоды, фотоумножители и некоторые виды передающих телевизионных трубок. Фоточувствительные поверхности этих приборов называются фотокатодами. Между фотокатодом и коллектором (анодом) таких приборов создается электрическое поле, отбирающее все вылетевшие из катода электроны, которые образуют фототок во внешней цепи прибора. Величина фототока пропорциональна освещенности фотокатода. Внешний фотоэффект используется в ряде телевизионных ЭОПов (диссектор, иконоскоп, ортикон, суперортикон).

Внутренний фотоэффект положен в основу работы ряда телевизионных ЭОПов (видикон, плюмбикон, кремникон, твердотельные преобразователи). Преобразователи бывают мгновенного действия и с накоплением зарядов. В ЭОПах мгновенного действия электрический сигнал пропорционален световому потоку, который воздействует на элемент фоточувствительного слоя в момент его коммутации развертывающим элементом преобразователя. Такие преобразователи обладают высокой линейностью световой характеристики, высокой разрешающей способностью, но низкой чувствительностью. Примером ЭОПа мгновенного действия является передающая телевизионная трубка – диссектор.

Такая трубка применяется в ТВ системах автоматики, контроля и управления производственными процессами, в устройствах чтения микрофильмов, чертежей и графиков. Но диссектор не пригоден для передачи натуральных сцен из-за малой чувствительности.

ЭОПы с накоплением зарядов накапливают электрические заряды в течение периода кадровой развертки, а считывание этих зарядов происходит в момент коммутации элемента фоточувствительного слоя развертывающим элементом. Такие преобразователи могут использовать как внутренний фотоэффект (видикон, плюмбикон, кремникон), так и внешний (иконаскоп, ортикон, суперортикон). Эти преобразователи обладают высокой

чувствительностью, обеспечивают высокое качество изображения и находят широкое применение в аппаратуре вещательного телевидения.

## Тема 2. Вакуумные и твердотельные преобразователи. Достоинства и недостатки

### Диссектор (рассекатель)

В диссекторе используется полупрозрачный фотокатод, состоящий из тонкой пленки полупроводникового материала (фотослоя), эмитирующего фотоэлектроны в сторону, противоположную той, на которую воздействует световой поток. Пленка нанесена на практически прозрачную для света металлическую подложку, напыленную на стеклянную планшайбу.

Световое изображение преобразуется в электронное одновременно по всей поверхности фотокатода преобразователя и переносится в плоскость диафрагмы с помощью напряжения, приложенного к ускоряющему электроду, и магнитного поля фокусирующей катушки. Поток электронов, расположенный перед отверстием диафрагмы, проходит через это отверстие и попадает на вход вторично-электронного умножителя, на выходе которого формируется сигнал изображения  $E_c$ . С помощью магнитного поля отклоняющих катушек электронное изображение смещается относительно отверстия диафрагмы по строкам и кадру.

Таким образом, через отверстие диафрагмы последовательно, элемент за элементом проходят электроны, соответствующие различным участкам передаваемого изображения, тем самым осуществляется развертка изображения.

### Видикон

В нем используется фотомишень, состоящая из план шайб; тонкого металлического слоя, прозрачного для проходящего через него света (сигнальная пластина); фотослоя, изменяющего свою проводимость под воздействием света.

Фотомишень можно представить как мозаику элементарных конденсаторов  $C_э$ , шунтированных резисторами  $R_э$ . Емкости  $C_э$  образованы сигнальной пластиной и полупроводниковым слоем светочувствительного материала. Сопротивление  $R_э$  определяется проводимостью полупроводникового слоя на элементарном участке мишени.

При проектировании на мишень оптического изображения различные участки ее поверхности будут иметь разные сопротивления в соответствии с их освещенностью. Когда электронный луч, под воздействием магнитного поля отклоняющей катушки движется по поверхности мишени, каждый

элементарный конденсатор  $C_э$  заряжается за время его коммутации лучом до напряжения  $U$ , равного напряжению источника питания.

Как только луч «сходит» с элемента поверхности, конденсатор  $C_э$  начинает разряжаться через сопротивление  $R_э$ . Скорость разряда  $C_э$  определяется постоянной времени элемента фотомишени  $\tau = R_э C_э$ . На освещенных участках фотомишени конденсатор  $C_э$  разряжается быстрее, чем на участках затемненных. Таким образом, рельеф сопротивлений на поверхности фотомишени преобразуется в потенциальный рельеф. В момент коммутации конденсатора  $C_э$  электронным лучом возникает ток заряда этого конденсатора  $I_э$ . Ток  $I_э$  протекает по цепи:  $U - R - C - \text{термокатод} - \text{корпус}$ . Величина этого тока зависит от напряжения на конденсаторе  $C_э$ , до которого этот конденсатор разрядился к моменту коммутации: чем напряжение на  $C_э$  меньше, тем больше величина  $I_э$ . Ток  $I_э$ , протекая через сопротивление  $R$ , формирует на нем напряжение сигнала изображения. Электронно-оптическая система видикона содержит электронный прожектор и коллектор в виде мелкой сетки, помещенной перед фотомишенью. Прожектор предназначен для формирования электронного луча и состоит из термокатода, управляющего электрода, первого и второго анодов. Термокатод эмитирует со своей поверхности электроны, плотность потока которых регулируется управляющим электродом. Первый анод формирует размеры поперечного сечения электронного луча, второй анод служит для создания ускоряющего электрического поля, в котором производится отклонение развертывающего луча. Коллектор обеспечивает подход электронов к поверхности фотомишени под прямым углом и образует равномерное отбирающее электрическое поле для вторичных электронов в районе мишени.

Фокусировка, отклонение развертывающего луча осуществляется внешней магнитной системой, которая состоит из фокусирующей катушки и отклоняющей катушки. В зависимости от материала фотослоя различают разновидности видикона: плюмбикон, сабикон, кремникон и т.д.

#### Твердотельные фотоэлектрические преобразователи

В настоящее время в телевидении нашли широкое применение твердотельные ЭОПы на базе приборов с зарядовой связью (ПЗС). Основой ПЗС является конденсатор МОП-структуры (металл—окисел—полупроводник).

Одной обкладкой конденсатора является металлический электрод, а другой – полупроводник. Диэлектриком между этими обкладками служит тонкий слой окисла полупроводника.

Если между электродом и полупроводниковой подложкой, например, р- типа приложить напряжение  $+U$ , то в результате действия электрического

поля дырки (основные носители) полупроводника, находящиеся под электродом, отойдут в толщину слоя полупроводника. При этом под электродом образуется область, обедненная основными носителями, – потенциальная яма. Изменяя величину напряжения  $+U$ , можно управлять глубиной потенциальной ямы.

В образовавшейся потенциальной яме происходит накопление неосновных носителей электронов, которые могут образовываться как за счет полезного эффекта (например, фотоэмиссии), так и за счет термоэлектронной эмиссии.

Термоэлектронная эмиссия – это процесс генерирования неосновных носителей, обусловленных температурой, под которой находится полупроводник. Накопление термогенерированных носителей является паразитным процессом. Если внести ограничение на максимальное значение заряда термоэлектронной эмиссии, то тем самым можно определить и максимальное время, отводимое для накопления и хранения полезного заряда.

Рассмотрим принцип организации ПЗС-линеек. ПЗС-линейка – это устройство для хранения и передвижения зарядовых пакетов вдоль нее. Линейка состоит из последовательно расположенных электродов на общей подложке.

Расстояние между электродами настолько мало, что обедненная область под одним электродом практически распространяется до соседних электродов. Поэтому, если под одним из  $n - x$  электродов, к которому приложен потенциал  $+U$ , будет накоплен заряд, образованный, например, фотоэлектронной эмиссией, то передвинуть его в соседнюю  $n + 1$  ячейку можно, если потенциальную яму  $n + 1$  ячейки сделать глубже, чем у  $n$ -й ячейки. Вслед за этим потенциал  $n$ -й ячейки уменьшают до значения, близкого к нулевому, а потенциал  $n + 1$  ячейки делают таким же, какой был раньше у  $n$ -й ячейки  $+U$ . Зарядовые пакеты изначально вводятся в линейку через два электрода. Это обеспечивает их сохранность при передвижении вдоль линейки, что следует из рассмотрения динамики перемещения зарядов.

Передвижение зарядовых пакетов обеспечивается циклическим изменением потенциалов электродов.

В настоящее время преобразователи свет-сигнала на базе ПЗС находят широкое применение в технике телевидения.

Широкое распространение в телевидении получили матричные ЭОПы. Такие преобразователи бывают двух видов: с покадровым переносом зарядов и преобразователи с межстрочным переносом.

В преобразователях с покадровым переносом поверхность мишени образована секцией накопления, накопление зарядовых пакетов осуществляется в светочувствительных ячейках этой секции во время прямого хода развертки по кадру. После завершения накопления в течение короткого промежутка времени (обратный ход по кадру) через открывшийся затвор переноса кадра зарядовые пакеты переносятся в секцию хранения. Секция хранения защищена от света и имеет такую же структуру, как и секция накопления. Во время прямого хода кадровой развертки режим накопления возобновляется. В это же время информация из секции хранения построчно передается в секцию переноса заряда – сдвиговый регистр. Сдвиг в секцию переноса осуществляется во время обратного хода развертки по строкам через затвор переноса. Зарядовые пакеты из секции переноса выводятся поэлементно в устройство считывания зарядов за время прямого хода строчной развертки.

Аналогично происходят накопление и считывание зарядов в матричных преобразователях с межстрочным переносом.

В этих преобразователях столбцы, в которых происходит накопление зарядов, располагаются рядом со столбцами хранения. Переносом зарядов из столбцов накопления в столбцы хранения управляют затворы переноса по кадру. Считывание из столбцов хранения в секцию переноса осуществляется через затвор переноса строки.

Созданы и используются многосигнальные электронно-оптические преобразователи. За счет специальной конструкции фотомишени они формируют сразу три цветоделенных сигнала. Однако по своим параметрам эти ЭОПы используются в основном в полупрофессиональной и бытовой технике.

### Тема 3. Влияние электронно-оптического преобразователя на качество телевизионного изображения

Качество телевизионного изображения во многом определяется характеристиками ЭОПов. К таким характеристикам относят: чувствительность, световую характеристику, спектральную характеристику, апертурную характеристику, инерционность.

Чувствительность – минимальная величина освещенности экрана преобразователя, обеспечивающая на выходе преобразователя заданное отношение сигнал/шум.

Световая характеристика – зависимость величины тока на выходе преобразователя от освещенности его фотомишени.

Спектральная характеристика преобразователя – зависимость величины тока на выходе преобразователя от длины волны электромагнитного излучения, падающего на мишень преобразователя, при постоянной мощности излучения.

Апертурная характеристика (АХ) – зависимость глубины модуляции сигнала преобразователя от относительных размеров деталей изображения.

АХ определяется при проецировании на мишень преобразователя оптического изображения в виде чередующихся вертикальных белых и черных полос равной ширины (изображение штриховой миры). Глубина модуляции сигнала – это отношение размаха сигнала (разность между максимальным и минимальным значением напряжения сигнала) от деталей заданного размера к размаху сигнала от крупных деталей изображения. При этом под крупными деталями понимаются такие, размеры которых во много раз превышают апертуру развертывающего элемента. Размеры деталей обычно соотносятся с линейными размерами мишени преобразователя и выражают количеством полос, уменьшающихся на 1 см (линеатура миры).

## **Раздел 6. Передающие телевизионные камеры. Классификация и характеристики**

### Тема 1. Передающие телевизионные камеры, их классификация

Передающие телевизионные камеры (ТК) предназначены для преобразования отраженного от объекта съемки светового потока в электрические сигналы изображения и передачи их для последующей обработки в аппаратные телецентра.

Все передающие телекамеры делятся на две большие группы:

- камеры монохромного телевидения (черно-белые ТК);
- камеры цветного телевидения.

Монохромные телекамеры формируют только сигнал яркости, так как черно-белое изображение содержит только яркостную составляющую.

Цветные телекамеры, кроме сигнала яркости, формируют и цветовые сигналы. Ранее мы оговорили, что технические системы репродукции цветных изображений, в том числе и электронные, телевизионные, являются трехкомпонентными. Исходное полноцветное изображение разделяется на три цветоделенных изображения, соответствующих трем основным цветам аддитивного синтеза: R, G, B. Эти цветоделенные изображения преобразуются в три «цветоделенных» сигнала изображения: IR, IG, IB, – которые поступают в аппаратуру телестудии.

Передающие телекамеры можно подразделить по области их применения: студийные и портативные.

Студийные телевизионные камеры черно-белого, цветного изображения предназначены для работы в условиях телевизионных студий (павильонов), а также в составе передвижных телевизионных станций (ПТС) и передвижных видеозаписывающих станций. В основном предназначены для работы на специальных пьедесталах (штативах), имеют выносное управление и видеоискатели с большим экраном. В конструкции камеры не предусмотрены блоки обработки видеосигнала, они внесены в состав так называемых камерных каналов, устанавливаемых в технических аппаратных телецентра. Передача сигналов изображения осуществляется по специальному кабелю. Он может быть многожильным или содержать только три специальных сигнальных провода, в этом случае в камере устанавливается специальное устройство уплотнения сигналов изображения. Такие кабели называются трехканальными.

Студийные передающие камеры рассчитаны на работу с высококачественными объективами и требуют для своей штатной работы



освещенность в студии от 200 до 800 люкс. Это позволяет широко использовать диафрагмирование объектива.

Портативные телевизионные камеры явились дальнейшим развитием передающей телевизионной техники. Эти камеры предназначены в основном для выездных репортажных съемок и работают в составе ПТС и телевизионных журналистских комплексов (ТЖК). В этих камерах используются как вакуумные, так и твердотельные ЭОПы. Они рассчитаны на оптимальную работу при более низких уровнях освещенности, чем студийные камеры.

Эти камеры существенно легче по весу, чем их студийные аналоги, комплектуются более светосильной оптикой. Камеры предназначены для работы с легкого штатива или с рук, точнее с плеча, а также со специального носимого стабилизатора положения телекамеры и даже для съемки с движения. Здесь производители столкнулись с проблемой оптимального веса телекамеры. Оказалось, что делать плечевую камеру весом менее 5 – 7 кг нецелесообразно, так как из-за малой массы камеры возникает неустойчивость кадра – дрожание. Сигнал изображения по кабелю, как правило, трехканальному подается на ПТС или на носимое устройство записи сигнала.

Камкордеры – видеокамеры, сопряженные с устройством видеозаписи изображений. Может использоваться как магнитная видеозапись – тогда встраивается портативный ленточный магнитофон, так и оптомеханическая запись – тогда в качестве носителя применяются оптические диски.

Появление камкордера «отвязало» журналиста от ПТС или носимого устройства записи. Камкордер оперативно позволяет проводить самые сложные виды репортажных работ, в том числе с движения. По своим техническим параметрам камкордеры практически соответствуют студийным камерам, что позволяет при необходимости использовать их и в студийных условиях. Для этого камкордеры комплектуются устройствами выдачи необходимых сигналов, которые могут через кабельные соединители подаваться на аппаратуру телестудии. Современные камкордеры строятся на твердотельных ЭОПах и обладают высокой чувствительностью. Для нормальной работы такой камеры вполне достаточно освещения в несколько десятков люкс.

## Тема 2. Устройство передающих телевизионных камер монохромного и цветного изображения

Оно определяется решаемыми задачами.

1. Телевизионная камера комплектуется телевизионным объективом, создающим в плоскости фотомишени ЭОПа или устройства цветоделения оптического изображения передаваемого объекта. Поскольку в телевидении приходится решать различные творческие задачи, используя одну и ту же передающую телекамеру, она комплектуется набором объективов с различными фокусными расстояниями и светосилой. Объективы устанавливаются на турели или ином устройстве, допускающем их быструю замену. Реже применяются быстросъемные объективы. В настоящее время в основном передающие камеры комплектуются вариообъективами (ZOOM-объектив).

2. Сформированное оптическое изображение преобразуется в сигнал изображения. Рассмотрим два варианта: черно-белая передающая телевизионная камера и цветная передающая телекамера. Для определенности договоримся, что монохромная телекамера построена на вакуумном ЭОПе типа видикон. Тогда оптическое изображение формируется на фотомишени видикона. Развертка изображения осуществляется магнитным перемещением считывающего (развертывающего) электронного луча по поверхности фотомишени (с обратной стороны оптического изображения). Растр образуется за счет формирования магнитного поля, перемещающего электронный луч по горизонтали и вертикали с помощью специальной отклоняющей системы. Нужная форма магнитного поля обеспечивается генераторами развертки, формирующими электрические токи развертки в отклоняющей системе. Линейная развертка требует создания линейно-изменяющихся отклоняющих магнитных полей по вертикали (строчная развертка) и горизонтали (кадровая развертка).

Генераторы токов развертки входят в состав передающей телекамеры и размещаются в ее корпусе. Синхронность и синфазность работы генераторов развертки, а также синхронизация внешних устройств осуществляется специальным генератором синхросигналов, смонтированным в телекамере. Генератор обеспечивает синхронизацию разверток, выдает гасящие строчные и кадровые сигналы, устраняющие вредное влияние обратного хода электронного луча по строкам и кадрам и генерирует синхросигналы внешней синхронизации.

Сигнал изображения, считанный с выхода сигнальной пластины видикона, поступает на вход усилителя сигнала изображения. Этот усилитель

обеспечивает усиление сигнала изображения во всей полосе его частотных составляющих, а также обеспечивает шумовую и апертурную коррекцию сигнала. Шумовая коррекция позволяет снизить уровень паразитных шумов видеокон, обеспечивая лучшее соотношение полезного сигнала изображения к уровню тепловых шумов. Апертурная коррекция исправляет погрешности преобразования оптического изображения в электрический сигнал, связанные с формой и размерами считывающей апертуры электронного луча.

В сигнал изображения в усилителе вводятся гасящие сигналы по строкам и кадрам, уровень которых – уровень черного – фиксируется специальными устройствами на заданном уровне. Полученный сигнал называется телевизионным сигналом. Стандартный уровень телевизионного сигнала равен 1в на выходе телекамеры. В этот телевизионный сигнал вводятся сигналы синхронизации по строкам и кадрам, которые представляют собой электрические импульсы, размещенные на сигналах гашения. Эти импульсы находятся как бы в зоне «чернее черного» и никогда не могут быть спутаны с сигналом изображения. Полученный полный телевизионный сигнал является выходным сигналом черно-белой передающей телекамеры.

Получение электронного луча заданной апертуры обеспечивается специальной системой магнитной фокусировки луча. Питание всех устройств телекамеры обеспечивается специальной системой источников электрических напряжений заданной величины.

Цветная передающая камера в принципе устроена аналогично и содержит все перечисленные узлы черно-белой камеры. Но необходимость получения цветоделенных изображений и их преобразование в цветовые сигналы вносит в ее состав целый комплекс новых элементов. Камера в принципе является трехканальной.

Принципиально новым узлом цветной камеры является устройство цветоделения. Оно представляет собой оптический блок, собранный из специальных оптических призм, грани которых покрыты специальными пленками с заданными интерференционными свойствами.

Рассмотрим работу устройства цветоделения. Световой поток оптического изображения поступает через регулирующий интенсивность потока серый оптический клин на призму, на внутренней грани которой нанесено интерференционное покрытие, отражающее «синюю» часть полноцветного изображения. Претерпев внутри призмы полное внутреннее отражение от ее второй грани, «синее» цветоделенное изображение «выходит» из призмы и фокусируется на ЭОП синего канала. «Красная» составляющая изображения, пройдя первую призму, на интерференционном

покрытии второй призмы отражается вовнутрь и, отразившись от ее второй грани, выходит и фокусируется на ЭОПе красного канала. «Зеленая» составляющая изображения проходит обе призмы без отражения и фокусируется на ЭОПе зеленого канала.

Допустим для примера, что в качестве ЭОП используется полноформатная ПЗС матрица (напомним, ПЗС – приборы с зарядовой связью), тогда цветоделенный канал такой цветной передающей камеры может быть построен следующим образом (каналы для цветоделенных изображений В и R строятся аналогично).

Работа канала осуществляется следующим образом: на секцию накопления матрицы ПЗС проектируется оптическое изображение передаваемого объекта. Распределение освещенностей преобразуется секцией накопления в поверхностное распределение фотогенерированных неосновных носителей заряда – потенциальный рельеф. За время кадрового гасящего импульса все поле зарядов (потенциальный рельеф) перемещается через затвор в соответствующие зоны хранения, которые экранированы секцией накопления от светового потока. Эти зоны хранения образуют зону памяти матрицы. В течение следующего периода накопления (прямого хода по кадру) во время прохождения строчных гасящих импульсов заряды построчно сдвигаются из секции памяти к выходному регистру сдвига. В регистре во время активной части строки заряды перемещаются к выходному устройству. Таким образом, на выходе матрицы ПЗС образуется телевизионный сигнал в виде поэлементной последовательности импульсов различной величины, пропорциональной освещенности, создаваемой проецируемым изображением на секции накопления.

Развертка изображения в данном случае состоит в перемещении зарядов в матрице ПЗС. Перемещение зарядов производится тактовыми импульсами синхронизатора, которые управляют формирователями импульсов секции накопления (ФИН), памяти (ФИП) и выходного сдвигового регистра (ФИБ). Очевидно, в данном случае отсутствуют электронный коммутирующий луч и все сопутствующие ему устройства.

Все остальные каскады передающей телевизионной камеры идентичны предыдущему случаю.

### Тема 3. Характеристики передающих камер, которые должны учитываться журналистами в практической работе

В первую очередь это:

- светочувствительность;
- возможность ручной регулировки параметров камеры (перевод в нестандартный режим работы);
- возможность использовать различную оптику, в том числе вариообъектив;
- возможность записи звука на встроенный (пушка) и выносной микрофоны;
- наличие накамерного света; возможность работы со штатива и с рук.

Но, ссылаясь на мнение Г.В. Кузнецова, заметим, что журналист с камерой только тогда сможет достичь высот в своей профессии, когда осознанно будет опираться на опыт предшественников, возможно, на пути к «видеоправде» будущего.

## **Раздел 7. Системы монохромного и цветного изображения. Типология и сравнительный анализ**

### Тема 1. Формирование полного телевизионного сигнала

Сигнал изображения с замешанным в него сигналом гашения обратного хода по строкам и кадрам называется телевизионным сигналом. Использование развертки в телевидении требует жесткой принудительной синхронизации всех процессов, происходящих в системе, как при анализе, так и при восстановлении (синтезе) изображений. Принудительная синхронизация осуществляется специальными синхронизирующими сигналами по строкам и кадрам, которые должны передаваться в составе телевизионного сигнала. Телевизионный сигнал с внедренными в него сигналами синхронизации называется полным телевизионным сигналом. Сигналы синхронизации представляют собой короткие электрические импульсы, размещаемые на вершине импульсов гашения обратного хода таким образом, что находятся по отношению к сигналу изображения в области «чернее черного». В эту область ни при каких обстоятельствах не могут попасть сигналы изображения, так как их максимальное значение фиксируется на уровне «черного». Это обеспечивает надежность синхронизации и простую селекцию сигналов синхронизации из полного телевизионного сигнала их разделением по амплитуде.

При чересстрочной развертке сигнал синхронизации имеет более сложный состав, чем при прогрессивной развертке. Это необходимо для правильного расположения полей (полукадров) изображения. Сигнал синхронизации определяет момент начала обратного хода по строкам и кадрам. Переходные процессы, которые возникают в электрических цепях телевизионных устройств, приходится на время гашения сигнала и не воспроизводятся на экранах телевизоров. При чересстрочной развертке первое поле изображения заканчивается в середине последней строки полукадра, и импульсы гашения обратного хода по кадру смещаются на полстроки. Для устранения срывов синхронизации в момент прохождения кадрового синхронизирующего импульса в сигнал синхронизации по кадрам вводят врезки с удвоенной строчной частотой, а перед кадровым синхроимпульсом размещаются так называемые уравнивающие импульсы двойной строчной частоты. Это позволяет повысить надежность синхронизации при чересстрочной развертке. Нарушение чересстрочной синхронизации может привести к «слипанию» строк полукадров и к снижению вдвое вертикальной четкости изображения.

## Тема 2. Вещательные системы черно-белого и цветного изображений

В настоящее время монохромные вещательные системы в телевидении практически не используются. Поэтому мы только упомянем стандарты черно-белого вещательного телевидения, принятые в различных странах.

Основными системами вещательного телевидения сегодня являются совместимые системы цветного телевидения стандартной четкости. Исходя из трехкомпонентности цветного зрения, цветная телесистема может строиться трехканальной параллельного или последовательного типа.

В последовательной системе формируются три цветоделенных изображения основных цветов цветового синтеза последовательно в течение одного кадра передаваемого изображения. При этом частота кадров определяется шагом цветоделенных субкадров и увеличивается в 3 раза в сравнении с черно-белой. Естественно, при этом верхняя частота спектра сигнала изображения также увеличивается в 3 раза:

$$f_{\text{верхцв}} = 3 f_{\text{верхч/б}}.$$

Для передачи типового цветного сигнала требуется утроенная полоса частот канала связи.

В параллельной системе создаются три самостоятельных цветоделенных канала, каждый из которых соответствует яркостному каналу черно-белого телевидения. Общая полоса частот, необходимая для передачи полноцветного изображения, также утраивается.

Как первая, так и вторая системы не совместимы с действующими системами монохромного телевидения.

В данном случае под совместимостью систем черно-белого и цветного телевидения будем понимать возможность приема сигнала цветной телесистемы на приемники монохромного изображения в черно-белом виде и воспроизведение в монохромном изображении на экранах цветных телевизоров программ черно-белых телецентров. Это условие выработывалось в то время, когда удельный вес черно-белого вещания был весьма значительным.

Все действующие системы цветного телевидения являются совместимыми.

Рассмотрим принципы построения совместимых систем.

1. В первых лекциях мы уже говорили о точности воспроизведения в репродукциях цветовых и яркостных параметров оригинала. В соответствии с теорией дубликационного воспроизведения Н.Д. Ньюберга практически возможной точностью воспроизведения оригинала является психологическая

точность. В телевидении нужно учитывать то, что цветное телеизображение имеет меньшие размеры деталей, чем в оригинале, ограничено кадровой рамкой, и яркость фона существенно меньше яркости изображения. В этих условиях важную роль играет адаптация зрения и относительность зрительных оценок. Это позволяет воспроизводить на экране лишь соотношение яркостей и цветов элементов изображения.

С учетом сказанного, в телевидении используются понятия колориметрической тождественности репродукции и оригинала. Это сводится к двум условиям:

- цветность каждого элемента изображения не должна отличаться от цветности элемента оригинала;

- отношение яркостей соответствующих элементов изображения и оригинала должно быть постоянным для всех цветов.

Конечно, это выполняется только в пределах цветового охвата воспроизводящего устройства. Поэтому важно, чтобы правильно воспроизводились (психологически точно) цвета знакомых объектов: кожи, листьев, белых поверхностей и т.д.

Идеология цветной телесистемы предполагает, что на передающей стороне имеются три цветоанализирующих устройства, формирующих три цветоделенных сигнала изображения в основных цветах зрения R, G, B. На приемной стороне должны воспроизводиться также три цветоделенные картинки, воссоздающие полноцветное изображение. Основные цвета воспроизведения на приемной стороне определяются спектральными характеристиками люминофоров и могут не совпадать с основными цветами анализа на передающей стороне. Поэтому необходимо осуществлять специальную коррекцию цветоделенных сигналов, обеспечивая согласование основных цветов анализа и синтеза изображений. Это осуществляется специальными цветокорректорами.

2. Черно-белые системы воспроизводят только яркостную составляющую изображения объекта передачи. В цветных системах информацию о цветности и яркости несут три цветоделенных сигнала UR, UB и UG. Для совместимости систем необходимо, чтобы в цветном телевизионном сигнале присутствовал и сигнал яркости UY. Этот сигнал может быть получен суммированием трех цветоделенных сигналов с коэффициентами, учитывающими видимую яркость основных цветов. Эти коэффициенты получаются из стандартной кривой видности зрения человека:

$$UY = 0,3 UR + 0,59 UG + 0,11 UB.$$



В этом случае сигнал совместимой цветной системы может состоять из трех составляющих  $UY$ ,  $UR$  и  $UB$ , цветоделенный сигнал  $UG$  получается вычитанием из яркостного сигнала  $UY$  двух цветоделенных сигналов

$$UG = UY - UB - UR.$$

3. Формально все три сигнала  $UY$ ,  $UR$  и  $UB$  должны передаваться в полной полосе частот, т.е. с максимальной четкостью. Но цветовая разрешающая способность человека имеет ряд особенностей:

- объекты, близкие по размерам разрешающей способности глаза воспринимаются нами как черно-белые. А именно они определяют четкость изображения;

- цветовые пороги цветоощущения так же различны для разных цветов. Максимальная цветовая чувствительность у нормальных трихроматов соответствует области желто-зеленых цветов, а минимальная – сине-зеленым цветам.

Поэтому цветоделенные сигналы  $UR$  и  $UB$  нет необходимости передавать в полной полосе частот телевизионного сигнала. Сигнал яркости  $UY$  передается в полосе частот, определяемой формулой для  $f_{\text{верх}}$ , для отечественного стандарта это 6,5 МГц. Сигналы цветности  $UR$  и  $UB$  могут передаваться в полосе частот в 4 раза меньшей  $1,6 \div 1,5$  МГц.

Таким образом, общая полоса частот, занимаемая сигналом цветного телевидения, составляет около 9,0 МГц. Но это не удовлетворяет условиям совместимости систем.

4. Цветоделенные сигналы  $UR$  и  $UB$ , кроме информации о цветности, содержат и яркостную составляющую окрашенных деталей передаваемого изображения. Для исключения этой избыточной информации, которая и так содержится в сигнале яркости  $UY$ , переходят от цветоделенных сигналов  $UR$  и  $UB$  к цветоразностным сигналам:

$$UR - Y = UR - UY; UB - Y = UB - UY.$$

Такой переход обеспечивает:

- получение нулевых или минимальных значений цветоразностных сигналов при передаче белых и серых деталей изображения или малонасыщенных цветов. Это очень важно, поскольку уменьшает заметность этих сигналов на экранах черно-белых телевизоров. Дело в том, что в совместимых системах приходится все сигналы – и яркости, и цветности – передавать в одном телевизионном канале. В этом случае цветовые составляющие сигнала совместимой телевизионной системы неизбежно в черно-белых приемниках будут опознаваться как составляющие яркостного сигнала и воспроизводиться на экране как мешающее изображение.

Уменьшение их амплитуды будет благотворно сказываться на качестве черно-белого изображения;

- восстановление исходных цветоделенных оригиналов из цветоразностных достигается их суммированием с яркостным оригиналом, при этом автоматически восстанавливается полная полоса частот исходного цветоделенного сигнала.

Сокращение полосы частот поэтому производится именно для цветоразностных сигналов.

5. Для окончательной реализации совместимости производится уплотнение спектра сигнала яркости цветоразностными сигналами. Идея состоит в размещении цветоразностных сигналов внутри сигнала яркости. Это возможно, поскольку спектры этих сигналов идентичны в силу того, что формируются из одних и тех же исходных сигналов основных цветов. Спектры этих сигналов имеют гребенчатый характер, что определяется квазипериодическими свойствами телевизионного сигнала. В этом случае цветоразностные сигналы могут быть размещены между спектральными составляющими сигнала яркости. Размещение этих уплотняющих сигналов возможно только в высокочастотной части спектра сигнала яркости, в котором сосредоточена информация о мелких деталях изображения. Помехи, которые неизбежно будут возникать при совмещении сигналов, будут поражать мелкие детали изображения, искажения которых визуально почти не воспринимаются. Но при этом накладываются серьезные ограничения на ширину спектра цветоразностных сигналов.

Перенос цветоразностных сигналов в высокочастотную часть спектра осуществляется их гетеродинированием. Используется вспомогательная частота, так называемая поднесущая. Величина ее выбирается равной нечетной гармонике строчной частоты. В этом случае она размещается точно между зонами концентрации энергии яркостного сигнала. Модулируя ее цветоразностными сигналами, возможно расположить эти сигналы смежно с компонентами сигнала яркости.

Таким образом, построение совместимой системы цветного телевидения основано:

- на формировании трех цветоделенных сигналов основных цветов анализа изображения;
- на формировании сигнала яркости в составе цветного сигнала изображения и отказе от передачи одного из цветоделенных сигналов;
- на UG. Тогда передается триада сигналов: UY, UB, UR;
- на замене цветоделенных сигналов UB и UR на цветоразностные, в которых минимизирована яркостная составляющая – UR—Y, UB—Y;

- на уплотнении спектра сигнала яркости цветоразностными сигналами и переход к передаче одного сложного сигнала цветного телевидения, так называемого композитного сигнала цветного телевидения.

Сигналы изображения в основных цветах, т.е. цветоделенные сигналы, называют компонентным сигналом цветного телевидения.

### Тема 3. Структурная схема совместимой системы цветного телевидения

Сигналы трех первичных цветов передачи поступают в кодирующее устройство КУ. Кодирующее устройство формирует полный цветной телевизионный сигнал: ПЦТВС, передаваемый через канал связи с полосой частот, не превышающей полосу частот сигнала яркости.

ПЦТВС содержит:

- сигнал яркости в полной полосе частот  $UY$ ;
- сигналы цветоразностные  $UR-Y$  и  $UB-Y$ , в сокращенной полосе частот, путем модуляции одной или двух поднесущих частот, размещенных в верхней части спектра яркостного сигнала. Сигнал, перенесенный на поднесущую частоту, называют сигналом цветности;
- сигналы синхронизации по строкам и кадрам разверток приемных устройств;
- сигнал цветовой синхронизации, обеспечивающий правильное декодирование сигнала цветности;
- сигналы гашения обратного кода по строкам и кадрам;
- ДКУ – декодирующее устройство.

После передачи по каналу связи одним из возможных способов, ПЦТВС декодируется в ДКУ в первичные цвета передачи  $UY$ ,  $UB-Y$ ,  $UR-Y$ .

-  $M2$  – декодирующая матрица, восстанавливающая из сигналов  $UR-Y$  и  $UB-Y$  третий цветоразностный сигнал  $UG-Y$ .

-  $M3$  – матрица восстановления цветоделенных сигналов  $UG$ ,  $UB$  и  $UR$ .

Операция состоит в сложении цветоразностных сигналов с сигналом яркости.

Эти процедуры являются типовыми для всех существующих совместимых систем цветного телевидения.

# Содержание дисциплины «Телевизионная и видеотехника»

## 8-й семестр

### Раздел 8. Совместимые системы ЦТ

#### Тема 1. Система цветного телевидения NTSC

Разработана в США в 1950—1953 гг. под руководством В.К. Зворыкина и Д. Мортонна.

В качестве сигналов изображения в системе NTSC передаются один яркостный и два цветоразностных сигнала, как в любой совместимой системе цветного телевидения. Особенностью этой системы является передача двух цветоразностных сигналов на одной поднесущей частоте одновременно.

Это возможно при использовании метода квадратурной амплитудной модуляции. Строго говоря, в NTSC используется не просто амплитудная, а балансная амплитудная модуляция с частично подавленной поднесущей и одной из боковых полос. Этим достигается более эффективное устранение заметности цветowych сигналов на экранах черно-белых телевизоров.

Квадратурная амплитудная модуляция состоит в следующем: одним из цветоразностных сигналов модулируется поднесущая частота

$$U_1(f) = U_{1\max} \sin(2\pi f_{\text{подт}} + \ell 0).$$

Вторым сигналом модулируется колебание  $U_2(f) = U_{2\max} \cos(2\pi f_{\text{подт}} + \ell 0)$ .

Эти два колебания находятся в квадратуре, т.е. векторы этих колебаний взаимно ортогональны.

Тогда сигнал UR-Y во всех случаях будет проектироваться на сигнал UB-Y «в ноль». Сигнал UB-Y проектируется на UR-Y также «в ноль». То есть сигналы в любой момент времени линейно независимы. Такой прием позволяет осуществлять одновременную передачу трех первичных сигналов передачи.

Проблемы возникают, если нарушается ортогональность модулируемых колебаний. При сдвиге их фаз на  $5 \div 6^\circ$  наблюдается сильное взаимное влияние цветowych каналов и возникают цветowe искажения.

Декодирование сигналов осуществляется специальными фазовыми детекторами, каждый из которых имеет заданную фазу канала. Установка начальных фаз опорных колебаний фазовых детекторов производится принудительно специальным сигналом цветовой синхронизации – «цветовой вспышкой» — пакетом колебаний поднесущей частоты, передаваемым каждую строку вместе со строчным импульсом синхронизации.

В качестве сигналов цветности в системе NTSC используются не цветоразностные сигналы UR-Y и UB-Y, а специальные сигналы UJ и UQ, получаемые из UR-Y и UB-Y их линейным преобразованием. Это сделано в связи с тем, что ширина частного спектра яркостного сигнала в системе NTSC недостаточна для размещения в ее высокочастотной части равнополосных сигналов цветности, что приводит к цветовым искажениям. Экспериментально было установлено, что поворот оси новой системы координат цветовых сигналов на  $33^\circ$  относительно оси UR-Y, позволяет найти компромисс, удовлетворяющий требованиям цветовой четкости и необходимой ширины спектра. Сигналы цветности в новой системе координат получили названия UJ и UQ. Система NTSC, несмотря на то что была разработана в конце 40-х годов прошлого века, является весьма удачной системой, сохраняя высокую конкурентоспособность с другими системами и даже превосходя их по ряду показателей.

К несомненным достоинствам системы можно отнести:

- прекрасную совместимость системами черно-белого телевидения, за счет жесткой привязки спектров цветоразностных сигналов к спектру сигнала яркости. Это достигается правильным выбором значения поднесущей частоты и ее согласования с частотой развертки изображения;

- возможность применения гребенчатых фильтров для разделения спектров яркостного и цветового каналов;

- высокую помехоустойчивость цветового канала к флуктуационным помехам, благодаря использованию для выделения цветоразностных сигналов фазового детектирования;

- удачный выбор сигналов цветности J и Q, позволяет эффективно использовать канал передачи сигнала при хорошей цветовой четкости;

- возможность обработки полного телевизионного сигнала (композитного), поскольку изменение уровня композитного сигнала обеспечивает обязательно одинаковое изменение как сигнала яркости, так и сигналов цветности. Это чрезвычайно важное свойство NTSC позволяет значительно упростить оборудование телевизионных центров;

- сравнительную простоту приемных устройств.

Но системе NTSC присущи и весьма существенные недостатки, которые определили выбор европейцами других совместимых систем цветного телевидения. К ним относится высокая чувствительность системы к искажениям сигнала типа дифференциальное усиление и фаза. Они возникают в трактах обработки и передачи композитного сигнала из-за различного усиления и различия фазовых характеристик аппаратуры в разных участках частотного спектра композитного сигнала.

Дифференциальные искажения амплитуды сигнала приводят к изменению насыщенности на светлых и темных местах изображения. Поскольку они возможны в пределах одной строки изображения, то устранить их всякого рода автоматическими регулировками в приемных устройствах не удастся.

Дифференциально-фазовые искажения вызывают изменения цветового тона в зависимости от яркости изображения. На узнаваемых цветах, например на лице, они особенно заметны. Так, лицо может на свету приобретать зеленоватый оттенок, а в тени становится красноватым.

Требования к дифференциальным ошибкам усиления и фазы довольно жесткие. Так, для дифференциальной фазы они должны составлять не более  $4\div 5^\circ$ , а по амплитуде – не более 12%.

## Тема 2. Совместимая система цветного телевидения «Sécam»

Предложена во Франции А. де Франсом в пятидесятых годах прошлого века, к 1966 г. доработана совместно со специалистами СССР и принята как система цветного вещания в СССР и Франции в варианте Sécam IIIб 1 октября 1967 г.

Идеология системы аналогична системе NTSC. Принципиальное различие систем заключается в выборе метода уплотнения канала яркости.

В системе Sécam для передачи сигналов цветности используется не балансная квадратурная модификация поднесущей, а частотная модуляция.

При частотной модуляции спектр модулированного сигнала непрерывный, имеющий распределение энергии сигнала во всей полосе девиации (изменения частоты). Это исключает возможность перемежения спектров яркостного и цветоразностных сигналов. Поэтому в Sécam может передаваться совместно с яркостным сигналом только один из двух цветоразностных сигналов. В самом деле, даже в широкополосном яркостном канале с полосой 6,5 МГц разместить одновременно два частотно модулированных сигнала цвета не представляется возможным, так как один из них попадает в зону средних деталей изображения.

Поэтому в Sécam принята последовательная передача цветоразностных сигналов через строку раstra. Пусть в первой строке поля передается цветоразностный сигнал UR-Y, тогда во второй строке – UB-Y, затем – UR-Y и т.д. Следовательно, в каждый момент времени имеется только два сигнала: цветоразностный и яркостный.

Мы уже говорили, что в соседних строках кадра изображение практически не изменяется. Сигнал изображения двух соседних строк

практически идентичен. В системе Sécam для получения второго сигнала цветности используется задержка сигнала предыдущей строки. Тогда в каждый момент времени присутствуют  $U_y$ ,  $U_{\text{цвет } k}$ ,  $U_{\text{цвет } k-1}$ , где  $U_{\text{цвет } k}$  – сигнал цветности текущей строки,  $U_{\text{цвет } k-1}$  – сигнал цветности предыдущей строки.

Чтобы реализовать принцип последовательной передачи в передающем устройстве, устанавливается коммутатор сигнала цветности, переключающий цветоразностные сигналы на вход частотного модулятора. Частота коммуникации равна  $f_{\text{стр}}/2$ . В приемном устройстве также необходим аналогичный коммутатор, работающий синхронно с коммутатором передающей стороны. Для запоминания значения сигнала предыдущей строки необходимо динамическое запоминающее устройство на длительность строки изображения.

Поскольку может возникнуть ситуация несфазированной работы коммутаторов передающей и приемной сторон, необходима специальная система цветовой синхронизации – система опознавания, устанавливающая правильное чередование цветов. Для этого в каждой строке передается специальный сигнал опознавания цвета.

Таким образом, в телеприемнике один из недостающих сигналов цветности заменяется сигналом цвета от предыдущей строки и цветовая информация о деталях изображения двух смежных строк усредняется и видимая цветовая четкость снижается в 2 раза. Это совершенно некритично, поскольку горизонтальная цветовая четкость NTSC и Sécam ниже в 3–4 раза, поскольку полоса частот цветоразностных сигналов снижается до 1,5 МГц.

Но в системе Sécam могут возникать ситуации, когда цветовые искажения, вызванные последовательной передачей цветов, становятся заметными.

Помехоустойчивость цветового канала Sécam зависит от индекса модуляции поднесущей. Максимальное значение отклонения частоты для красного сигнала ниже почти на 30%, чем для синего. Это определяется соотношением составляющих основных цветов в полноцветных изображениях. Поэтому в Sécam переходят к цветовым сигналам:

$D'R = -1,9 U_{R-Y}$  и  $D'B = 1,5 U_{B-Y}$ , которые выравнивают максимальные значения девиации частот при модуляции. Проблема состоит в том, что в Sécam нельзя выбирать величину индекса девиации более 0,2 (напомним, что индекс модуляции: отношение максимального изменения частоты при модуляции к значению верхней частоты сигнала). Такой индекс модуляции не может реализовать потенциальной помехоустойчивости канала цветности. Поэтому в системе Sécam приняты дополнительные меры

улучшения помехоустойчивости за счет специального изменения спектра цветных сигналов до модуляции (предыскажения) и их последующего восстановления на приемной стороне. Такая коррекция улучшает помехоустойчивость цветного канала к флуктуационным (шумовым) помехам. Для повышения эффективности такой коррекции для передачи цветоразностных сигналов выбраны две различные поднесущие частоты:  $f_R = 4406,25 \text{ КГц}$  (282 fct) и  $f_B = 4250 \text{ КГц}$  (272 fctr).

Основные достоинства системы Sécam определяются последовательной передачей цветоразностных сигналов и использованием частотной модуляции при уплотнении спектра яркостного канала. Поэтому искажения типа «дифференциальная фаза» и «дифференциальное усиление», столь критичные для NTSC, для нее несущественны. Фазовые сдвиги могут превышать предельные для NTSC  $10 \div 12^\circ$  в несколько раз.

Частотная модуляция, принятая в Sécam, делает ее гораздо менее зависимой от уменьшений уровня сигнала цветности, вызываемого неравномерностью амплитудно-частотных характеристик каналов связи и неравномерности скорости протяжки видеоленты в магнитофонах при видеозаписи.

Но эти преимущества системы Sécam проявляются при достаточно высоком отношении телевизионного сигнала к уровню шумов (не менее 18 дБ). Кроме того, частотная модуляция цветных сигналов принципиально ухудшает ее совместимость с черно-белыми системами. Вертикальная цветовая четкость в Sécam также ниже, чем в NTSC, особенно при передаче изображений, имеющих резкие горизонтальные цветовые границы. В приемных устройствах приходится принимать специальные меры для увеличения стабильности настройки частотных детекторов цветных каналов и постоянства длительности задержки видеосигнала в устройствах памяти.

И наконец, аппаратура телецентра должна строиться по компонентной схеме, так как сам принцип последовательной передачи цветов исключает возможность обработки сигналов в композитной форме. Это удорожает и усложняет оборудование телецентров.

Но в принципе, несмотря на эти недостатки, система Sécam в нормальных условиях приема сигнала телецентра обеспечивает весьма высокое качество изображения, не уступающее системам NTSC и PAL.

### Тема 3. Система цветного телевидения PAL

Система PAL разработана фирмой «Телефункен» в 1966 г. и принята в 1972 г. в качестве стандарта в большинстве стран Европы. В настоящее время



это самый распространенный стандарт совместимой системы цветного телевидения.

Хотя система PAL создавалась как альтернатива NTSC, в принципе она является ее модернизацией. Основные отличия состоят в следующем:

- фаза одной из квадратурных составляющих сигнала цветности меняется от строки к строке на противоположную (на  $180^\circ$ ). Это позволило снизить чувствительность к дифференциальным фазовым искажениям в 5 раз;

- введение в приемные устройства линии задержки на строку позволило осуществить электрическую компенсацию фазовых искажений (точнее перевод искажений цветового тона в искажение насыщенности цветов, что гораздо менее критично) и получить надежную систему декодирования цветных сигналов.

Поэтому PAL обладает теми же достоинствами, что и NTSC: хорошая совместимость, эффективное разделение сигналов яркости и цветности, высокая помехоустойчивость к шумовым помехам. Кроме того, в PAL снижена чувствительность к дифференциальным искажениям в  $8 \div 10$  раз. За это, правда, пришлось расплатиться большей сложностью приемных устройств, что в принципе было оправдано.

Надо сказать, что в настоящее время часто телецентры строятся по схеме PAL и только на выходе сигнал PAL транскодируется в сигнал Sécam. Это позволяет удешевить и упростить технический комплекс телецентра, повысить надежность его работы.

## **Раздел 9. Технические средства формирования телевизионного сигнала. Состояние, тенденции развития**

### Тема 1. Технические средства формирования телевизионного сигнала и его распределения между потребителями

Телевизионная камера, работающая в студии, выдает сигнал яркости, если это черно-белое телевидение, или яркостной сигнал и цветоделенные сигналы – для цветного телевидения.

Эти сигналы по кабелям поступают в техническую аппаратную телестудии. В аппаратной находится оборудование для усиления, синхронизации и окончательного формирования полного цветного телевизионного сигнала.

В зависимости от вида используемого ЭОПа в передающей телекамере осуществляется необходимая коррекция сигнала изображения.

Цветоделенные сигналы поступают на обработку в цветокорректор. В цветокорректоре приводятся в соответствие спектральные характеристики камеры с кривыми смещения основных цветов приемников. Цветовые сигналы, также как и яркостной сигнал, подвергаются гамма-коррекции. Гамма-коррекция позволяет выровнять контрастные характеристики телеканала «от света до света». Этой коррекции подлежат цветоделенные сигналы UR, UB и UG, которые поступают с выхода цветокорректора. Полученные цветодельные сигналы поступают на выходные усилители, в которых в них замешиваются гасящие импульсы приемных телевизионных трубок и производится их ограничение на заданном уровне гашения.

Все эти операции производятся в устройстве, получившем название камерный канал.

Каждая телевизионная камера студийного типа имеет отдельный камерный канал. В технической аппаратной также размещаются устройства, генерирующие сигналы синхронизации и гашения обратного хода и вспомогательные сигналы синхронизации различных устройств телецентра. Эти устройства получили название синхрогенераторов. Для контроля телевизионных сигналов и изображений техническая аппаратная снабжается контрольно-измерительной аппаратурой и видеоконтрольными устройствами – ВКУ. Синхронизатор технической аппаратной может работать автономно и в ведомом режиме, т.е. под управлением извне, от другого синхрогенератора.

Таким образом, техническая аппаратная содержит комплекс телевизионных устройств, обеспечивающих формирование телевизионного

сигнала из сигналов источников программы (в первую очередь – передающих камер телестудии).

При рассмотрении этих вопросов мы не касались формы представления сигнала: аналоговый или цифровой сигналы обрабатываются в технической аппаратной. По существу это не принципиально, так как алгоритм обработки сигнала изображения идентичен в обоих случаях, а реализация процессов различна. В аналоговом оборудовании все операции производятся в реальном масштабе времени, путем воздействия на нужные параметры непрерывного электрического сигнала, с помощью определенных настроек электрических цепей (активных и пассивных) телевизионного оборудования. В этом случае вся обработка носит аппаратный характер.

В цифровых системах обработка сигнала может производиться двояко: программно и аппаратно.

Программная обработка сигнала предполагает гибкую систему математического пересчета значений телевизионного сигнала в соответствии с выбранной программой и заданными значениями параметров обработки. Эти параметры могут изменяться при необходимости.

Аппаратная обработка также пересчет характеристик телевизионного сигнала, но выполняемый по жесткой программе, «зашитой» в устройство обработки. Конечно, и она может иметь несколько вариантов, но они заданы и неизменны.

Телевизионное цифровое оборудование может работать как с параллельными, так и с последовательными кодами. В современном оборудовании в основном используется код SDI.

В зависимости от быстродействия оборудования цифровая обработка может проводиться в реальном масштабе времени, либо с задержкой. Некоторые виды обсчета телевизионных изображений при создании сложных комбинированных кадров, введении спецэффектов, не всегда могут быть выполнены в реальном масштабе времени, и поэтому используются только в телепрограммах, производимых в записи. Современная вычислительная техника позволяет почти все операции обработки осуществлять в реальном времени.

Совместно с технической аппаратной работают аппаратные режиссеры: видеорежиссера и звукорежиссера. В классической схеме эти аппаратные комплектуются отдельно. В настоящее время режиссерские аппаратные не только объединяются, но и совмещаются с технической аппаратной в один комплекс: студию аппаратную. В этой аппаратной, помимо уже названного оборудования технического комплекса, устанавливаются пульта видео- и звукорежиссеров, стеллажи с

видеоконтрольными устройствами, позволяющими контролировать и все входящие в аппаратную сигналы и выходной сигнал данной студии.

Сигналы с камерных каналов (камерных трактов) поступают на входы пульта видеорежиссера, в котором возможно осуществлять выбор нужного источника изображения и выдавать его на выход пульта, а также создавать сложные изображения, используя стандартные наборы спецэффектов, предусмотренные в конструкции пульта. К ним, как правило, относится аппаратура спец- и видеоэффектов, генераторы сигналов различных заставок, знакогенераторы формирования титров, системы электронной рирпроекции.

Блок спецэффектов входит в состав сигнальных трактов всех аппаратно-студийных блоков (АСБ). Возможности этих устройств различны.

В простейшем случае они позволяют получать комбинированные кадры, состоящие из двух разносюжетных изображений, разделенных в кадре трансформируемой границей. Эти границы задаются вручную или автоматически. Это могут быть прямоугольные, круглые, ромбические и тому подобные фигуры, в пределах которых одно изображение может включаться в другое.

Блоки видеоэффектов строятся как цифровые устройства. В аналоговых аппаратных в этом случае сигнал переводится в цифровую форму, а затем обрабатывается алгоритмом спецэффектов и снова переводится в аналог. Генераторы спецэффектов позволяют создавать:

- стоп-кадр (остановленное изображение);
- электронное масштабирование изображений;
- «развороты» изображения;
- «разложение» изображения;
- формирование «бесконечного» ряда первичного изображения;
- разбиение изображения на части и их перемещение по кадру;
- формирование полиэкранных изображений.

В настоящее время оборудование аппаратных в принципе строится как цифровые системы, и телевизионные сигналы, формируемые в АСБ, также имеют цифровую форму. Наиболее употребительным является сигнал SDi, представляющий собой последовательный цифровой поток видео- и звуковых данных.

Переход на цифровые форматы и, соответственно, на цифровую технику обработки телевизионного сигнала в значительной степени унифицирует техническое оборудование аппаратных телецентра. Основой оборудования становится специализированный компьютер, обеспечивающий хранение, обработку, форматирование видео- и звуковых данных в аппаратных. Эти вычислительные системы комплектуются специальными

аппаратными интерфейсами, обеспечивающими прием аналоговых сигналов и их преобразование в цифровую форму, сопряжение аналоговых устройств визуального контроля изображений с цифровыми выходами системы.

В составе телевизионного центра, как правило, имеется несколько источников формирования телевизионного сигнала отдельных фрагментов телепрограмм. К ним относятся другие аппаратно-студийные блоки, аппаратные видеозаписи и воспроизведения, аппаратные внестудийных источников программ: передвижные телевизионные станции, спутниковые, кабельные и радиорелейные линии получения внестудийных программ и т.п.

Распределение и коммутация сигналов всех источников программ между потребителями, как на производственные нужды, так и для выдачи сигнала готовой программы на телевизионную радиостанцию или в линию связи с другими телецентрами для обмена программами, производится через центральную аппаратную телецентра. Основой этой аппаратной являются матричные коммутаторы видео- и звуковых сигналов, которые одновременно коммутируют звук и изображение программы на требуемого потребителя. Управление этими коммутаторами осуществляется как в самой центральной аппаратной, так и из других аппаратных телевизионного центра.

Большую роль в формировании телевизионной программы играют аппаратные видеозаписи и воспроизведения видео- и звуковых сигналов. В настоящее время около 85% общего объема вещания в телевидении осуществляется в видеозаписи. Это позволяет осуществить автоматическое управление процессами подготовки и проведения вещания с помощью так называемых вещательных серверов – специальных компьютеризированных комплексов, управляющих процессами выдачи программ в эфир.

Аппаратные видеозаписи бывают двух типов:

- аппаратные видеозаписи и воспроизведения;
- аппаратные электронного монтажа, которые также могут выполнять функции аппаратной записи – воспроизведения сигналов.

Сигналы изображения и звука, которые подлежат записи или воспроизведению, в этих аппаратных поступают на матричные коммутаторы центральной аппаратной, откуда направляются потребителям.

В современных телецентрах, где используется оборудование последних поколений, видеомагнитофоны не группируются в отдельные технологические блоки, а распределяются по необходимости по аппаратным телецентрам. В цифровых системах запись сигнала для хранения, монтажа, обработки осуществляется в специальные электронные накопители, связанные с потребителями через локальную сеть передачи данных. Это позволяет строить гибкую и эффективную систему хранения и использования

видео- и звуковой информации, доступную в реальном времени всем потребителям сети. Такой подход позволяет реализовать так называемую безленточную технологию телевизионного производства.

Особую роль в формировании сигнала программ телецентра играют внестудийные источники программы. Это телевизионные журналистские комплексы (ТЖК), передвижные телевизионные станции (ПТС), передвижные видеозаписывающие станции (ПВС) и передвижные телевизионные видеозаписывающие станции (ПТВС).

ПТС по сути представляют собой АСБ, укомплектованный несколькими передающими камерами (от 3 до 6 камер), аппаратурой формирования видео- и звуковых сигналов, оборудованием монтажа и спецэффектов, в том числе аппаратурой электронной рирпроекции. Оборудование размещается, как правило, на двух транспортных устройствах и снабжается радиорелейной линией для передачи сигналов на телецентр. При проведении репортажных съемок сегодня весьма распространенные ТЖК включают в себя камкордер с дополнительным операторским оборудованием. Иногда ТЖК комплектуется малогабаритной радиолинией для оперативной передачи сигналов на телецентр или промежуточную станцию (ПТС, например).

Сигналы всех внешних источников программ в конечном итоге поступают в центральную аппаратную, откуда направляются потребителям для дальнейшей обработки и использования.

Основное требование при работе телецентра – это синхронность и синфазность всех источников видеосигналов, используемых для создания телепрограммы. Для этого на телецентре реализуется режим централизованной принудительной синхронизации оборудования всех аппаратных телевизионного комплекса. В центральной аппаратной устанавливается ведущий синхрогенератор, обеспечивающий стабильность сигналов синхронизации не хуже  $\pm 10^{-6}$ . При этом импульсы частоты строк для отечественного телевизионного стандарта должны вырабатываться с высокой точностью:  $15625 \pm 0,016$  Гц. Для синхронизации оборудования различных аппаратных телецентра создается специальный сигнал ССЦ-2, состоящий из смеси импульсов частоты 1,0 МГц и 12,5 Гц. Этот сигнал поступает в блоки, обеспечивающие ведомый режим синхрогенераторов аппаратных. Синфазность сигналов в каждой аппаратной осуществляется специальным устройством, которое корректирует задержки сигналов ССЦ-2.

Связанные с различной длиной кабельных соединений так, чтобы в центральную аппаратную все сигналы из всех АСБ приходили в одинаковой фазе.

Синхронизаторы аппаратных могут работать автономно от встроенного высокостабильного задающего генератора, в ведомом режиме синхрогенератор управляется полным цветовым телевизионным сигналом. В режиме централизованной синхрогенерации генераторы управляются сигналом ССЦ-2.

## Тема 2. Структурные схемы аппаратных телевизионного центра

Рассмотрим структурные схемы аппаратных типового телевизионного центра. За основу примем аппаратные учебного телецентра РУДН.

Студийная аппаратная АСБ построена на базе цифрового оборудования, работающего в формате SDI.

Сигналы студийных камер подаются на входы базовых станций, где осуществляются все необходимые установки и регулировки телевизионного сигнала. Базовые станции (камерные каналы) подключены к входам матричных коммутаторов цифрового SDI сигнала и композитных телевизионных сигналов. На входы этих коммутаторов поступают все входные сигналы как от синхронных источников телевизионного сигнала, установленных в АСБ (видеомагнитофоны, сервера эфирного монтажа, оборудования виртуальной студии и титровальной станции), так и от несинхронных источников сигнала вне студии. В этом случае эти сигналы предварительно обрабатываются в устройствах кадровой синхронизации, обеспечивающих их синхронизацию и фазировку с сигналами АСБ. Наличие коммутаторов позволяет гибко менять структуру аппаратной, конфигурируя ее под необходимый технологический процесс телепроизводства.

С выхода цифрового коммутатора телевизионные сигналы подаются на входы цифрового режиссерского пульта, где осуществляются необходимые операции формирования телепрограммы. Выходные сигналы пульта также поступают на входы цифрового коммутатора. Это позволяет использовать их в устройствах построения современных виртуальных и натуральных изображений при включении оборудования виртуальной студии. Все входные и выходные сигналы аппаратной контролируются на видеоконтрольных устройствах. Их переключение осуществляется коммутатором композитного сигнала. Титровальная станция позволяет вводить в изображение статические и динамические титры и логотипы. Ее сигналы также заводятся на входы матричных коммутаторов. Выходные сигналы АСБ с выходов матричных коммутаторов поступают в программную аппаратную.

Программная аппаратная обеспечивает подготовку и выпуск программы телецентра потребителю. Основой программной аппаратной также является система синхронной коммутации цифровых и композитных аналоговых сигналов и звукового сопровождения. Она построена на базе матричных коммутаторов. Все входные сигналы аппаратной заводятся на входы коммутаторов. Внешне несинхронные сигналы предварительно обрабатываются устройствами кадровой синхронизации. В состав аппаратной входит титровальная станция, позволяющая вводить титры и логотипы; ее сигналы также поступают на коммутаторы.



## **Раздел 10. Структура производящего телевизионного предприятия. Производительность телецентра**

### Тема 1. Структура производящего телевизионного предприятия

Телевизионный центр строится по модульному принципу. Модулем телецентра является аппаратно-студийный блок (АСБ). Он включает в себя съемочный павильон (телестудию) и аппаратные, в которых размещается оборудование формирования полного телевизионного сигнала и создания телевизионной программы – аппаратные видео- и звукорежиссеров. В состав АСБ включают аппаратные видеозаписи и электронного монтажа программ, просмотрные аппаратные для отсмотра фрагментов и готовых телепрограмм. Оборудование аппаратных связано между собой в единый комплекс специальными кабельными соединениями.

В составе учебного центра РУДН предусмотрено три АСБ. Каждый из них имеет свою телестудию от 16 до 64 кв. м и объединенные аппаратные, включающие аппаратуру формирования телевизионного сигнала и режиссерское оборудование. Каждый АСБ формирует собственную программу или может являться источником сигнала для другого АСБ и обеспечивать свою часть в общей телепрограмме.

Если телевизионный центр формирует две или более программ, то один из АСБ может исполнять роль выпускающего для данной программы либо создаются отдельные специализированные программные аппаратные (АПБ), каждая из которых формирует собственную программу. Они оснащаются специализированным режиссерским оборудованием, системами контроля телевизионного и звукового сигналов и аппаратурой видеозаписи.

В настоящее время производящие телецентры используют большое количество внешних источников программ: передвижные телевизионные станции (ПТС), телевизионные репортажные комплексы (ТЖК), междугородние и международные каналы связи, в том числе и космические. Телецентр может оперировать несколькими десятками источников программ. Сам телецентр может выдавать несколько различных программ. Это требует специальной системы распределения источников программ и готовых программ между потребителями. Реализуется такая возможность с помощью специализированного коммутационно-распределительного оборудования, установленного в центральной аппаратной телецентра (АЦ). Если количество коммутируемых сигналов превышает 50–60, то часть переключений переключается на коммутационно-распределительные аппаратные (КРА).

Таким образом, структура производящего телецентра имеет иерархическую структуру, системообразующим элементом которой является АСБ. Это иллюстрируется приведенной схемой.

## Тема 2. Требования к технологическим помещениям и инженерному обеспечению технологических служб

К помещениям телестудий и аппаратных предъявляются специальные требования. Помещение телестудии строится по схеме «коробка в коробке», чтобы обеспечить необходимый уровень звукоизоляции рабочего объема студии от внешней среды. Наружные и внутренние стены студии опираются на отдельные фундаменты. Такая схема снижает уровень внешних шумов до 25–30 дцБ. В зависимости от назначения студии: речевая, музыкальная или универсальная – выбирается необходимое время реверберации (ЭХО). Для речевых студий оно устанавливается 0,20 – 0,25 с., для музыкальных – 0,5 – 0,7 с., а универсальные студии допускают уровень реверберации в пределах 0,3 – 0,5 с. Необходимое время реверберации устанавливается выбором соотношения между поглощающими и отражающими поверхностями внутреннего объема телестудии. Конкретное конструктивное решение объема студии определяется требованиями архитектурной акустики и дизайнером проекта.

Иногда строятся телестудии с переменной акустикой. Необходимое время реверберации в них устанавливается выбором соотношения площадей поглощающих поверхностей, которые монтируются на поворотных конструкциях, их перемещение осуществляется вручную или за счет механического привода.

В аппаратных используется акустическая обработка, обеспечивающая комфортные условия работы персонала.

В соответствии с гигиеническими требованиями к технологическим помещениям телецентров, в студиях и аппаратных необходимо поддерживать температуру + 18... + 22° градуса и относительную влажность не более 70%.

Обеспечить такие условия очень сложно. Дело в том, что даже современные передающие телевизионные камеры требуют для своей нормальной работы освещенности 200–800 лк. Несмотря на широкое применение в системе операторского освещения телестудий так называемого «холодного» света (люминесцентные лампы), расчет установленной мощности для студии ведут, исходя из 1 кВт на 1 кв. м пола студии. При коэффициенте одновременности включения света 0,3 удельная мощность равна 0,3 кВт на 1 кв.м. При площади студии 300 кв. м – это 90 кВт

электрической или 70 кВт тепловой мощности, которые быстро «разогреют» телестудию до тропической жары. Теплоудаление и подача свежего воздуха требуют высокой кратности обмена, обеспечиваемой системой вентиляции. Реализация такой вентиляционной системы — сложная и дорогостоящая инженерная задача, поскольку помимо необходимой кратности обмена воздуха в студии, она должна обеспечивать минимально возможную скорость перемещения воздуха в помещении студии и минимально возможный (он задается) уровень шумов системы вентиляции.

Операторское освещение строится на линейке осветительных приборов различной мощности и различных диаграмм светораспределения. Это приборы рассеянного света, фокусируемые приборы и приборы направленно-рассеянного света. Мощность их выбирается от 0,1 до 10 кВт. Управление яркостью приборов осуществляется с помощью системы светорегулирования, использующей фазовый принцип изменения питающего напряжения осветительных приборов. Система операторского освещения в настоящее время — сложное автоматизированное оборудование, требующее высококвалифицированного обслуживания.

Производительность телевизионного центра определяется в минутах эфирного времени программ собственного производства. Технологический процесс производства телепрограммы можно разбить на три самостоятельных производственных этапа:

- подготовительный период;
- съемочный (производственный) период;
- заключительный, монтажно-тонировочный период.

На первом этапе осуществляется авторская сценарная работа, редакторская обработка материала, планирование производства, разработка режиссерского сценария, оборудование съемочной площадки. Эти виды работ выполняются без использования телевизионной техники и специализированных технологических помещений. Подготовительный период может быть достаточно продолжительным во времени и выполняться вне площадей телевизионного предприятия.

Съемочный период протекает на производственных площадях телецентра или на натуре, но с обязательным использованием комплекса телевизионной техники. Организация съемочного процесса требует оптимизации распределения технологического оборудования и площадей аппаратных и телестудий.

Производство каждой программы занимает часть производственных ресурсов телецентра, тем самым, исключая возможность его одновременного использования для других целей.

Технологическое время, которое необходимо затратить на производство одной минуты эфирной продукции, определяется постановочной сложностью программы, квалификацией персонала, организацией технологического процесса. На основании статистических исследований была установлена связь между эфирным и технологическим временем телевизионного производства:

$$T_{\text{тех}} = 5 - 30 T_{\text{эф.}}$$

Это значит, что на одну минуту эфирной продукции необходимо затратить от 5 до 30 минут работы технического комплекса телецентра. Для телецентра среднего уровня этот коэффициент равен примерно 20, тогда при двухсменной работе (16 часов рабочего времени) можно выпустить около 48 минут собственных программ. В действительности это намного больше из-за растянутости во времени всех производственных процессов. Надо иметь в виду, что  $k = 20$  означает среднее, урезанное значение коэффициента, который для разных программ может иметь существенный разброс.

## Раздел 11. Сети распределения ТВ сигнала

### Тема 1. Эфирное телевидение

По всему миру, в больших и малых городах существует множество телевизионных студий, выпускающих (формирующих) свои собственные передачи. Переключая каналы, мы не задумываемся, каким образом телевизор откликается на щелчок клавиши и показывает именно ту программу, тот ТВ-канал, картинку из той студии, которая нам интересна в данный момент.

Данная глава будет посвящена именно вопросам распределения и транспортировки ТВ-передач до конечного пользователя – телезрителя.

Телевизионная студия выдает два сигнала: видеоизображение и звук.

Требуется каждый из них донести до зрителя.

Передача сигналов осуществляется с помощью электро-магнитных волн, распространяющихся в различных средах — в воздухе, радиочастотном кабеле или оптическом волокне.

Стандартный ТВ-сигнал занимает полосу шириной 8 мГц. Напрямую телевизионные сигналы в эфир не излучают, поскольку его ширина от 0 до 8 мГц перекрывает диапазон длинных, средних и части коротких радиоволн, вместе взятых, кроме того, излучать и принимать подобный сигнал сложно — нет таких универсальных антенн. Также распространение волн этих диапазонов обладает значительной неравномерностью.

А вот ультракороткие волны (УКВ) по своим свойствам наиболее близки к световым лучам — распространяются прямолинейно. Поэтому прием передач возможен в пределах прямой видимости. Останкинская телебашня — антенна на крыше дома в спальном районе Москвы. Более того, возможны случаи качественного приема за пределами видимости, достигающие до 100 километров. Это объясняется тем, что УКВ распространяются, частично следуя за кривизной земной поверхности (явление дифракции). Для увеличения дальности приема передатчик располагают как можно выше.

УКВ диапазон простирается от 30 до 300 мГц. Нетрудно подсчитать, что теоретически каналов шириной 8 мГц можно поместить в эти пределы около 30 штук.

Телевизионные каналы переносят в диапазон УКВ, применяя модуляцию. Это процесс изменения какого-либо параметра несущего сигнала в соответствии с изменением параметра полезного сигнала. В нашем случае полезный сигнал — телевизионный, несущий сигнал — диапазона УКВ.

Другими словами, любая полезная информация — музыка, ТВ-сигнал и т. п. — посылается в эфир радиопередающей станцией не в явном, а как бы в зашифрованном виде. Реально антенна передатчика излучает в пространство так называемую несущую волну — периодические электромагнитные колебания с частотой, превышающей на несколько порядков среднюю частоту полезного сигнала. Передача же самого полезного сигнала производится при помощи изменений во времени некоторых параметров

несущей волны, например ее амплитуды или частоты.

При амплитудной модуляции передаваемый сигнал изменяет амплитуду несущей частоты, «рисует» ее мгновенные значения по форме своей волны (т. е. по изменению собственной амплитуды), словно по лекалу.

Частотная же модуляция характеризуется воздействием не на амплитуду, а на частоту несущей волны.

В телевидении передача сигнала изображения осуществляется с помощью амплитудной модуляции, а сигнала звукового сопровождения — с помощью частотной.

Передача телевизионных программ осуществляется с помощью УКВ-передатчиков. Усиленный во много раз телевизионный сигнал подводится к передатчику и изменяет амплитуду колебаний в его антенне в такт изменения телевизионного сигнала, обусловленными изменениями световых оттенков в передаваемом изображении — происходит амплитудная модуляция тока в антенне.

Передача звукового сопровождения телевизионной программы осуществляется через другой передатчик телецентра. В нем осуществляется частотная модуляция.

Разные виды модуляции сигналов облегчают их разделение в телевизоре. Зритель, выбирая какую «Кнопку смотреть», перенастраивает телевизор на частоту, интересующего его канала. Происходит частотная селекция каналов — из всего множества программ в эфире в данный момент просматривается одна.

Теоретически можно было несущую частоту звукового сопровождения выбрать значительно ниже несущей частоты сигнала изображения. Однако для использования одной и той же антенны на передачу (прием) телепрограммы обе частоты выбирают в одном диапазоне.

Согласно принятому в нашей стране стандарту, разность между несущими частотами передатчиков сигналов изображения и звукового сопровождения составляет 6,5 мГц. А вообще, ширина полосы частот, излучаемых обоими передатчиками равна 8 мГц — что и соответствует полосе часто одного ТВ-канала.

## Тема 2. Диапазоны эфирного ТВ вещания

Для эфирного телевидения выделено несколько поддиапазонов УКВ.

Так получилось, что первоначально стали осваивать метровые волны. Первой в Москве начала вещание программа на частоте 49,75 МГц. По мере роста числа программ ЦТ стали осваиваться и другие диапазоны: 76—100 МГц, 174—230 МГц. Пропуски в диапазонах обусловлены выделением промежутка 66—76 МГц для трансляции передач радио, для радиолюбительской связи в УКВ-диапазоне. Последним стали осваивать диапазон дециметровых волн, появилась программа Ленинградского ТВ на

33-м дециметровом канале. Каждой несущей частоте присвоен индивидуальный порядковый номер телевизионного канала с 1 по 60.

Применительно к Москве: на телецентре в Останкино расположены несколько ТВ-студий. Каждая формирует свою программу и выдает ее в эфир на своей собственной частоте. Применяется так называемое частотное мультиплексирование. Формируется групповой ТВ-сигнал, который распространяется во все стороны.

Образно говоря, в эфире присутствуют постоянно все транслируемые в данной местности программы. Антенное устройство принимает так же одновременно все эти программы. А вот уже телевизор выбирает из группового сигнала — по нашему желанию — ту частоту, на которой транслируется интересующая нас передача.

Настройка телевизора для каждой области специфична.

В соседних областях так же ведется вещание своих собственных и общегосударственных каналов. Чтобы на границе областей не происходило неразберихи из-за неоднозначности приема (две программы на одной частоте и взаимные помехи), предусмотрено разделение частот по областям и конвертация каналов — изменение несущей частоты ТВ сигнала с одной на другую. Канал ОРТ — к примеру — в Москве занимает одну частоту, в близлежащих областях его трансляция ведется на других частотах.

Увеличение дальности телевизионных передач достигается следующим образом.

1. Ретрансляцией их с помощью радиорелейных линий — цепочки приемопередающих устройств, расположенных на расстояниях в несколько десятков километров друг от друга.

2. С помощью кабельных магистралей с системой усилительных пунктов.

3. С помощью космических линий связи, использующих искусственные спутники земли.

Ретрансляционная сеть, охватывающая большинство территории страны, была создана в 1960-х годах. Предназначалась она для доставки транспортировки сигнала

до густонаселенных областей. Ретранслятор представляет из себя телевизионную вышку, на которой расположены антенны. Одна антенна приемная – принимает сигнал от предыдущего ретранслятора. Этот сигнал усиливается, конвертируется и подается на другую антенну – передающую, которая и ведет вещание на окружающую телевышку территорию уже на другой несущей частоте. По мере ослабления мощности сигнала, через несколько десятков километров ставится следующий ретранслятор, который, в свою очередь, принимает, усиливает и конвертирует сигнал для дальнейшего его распространения. И так далее - по цепочке. Важно, что частота, на которой происходит вещание одной и той же передачи во всех охватываемых областях, различна. Чтобы, проезжая на автомобиле, смотреть один и тот же канал, придется каждый раз перестраивать портативный телевизор в зоне вещания очередного ретранслятора.

### Тема 3. Спутниковое телевидение

Идея использования искусственных спутников Земли для целей связи высказывалась еще К.Э. Циолковским и теоретиком космонавтики из Словении Германом Поточником. Широкую известность эта идея получила после выхода в свет научно-популярной статьи Артура С. Кларка в журнале «Wireless World» в 1945 г., поэтому на Западе геостационарная и геосинхронные орбиты иногда называются «орбитами Кларка». Действительно, если представить спутник как ретранслятор, то для достаточно большой высоты полета, расстояние между наземными станциями будет также достаточно велико. Для нашей огромной страны это очень актуально. Используя ИСЗ, легко связать, к примеру, Москву с Владивостоком.

Нецелесообразно строить наземную ретрансляционную сеть по территориям с низкой плотностью населения. И в этом случае также используют спутниковый сегмент передачи ТВ-сигнала.

Для систем связи и вещания необходимо, чтобы имелась прямая видимость между спутником и соответствующими земными станциями в течение сеанса связи достаточной длительности. Если сеанс не круглосуточный, то удобно, чтобы он повторялся ежедневно в одно и то же



время. Поэтому предпочтительны синхронные орбиты с периодом обращения, равным или кратным времени оборота Земли вокруг оси, т.е. 24 часам.

Первыми из отечественных были спутники связи «Молния», запущенные в 1956 году на высокую эллиптическую орбиту с периодом обращения 12 ч. Она была расположена в северном полушарии и поэтому удобна для северных стран. Обслуживание всей территории бывшего СССР одним из ИСЗ возможно в течение не менее 8 ч, поэтому трех ИСЗ, сменяющих друг друга, было достаточно для круглосуточной работы. Наземным станциям приходилось постоянно отслеживать положения ИСЗ над горизонтом. Огромные антенны медленно поворачивались, сопровождая движение спутника. Это были довольно сложные и дорогие системы, и поэтому им не могли найти массового применения.

Поэтому в настоящее время ради исключения перерывов связи и вещания, упрощения систем наведения антенн земных станций на ИСЗ и других эксплуатационных преимуществ осуществлен переход на использование геостационарных орбит (ГСО) спутников Земли. Именно ее просчитал и предложил использовать А. Кларк. В Англии и многих других странах геостационарную орбиту называют «Пояс Кларка».

Орбита имеет форму окружности, лежащей в плоскости земного экватора (перпендикулярно оси планеты) с высотой над поверхностью Земли 35 786 км. Направление вращения спутников совпадает с направлением вращения Земли. Угловая скорость движения каждого спутника одинакова и равна скорости движения Земли, поэтому для земного наблюдателя спутник кажется неподвижно висящим над горизонтом.

Положение каждого ИСЗ характеризуется его географической долготой (к западу или востоку от меридиана Гринвича). Более того, в одной географической координате могут находиться два и более (до восьми) спутников. Конечно, на орбите они разделены несколькими десятками километров, но расстояние до них очень большое и для наблюдателя на Земле они сливаются в одну точку.

Необходимо отметить некоторые достоинства геостационарных ИСЗ. Связь осуществляется непрерывно, круглосуточно, без переходов (заходящего ИСЗ на другой); на антеннах земных станций исключены системы автоматического сопровождения ИСЗ.

Благодаря этому существенно упростилась наземная приемная аппаратура и началось повсеместное внедрение спутникового телевидения.

Спутниковые каналы связи называются Транспондерами (от англ. transponder — transmitter-responder — передатчик-ответчик) — это

приемопередающее устройство, посылающее сигнал в ответ на принятый сигнал. В системе «наземная передающая станция–спутник–наземная приемная станция» ИСЗ — это обычно приемопередатчик (трансивер) или повторитель (репитер). Поэтому часто можно слышать словосочетания: транспондерные новости, сигнал транспондера, емкость транспондера. Спутник связи содержит несколько транспондеров – приемных и передающих антенн, лучи которых направлены в различные места на Земле – зоны покрытия спутника. Для примера, популярная Российская

система «Триколор» со спутника «Eutelsat W4» (360 в. д.) для луча, обслуживающего Европейскую территорию, выглядит следующим образом

Максимальная мощность сигнала (52 единицы) сосредоточена в районе столицы. По мере удаления от центра мощность уменьшается.

Но даже в районе с максимальной силой сигнала, для приема спутникового ТВ необходима специальная антенна, называемая параболической, а в обиходе – «Спутниковой тарелкой».

Парабола обладает замечательным свойством: если направить лучи, параллельно оси параболы, то после отражения от нее все они сойдутся в одной точке, называемой фокусом.

Происходит концентрация широкого луча в одной точке.

Сигнал, принимаемый со спутника очень мал, и чтобы уверенно принять его, необходимо собрать его как можно с большей площади (всей площади параболической антенны) и направить в приемное устройство, расположенное в фокусе параболы. Понятно, что чем больше диаметр параболы, тем большую энергию она соберет в приемном устройстве. Применительно к рисунку, для уверенного приема сигнала в центральной зоне луча охвата достаточно антенны диаметром 50 см, в Риге и Минске понадобится уже 70 см, в Баку и Талине 90 см, а в Ереване — 120 см. Чем меньше уровень сигнала, тем большего размера должна быть «Тарелка».

Передающие антенны, расположенные на земле, наоборот, в фокусе имеют передатчик, направленный на зеркало тарелки и отраженный сигнал узким пучком отправляется на спутник для дальнейшей ретрансляции.

Для наблюдателя на Земле спутники на ГСО будут расположены на дуге, подобно той, которую описывает солнце на небосводе с максимумом подъема на юге и минимумом на востоке и западе. Если антенна настроена на центральный для данной местности (меридиана) спутник, то она будет довольно высоко смотреть в небо. Настраивая антенну на спутники или восточнее (правее или левее), «взор» тарелки будет устремляться ближе к горизонту. Вместе с тем на различных расстояниях от экватора (при увеличении географической широты) антенна, направленная на один и тот же

спутник, будет по разному «глядеть в небо». Чем ближе к экватору, тем больше антенна смотрит в зенит. Чем ближе к полюсам, тем больше она тяготеет к горизонту.

Обычная параболическая антенна – прямофокусная – в районах со снежными зимами обладает неприятной особенностью: в нижней и средней частях «зеркала» скапливается снег и прием сигнала становится невозможным из-за уменьшения полезной площади. Стали использовать так называемую офсетную антенну. Зеркало ее повторяет верхнюю часть обычной прямофокусной антенны, только увеличено в диаметре до требуемого эффективного размера. А фокус остался в прежнем месте и располагается в нижней части. Теперь отражатель стоит почти вертикально и не накапливает снег.

На земле антенна ориентируется на спутник по углу места и по азимуту.

Существенное влияние на свойства каналов связи оказывает и запаздывание радиосигнала при его распространении по линии Земля — ИСЗ — Земля.

Для спутникового (SAT) телевизионного вещания выделены два диапазона радиоволн, называемые «С» и «Ku».

Кроме этого для увеличения емкости транспондеров используют различную поляризацию: Горизонтальную, Вертикальную, Круговую правую, Круговую левую — в соответствии с направлением распределения основного потока сигнала (энергии).

Абонентские устройства приема SAT сигнала состоят из двух основных частей: спутниковой антенны и спутникового приемника (ресивера или тюнера). Антенна поставляется в комплекте с кронштейном для крепления на стену. В фокусе расположен конвертор – он принимает сигнал со спутника в С- или Ku- диапазоне и осуществляет первичное снижение частоты до промежуточной спутниковой частоты (SAT ПЧ). Дальнейшее снижение частоты и выделение полезного сигнала происходит в спутниковом приемнике. Он подключается к телевизору или монитору. Переключение программ, дешифрация закрытых каналов с помощью карточки доступа, первичная настройка каналов происходит именно в ресивере. Ресивер связан с конвертором коаксиальным кабелем, по которому поступает питание на конвертер, управляющие сигналы выбора типа поляризации и др.

Кроме этого существует возможность подключения к одному тюнеру нескольких антенн, настроенных на различные спутники. Часто можно видеть несколько конверторов на одной антенне, выполняющих ту же функцию (с помощью одной тарелки можно принимать сигнал с нескольких

спутников одновременно). Помимо основного (центрального) конвертора – в стороны от него располагаются другие. Если центральный направлен на спутник, расположенный строго по оси параболы, то боковые соответственно на ближайших соседей по орбите. Для обычной параболы это возможно только в узких пределах.

При применении антенн сложной формы возможны вот такие варианты: каждый из множества конверторов принимает сигнал с конкретного спутника.

Другое направление развития, когда применяют устройства для поворота антенн. С помощью актуаторов, по команде от ресивера происходит 107 переориентации (поворот) «тарелки» на другую спутниковую позицию. Здесь важна очень точная начальная установка антенны, так называемая полярная ориентация.

Изначально аналоговые видеосигналы передавались по одному каналу на транспондер — с поднесущими для звуковых дорожек и сервиса автоматической идентификации передачи. В настоящий момент почти все спутниковое ТВ перешло на цифровой формат вещания: где раньше был один аналоговый канал – теперь в цифровом виде передается до восьми.

#### Тема 4. Кабельное телевидение

Первоначально сети кабельного телевидения получили распространение в местностях, где прием сигнала эфирного ТВ был затруднен или невозможен: в горной, холмистой; также в районах с плотной застройкой, часто вновь строящиеся высокие здания начинают заслонять приемные антенны старых сооружений.

Для жителей одного подъезда многоэтажного дома на крыше устанавливалась одна коллективная антенна. Логичным желанием было объединить несколько подъездов под одну антенну, а то и несколько домов или кварталов. Именно так в нашей стране постепенно стали появляться и организовываться кабельные ТВ-сети. Причиной появления одних стало желание создать широкий пакет из транслируемых каналов (25–40 ТВ-программ) и взимать за это плату с абонентов. Другие, например мелкие или муниципальные ТВ-студии, нуждались в механизме воздействия на свою аудиторию и поэтому объединяли близлежащие строения в ТВ-сеть.

Для наполнения контента использовались: эфирные каналы, фильмы с видеомagneтофонов, спутниковые программы, передачи местных студий.

В устройстве, называемом головной станцией (ГС) осуществляется преобразование принятого антенной сигнала (усиление, конвертирование,

сложение) и далее по всем этажам и квартирам с помощью коаксиальных кабелей осуществляется разведение ТВ- сигнала до зрителей по домовой распределительной сети (ДРС).

#### Элементы кабельных MD-сетей

В любой сети можно выделить основные элементы.

1. ГС.
2. Антенное поле.
3. Магистраль.
4. ДРС – домовая распределительная сеть.
5. Абонентский отвод.

Основным устройством кабельной системы, ее сердцем является головная станция. Именно от ее качества, от качества аппаратуры, входящей в ее комплект в большой мере зависит качество и стабильность ТВ-сигнала.

Головная станция (ГС) выполняет несколько функций.

1. Прием, усиление, преобразование, (конвертация) программ эфирных каналов для их дальнейшей трансляции по кабельной сети.
2. Ввод в кабельную сеть каналов местного ТВ.
3. Прием-преобразование и ввод в кабельную сеть каналов спутниковых программ.

Антенное поле, состоящее из нескольких эфирных и множества спутниковых антенн, служит для приема первичного сигнала. Далее по фидерам снижения сигналы поступают непосредственно к модулям ГС.

Эфирные каналы конвертируются (переносятся) на свободные частоты. Спутниковые программы обрабатываются SAT тюнерами, которые выдают НЧ-сигнал, декодируются, если требуется, и подаются на модуляторы. Каждый модулятор настраивается на определенную свободную частоту. Частотное планирование.

Выходным сигналом телестудии тоже является НЧ-сигнал, подаваемый на отдельный модулятор.

Сигналы со всех модуляторов и конверторов смешиваются и поступают на выход ГС и далее в кабельную ТВ-сеть.

Из всех возможных видов топологии создания сетей ТВ-сеть обычно строится по принципу «Дерево», «Шина» или комбинированному.

Для формирования своего группового ТВ сигнала в кабельной сети, очень важно частотное планирование. Это процесс расстановки ТВ-каналов по частотному диапазону. А именно:

- не используются для кабельных каналов частоты, на которых вещают эфирные программы, из-за сильного уровня сигнала последних.

Может появиться двойное изображение (каналы накладываются друг на друга);

- особенность телевизора, как и любой приемной аппаратуры, в приемке так называемого «зеркального» канала – помимо основного, на который он настроен в данный момент, он принимает еще и нежелательный зеркальный, который должен быть пустым;
- более старые телевизоры обладали плохой избирательностью по соседнему каналу. Для качественного приема данного канала ни слева, ни справа по диапазону не должны располагаться другие каналы (соседние).

Низкая избирательность по соседнему и зеркальному каналу старых телевизоров сдерживает полноценное использование всего диапазона. Современные телевизоры обладают лучшей избирательностью. Появляется все больше ТВ-сетей, которые не подстраиваются под устаревший парк телевизоров.

#### Распределение ТВ-сигнала

Для правильного распределения мощности сигнала между абонентами используют радиочастотные распределители и ответвители («крабы», «сплиттеры», «отсосы»).

Распределитель делит поступающий на него сигнал равномерно между входами. Если это распределитель на 2 входа, то в соотношении 50 на 50, на 3 входа — по 33 %, на 4 входа — на 25% и т.д. Применяются, как правило, уже в квартирах, когда проходит один кабель, а требуется подсоединить 2, 3 или 4 телевизора.

Ответвитель используется для неравномерного распределения мощности на отводах. По мере распространения ТВ-сигнала по кабелю мощность его затухает. В магистральной линии, проходящей по всему зданию и на больших расстояниях, в начале магистрали должна быть достаточно высокая мощность, чтобы хватило ее с учетом потерь и затухания для абонентов на конце магистрали. Высокий уровень ТВ-сигнала телевизионному приемнику не требуется, поэтому в начале магистрали устанавливают распределители с малым

«отсосом» мощности на отвод. По мере уменьшения уровня сигнала в кабеле, применяются другие распределители с большим ответвлением мощности на отвод.

Когда уровень сигнала затухает до критического уровня, в магистральную линию устанавливается усилитель ТВ-сигнала. Когда сигнал снова теряет мощность – снова ставится усилитель. Но так происходит не до бесконечности – накапливаются неизбежные шумы и помехи, которые все больше и больше усиливаются вместе с полезным сигналом. После

последнего усилителя в ветви, сигнал будет хуже, чем перед первым усилителем.

Существует максимально возможное количество усилителей в ветви, когда качество сигнала остается на заданном уровне. Это зависит и от качества самого усилителя. «Домовой» тип усилителей – для усиления сигнала для жителей 1–2 подъездов – допускает установку 2–4 усилителей подряд. «Магистральные» – более качественные – допускают большее количество – 5–9. Последние используются для передачи ТВ сигнала на большие расстояния – передача сигнала между отдаленными зданиями, кварталами и городами. Образуются магистральные линии связи.

В последнее время, в связи с повсеместным переходом на оптические линии связи, магистральные линии строятся не на коаксиальных кабелях с промежуточными усилителями, а на оптических. «Оптика», как правило, не требует никакого промежуточного усиления, способна передаваться на гораздо большие расстояния по сравнению с «медью» – обычной (медной) коаксиальной линией. Оптические линии обычно строятся по типологии

«кольцо». Считается и измеряется так называемый «бюджет» оптической линии и в соответствии с этим выбирается мощность оптического передатчика.

Существует и такой способ распространения ТВ-сигнала, как по MMDS линиям (по начальным буквам от английского названия Multipoint Multichannel Distribution System – многоканальная многоточечная распределительная система). Это система наземного вещания по образу спутникового, когда спутник-ретранслятор как бы находится на Земле (на возвышении или башне).

Абонентское оборудование состоит из антенны и даун-конвертора.

Используется диапазон 2500–2700 МГц. В нем можно разместить около 30 ТВ-каналов. Абонентский конвертор понижает (конвертирует) транслируемые по MMDS каналы в диапазон ДМВ, принимаемый большинством телеприемников. Для зрителя это выглядит так, будто в его районе начало вещание несколько ТВ-каналов в ДМВ диапазоне.

Первые подобные сети появились в Москве в начале 1990-х годов. Современные кабельные линии являются гибридными – комбинированными. Транспортировка ТВ-сигнала осуществляется по различным линиям связи. На значительные расстояния (между странами, городами, микрорайонами) сигнал передается по оптическим, радиорелейным и спутниковым линиям. На небольшие расстояния (микрорайон, квартал, дом) транслируется по коаксиальным магистральям, радиорелейным, реже – оптическим. На короткие расстояния (в пределах дома и подъезда) – по коаксиальным.

По охвату территории (по размеру) кабельные сети тоже могут быть различны.

- В пределах студенческого общежития – местная сеть землячества какой-либо страны.
- Кабельное ТВ городского квартала – одного или нескольких. «ТВ РУДН».
- ТВ-сеть городского округа – «ТВ Юго-Запад».
- ТВ-сеть города и района Подольское региональное ТВ «КВАРЦ».
- Областная ТВ-сеть – «Воронежское Телевидение» или объединение нескольких сетей или областей.
- ТВ-сеть государства – ГТРК сеть.
- Мировые сети – ВВС, CNN и прочие.

Кабельная линия — закрытая система – ничего не излучает в открытое пространство (в эфир) и не принимает из него. Сигнал распространяется только по кабелю от ГС до телевизоров. Диапазоны, которые заняты в эфирном телевидении пейджинговой связью, радиоловительской, УКВ вещанием, не позволяют их использовать в открытых системах. Теперь полосы 66–76 МГц, 100–174 МГц, 230–470 МГц активно используются внутри кабельных линий в качестве дополнительных ТВ-каналов (так называемый «СК» – спецканалы). В связи с этим значительно увеличилось общее число ТВ каналов для кабельного вещания по сравнению с эфирным.



## **Раздел 12. Абонентские телевизионные приемные устройства. Типология, основные характеристики**

### Тема 1. Воспроизведение телевизионного изображения на абонентских телевизионных устройствах

Воспроизводящие устройства предназначены для преобразования электрических сигналов в оптическое изображение. Их можно разделить на устройства непосредственного наблюдения, в которых изображение создается на экране самого прибора, и проекционные устройства, в которых изображение проецируется на отдельный экран.

Устройства непосредственного наблюдения создаются либо на основе вакуумных электронно-лучевых трубок, называемых кинескопами, либо на основе матричных плоских панелей (жидкокристаллических, плазменных и др.). Наибольшее распространение в настоящее время имеют кинескопы, которые бывают черно-белыми и цветными.

Проекционные воспроизводящие устройства предназначены для создания изображений больших размеров (от единиц до десятков квадратных метров). Это проекционные кинескопы и жидкокристаллические панели, лазерные проекторы и светоклапанные устройства.

В качестве проекционных кинескопов могут быть использованы ЭЛТ, работающие при повышенных (до 40–50 кВ) анодных напряжениях и больших токах луча, создающих большую яркость свечения изображения, которое проецируется на большой экран при помощи зеркально-линзовой оптики.

Работа светоклапанных устройств основана на модуляции видеосигналом интенсивности светового потока мощного внешнего источника света. Модуляция осуществляется путем изменения оптических свойств материала модулятора под действием электронного луча.

Лазерные проекторы формируют изображение тем же способом, что и ЭЛТ, с той лишь разницей, что вместо электронного луча, оббегающего люминофорный экран, используется световой луч лазера, оббегающий обычный киноэкран. Достоинство лазерного проектора – большой яркостный контраст и высокая насыщенность цветов. Основная сложность введения лазерных проекторов – отсутствие эффективных способов электронного отклонения светового луча лазера.

Кинескопы черно-белого телевидения

Кинескоп – это приемная электронно-лучевая трубка с люминофорным экраном, которая преобразует электрический сигнал в ТВ-изображение.

В качестве развертывающего элемента в кинескопе используется электронный луч, создаваемый электронно-оптической системой. Электронный луч модулируется по плотности сигналом изображения, подаваемым на кинескоп. Воспроизведение изображения на экране обеспечивается отклонением луча магнитным полем, которое создается внутри горловины трубки отклоняющими катушками.

Для преобразования модулированного по плотности электронного луча в световое изображение на внутреннюю поверхность экрана наносятся специальные вещества, называемые люминофорами. Бомбардировка люминофора быстрыми движущимися электронами вызывает его свечение. Яркость свечения люминофора зависит от тока луча, напряжения на втором аноде и площади экрана кинескопа.

Для современных кинескопов увеличение тока луча более 300 мкА недопустимо, так как приводит к существенной расфокусировке луча. Достаточную яркость свечения обеспечивают за счет большей величины напряжения на втором аноде (порядка 12 – 18 кВ для черно-белых кинескопов, для цветных – 25 кВ).

Потенциал экрана поддерживают равным потенциалу второго анода. Это делается для того, чтобы электронный луч, миновав электрическое поле второго анода, продолжал двигаться без замедления к экрану. Для этого на слой люминофора внутри экрана наносится проводящее покрытие из тонкой алюминиевой пленки, которая соединяется со вторым анодом. Пленка практически прозрачна для электронного луча. Для световых лучей она не прозрачна и отражает световое излучение люминофора, направленное внутрь колбы. Этим самым повышается светоотдача экрана. Кроме того, металлизированный экран предохраняет люминофоры от бомбардировки тяжелыми отрицательными ионами воздуха. Такая защита позволяет увеличить срок службы кинескопа.

Важным параметром люминофоров кинескопа является длительность послесвечения. Длительность послесвечения определяется временем, в течение которого яркость свечения уменьшается в 100 раз после прекращения возбуждения люминофора. В телевизионных трубках используются люминофоры с длительностью послесвечения равной длительности кадра. При большей длительности возникает смазывание движущихся объектов, меньшая длительность приводит к уменьшению яркости свечения экрана.

#### Кинескопы цветного изображения

В зависимости от количества электронных лучей кинескопы цветного изображения бывают трехлучевыми и однолучевыми. В трехлучевых

кинескопах цветное изображение получается сложением трех моноцветных изображений, одновременно создаваемых тремя лучами. В однолучевых кинескопах цветное изображение образуется при сложении трех многоцветных изображений, образуемых одним лучом, последовательно друг за другом.

Электронно-оптическая система состоит из трех идентичных устройств – электронных прожекторов R-, G-, B-лучей. Каждый из прожекторов формирует поток электронов (электронный луч), управляет плотностью электронов в луче и фокусирует его у поверхности экрана. Состав и конструкция прожекторов аналогичны составу и конструкции прожектора кинескопа черно-белого изображения.

В зависимости от положения прожекторов в горловине трубки кинескопы бывают разных видов. Если прожекторы находятся в вершинах равностороннего треугольника, плоскость которого перпендикулярна оси кинескопа, то такие приемные трубки называются кинескопами с дельтаобразным расположением прожекторов.

Если прожекторы размещены в горизонтальной плоскости, проходящей через ось трубки, то такие приборы называются кинескопами с планарным расположением прожекторов.

Люминофорное покрытие кинескопов представляет собой периодически повторяющиеся люминофорные группы. В дельта-кинескопах люминофорная группа состоит из трех рядом расположенных точечных зерен красного R, синего B и зеленого G свечения. Размеры зерен малы – порядка 0,3 мкм. Количество люминофорных групп на экране – около 500 тысяч. В планарных кинескопах люминофорное покрытие выполнено в виде чередующихся полосок люминофоров красного, синего и зеленого свечения.

Пояснение принципа попадания электронных лучей на люминофорные полосы в планарном кинескопе.

Теневая маска и система магнитов, надеваемых на горловину трубки, обеспечивают попадание R-, G-, B-лучей, сформированных в прожекторах, только на люминофоры своего цвета (свечения). Теневая маска изготавливается из стального листа с множеством отверстий, по числу люминофорных групп. В дельта-кинескопах отверстия выполнены в виде окружностей диаметром 0,25 мм.

Как в дельта-кинескопе, так и в планарном кинескопе лучи всех трех прожекторов, в какую бы область экрана они ни были направлены, должны пересекаться внутри соответствующего отверстия маски. Проходя через отверстие маски, лучи снова расходятся, и каждый из них попадает на свой люминофор в группе, расположенной за отверстием.

Наряду с трехлучевыми кинескопами в цветном ТВ находят применение и однолучевые. В однолучевых кинескопах отсутствуют искажения изображения, вызванные нарушением чистоты цвета и абберрацией лучей.

#### Матричные панели

Наряду с кинескопами в качестве воспроизводящих устройств начали применяться плоские матричные панели, которые призваны решить проблему создания «плоского телевидения». Различными фирмами созданы и выпускаются два вида матричных панелей: плазменные и жидкокристаллические.

Плазменные панели. Принцип действия плазменной панели основан на свечении люминофоров экрана под действием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в плазме (разреженном газе).

Конструктивно плазменная панель представляет собой два листа, на которые нанесены полупрозрачные электроды (шины) для коммутации строк (на лицевом стекле) и столбцов изображения (на заднем стекле, являющемся подложкой). Таким образом, образуется прямоугольная матрица, ячейки которой находятся на пересечении электродов строк и столбцов. На стекле-подложке сформирован специальный профиль в виде стеклянных ребер, изолирующих соседние ячейки друг от друга. На внутренней поверхности стекла подложки нанесены чередующиеся полосы люминофоров первичных цветов R, G, B, образующих триады. В процессе изготовления такой панели из внутреннего объема между стеклянными пластинами откачивается воздух, этот объем заполняется разреженным газом, являющимся рабочим «телом» при работе, после чего панель герметизируют.

С помощью внешних устройств «развертки» на электроды строк и столбцов матрицы подаются управляющие напряжения. Под действием напряжения между иницированными строчной и столбцовой шинами в соответствующей ячейке матрицы происходит электрический разряд в газе, через образующуюся при этом плазму (ионизированный газ). Этот разряд вызывает мощное ультрафиолетовое излучение, которое заставляет светиться находящийся в данной ячейке люминофор.

В настоящее время серийно выпускаются плазменные панели с диагональю более 1 м, при толщине панели порядка 10 см плазменные панели обеспечивают большую яркость и высокую контрастность изображения, имеют широкий угол обзора (более 160 градусов). При этом полностью отсутствуют проблемы, связанные с искажением геометрии раstra и сведением, свойственные цветным кинескопам. Это объясняется тем, что в плазменных панелях используется жесткий растр (в кинескопах

растр плавающий). Недостаток плазменных панелей – большое энергопотребление (при диагонали экрана 1,057 м средняя потребляемая мощность 270 Вт).

Жидкокристаллические панели. В жидкокристаллических панелях (ЖК-панелях) используется способность аморфного вещества изменять свои оптические свойства в электрическом поле. Существуют ЖК-панели просветного и отражательного типов. Способ развертки изображения у ЖК-панелей точно такой же, как и у плазменных панелей. С тыльной стороны ЖК-панель просветного типа освещается равномерным световым потоком. Под действием напряжения между иницированными строчной и столбцовой шинами в соответствующей ячейке матрицы изменяется оптическая прозрачность аморфного силикона. Световой поток, проходя через ЖК-матрицу с тремя типами цветных ячеек RGB, модулируется по яркости и по цвету. Таким образом, на экране ЖК-панели синтезируется цветное изображение.

Для получения телевизионного изображения большого размера используются проекционные воспроизводящие устройства. Можно выделить три группы приборов, реализующих эту возможность.

1. Проекционные устройства со сложением цветоделенных изображений на отражающем экране.
2. Проекционные устройства с жидкокристаллической матрицей.
3. Светоклапанные устройства.

## Тема 2. Основные элементы телевизионных приемных устройств

Телевизионный приемник предназначен для воспроизведения изображения и звукового сопровождения нескольких вещательных программ. Эта задача решается путем приема, усиления и преобразования одновременно двух независимых радиосигналов вещательного ТВ- (изображения и звука), их взаимного разделения, а также селекции сигналов синхронизации.

В настоящее время все ТВ приемники строятся по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием несущей изображения и двукратным преобразованием несущей звукового сопровождения.

Рассмотрим его устройство и работу.

Радиосигнал в одном из диапазонов радиоволн, отведенных для эфирного телевидения, наводит в антенне телевизионного приемника высокочастотные колебания, несущие информацию об изображении и звуке телепрограммы. Эти колебания поступают на избирательный усилитель

высокочастотных колебаний и если он настроен на их частоту, то они отделяются, селективируются от других сигналов, усиливаются по мощности и поступают на смеситель. Уже говорилось, что современные телевизоры строятся по супергетеродинной схеме, что они работают с переносом радиосигнала по частоте. Перенос осуществляется на более низкие частоты. Это обеспечивает получение большего усиления и избирательности, чем это возможно на частоте радиосигнала. Частота, на которую переносится полный телевизионный сигнал, называется промежуточной частотой. Это осуществляется в смесителе, куда кроме радиосигнала телецентра (с усилителя высокой частоты) подается вспомогательное электрическое колебание с маломощного генератора – гетеродина. Его частота выбирается больше частоты радиосигнала на величину промежуточной частоты. Для настройки на нужный телецентр необходимо настраивать одновременно и усилитель высокой частоты (УВЧ) и гетеродин (Г). Таким образом, полный телевизионный сигнал, которым модулируется несущая частота телецентра, переносится на промежуточную частоту, усиливается, производится его дальнейшая селекция за счет формирования специальной формы амплитудно-частотной характеристики усилителя промежуточной частоты изображения (УПЧИ). Затем сигнал детектируется амплитудным детектором (АД) и выделяется полный телевизионный сигнал телецентра. УВЧ, гетеродин и смеситель (См) конструктивно оформляются как отдельный блок телевизора – переключатель телевизионных каналов (ПТК). В современных телевизорах выбор нужного канала осуществляется электронным блоком управления. Этот же блок (блок выбора программы) позволяет производить поиск нужного канала в автоматическом режиме и автоматическую настройку телевизора. Для обеспечения точной настройки телевизора на нужную программу в схеме телевизора предусматривается система автоматической подстройки частоты гетеродина. Эта система представляет собой контур автоматического регулирования, в котором производится сравнение текущего значения частоты гетеродина с заданным значением и управление гетеродином по цепи обратной связи.

Современные мультисистемные телевизоры позволяют анализировать принимаемый сигнал и соответственно ему изменять необходимые характеристики различных узлов телевизора.

После детектирования полный телевизионный сигнал усиливается в усилителе видеосигнала (ВУ) и поступает на управляющий электрод кинескопа, модулируя по интенсивности электронный луч. Из полного телевизионного сигнала в амплитудном селекторе (АС) выделяется сигнал синхронизации по строкам и кадрам (напомним, что он находится в области

«чернее черного») за счет разделения сигналов изображения и синхронизации по амплитуде. После разделения сигналов синхронизации строк и кадров по длительности (схема ВС) они поступают на генераторы строчной и кадровой развертки. Генератор строчной развертки включает контур автоматического регулирования частоты и фазы развертки (схема АПЧФ). Это очень важно для правильного функционирования чересстрочной развертки. При ее нечеткой работе возможна потеря вертикальной четкости изображения в два раза (слипание строк). Необходимое для работы кинескопа высокое напряжение (порядка 18 кВ) вырабатывается в генераторе строчной развертки за счет использования энергии, накопленной в индуктивности отклоняющих катушек. Длительность обратного хода строчной развертки в телевизоре выбирается не только исходя из условий, указанных в третьей главе, но с учетом электрической прочности конструкции генератора строчной развертки.

Для поддержания постоянства уровня сигнала изображения в телевизорах применяется система автоматического регулирования усиления телевизионного приемника сигналов изображения (АРУ).

Звуковое сопровождение программы обеспечивается специальным приемником. Он также построен по супергетеродинной схеме. Но здесь используется в качестве промежуточной частоты разностная частота биений между несущими частотами передатчиков изображения и звука. Для отечественного стандарта она равна 6,5 МГц. Этот сигнал усиливается в усилителе промежуточной частоты звука (УПЧЗ), ограничивается по амплитуде (АО) для уменьшения влияния помех, детектируется в частотном детекторе (ЧД), усиливается по мощности усилителем звуковой частоты (УЗЧ) и поступает на воспроизводящее устройство звука.

Приемник цветного изображения содержит все названные устройства черно-белого телевизора и дополнительные блоки обработки сигнала цветности. Разумеется, кинескоп заменяется специальным кинескопом цветного изображения. Он может быть любого типа из ранее нами рассмотренных.

Несмотря на то, что структура телевизора цветного изображения аналогична черно-белому телеприемнику, требования к его параметрам гораздо жестче. Это объясняется тем, что полный цветной телевизионный сигнал за счет принятых методов уплотнения гораздо сложнее черно-белого сигнала и более критичен к искажениям.

Сигнал изображения после амплитудного детектирования (АД) поступает на усилитель видеосигнала (ВУ) и как сигнал яркости поступает на кинескоп. В зависимости от принятой схемы уплотнения сигнала

выделенный из яркостного сигнала сигнал цветности поступает на декодирующее устройство. В системе NTSC – это фазовые детекторы, в системе Secam – частотные демодуляторы и т.д. В системе Secam в состав декодирующего устройства входят: устройство задержки сигнала на телевизионную строку, коммутатор, схема опознавания цвета. Полученные цветоразностные сигналы матрицируются (МУ) и поступают на управляющие электроды кинескопа. Получение исходных цветоделенных сигналов осуществляется непосредственно на электродах кинескопа путем сложения их управляющих воздействий.

Отличительным элементом цветного телевизора является устройство сведения лучей, обеспечивающее динамическое и статическое сведение трех цветоделенных изображений для получения полноцветного телевизионного изображения.



## Раздел 13. Цифровое телевидение

### Тема 1. Цифровое телевидение

Увеличиваются потребности населения. Растут интересы зрителей, многих уже не устраивает 20-30 каналов - максимально возможное количество для вещания по стандартным линиям. Качество сигнала при этом тоже оставляет желать лучшего.

Всё вышеперечисленное и неизбежное развитие технического прогресса привело к появлению цифрового телевидения. Это система телевидения, в которой передаваемый телевизионный сигнал представляет собой последовательность кодовых (цифровых) комбинаций электрических импульсов. По сравнению с обычным – аналоговым ТВ цифровое имеет повышенную помехозащищенность, и как следствие – лучшее качество картинки на экране телевизора. Увеличилось на порядок количество транслируемых каналов в том же частотном диапазоне. В полосу одного аналогового канала вмещается порядка 8 цифровых!

В основе лежит три процесса:

1. Аналогово-цифрового преобразования (Далее АЦП) - кодирование исходного аналогового ТВ сигнала в цифровую последовательность из нулей и единиц .

2. Передачи сигнала в цифровом виде по стандартным линиям связи. (Кабельные, оптические, эфирные , радиорелейные).

3. Цифро-аналоговое преобразование (ЦАП). Процесс обратный АЦП.

Восстановление из цифровой формы до исходного ТВ аналогового сигнала, пригодного для создания картинки на экране ТВ.

Другими словами, с помощью оцифровки происходит как бы преобразование аналогового сигнала, передача его в цифровом виде до потребителя (при этом значительно экономиться эфирная ёмкость) и обратная распаковка его до исходного (аналогового) сигнала, поступающего на ТВ.

Высокая помехоустойчивость объясняется просто. Если аналоговый сигнал имеет сложную форму и множество значений уровня сигнала (от 0 до 100 %), то при передаче под влиянием помех, какие то уровни неизбежно просядут, а какие то увеличат свои значения. К примеру, исходный сигнал имел значение 70 %, при передаче под воздействием помехи потерял 15 %. К потребителю доходит уже не исходные 70%, а только 55%. Такая потеря существенно сказывается на качестве картинки. Или наоборот – исходный 20%, а из-за посторонней «наводки» прибавил ещё

10% и стало 30 %. Тоже снижается качество. С «цифрой» проще. Либо 0% либо 100% (последовательность нулей и единиц). На входе приемника ставиться логическое устройство. Все сигналы, которые имеют уровень в диапазоне 0 - 50% «избыток» - автоматически считаются нулём (0 %). Сигналы с уровнем 50 – 100 % «недостаток» - соответственно единицей (100 %). Если что-то «проседает» ниже или «задирается» выше исходного – намного проще испорченный сигнал «привести в чувство». Меньше неопределённости для выбора.

В дополнение к этому применяются различные алгоритмы защиты и восстановления потерянных данных. (код чётности, код Хемминга коррекция одиночных ошибок по методу Рида — Соломона и пр.) Помимо основного цифрового сигнала - вводятся дополнительные контрольные поля, которые несут информацию о всей последовательности нулей и единиц по какому либо признаку. Например, вся эта последовательность в сумме – четное число. Если что-то при передаче теряется, то после проверки суммы окажется что контрольное число НЕ четное. Другие поля по более сложным алгоритмам способны восстановить потерянное значение.

## Тема 2. Аналогово-цифровое преобразование

АЦП - это устройства, которые принимают аналоговые сигналы и генерируют соответствующие им цифровые.

Преобразование аналогового (непрерывного) сигнала в цифровой происходит в три этапа: дискретизация, квантование и кодирование.

Дискретизация - это представление непрерывного сигнала в виде ряда дискретных отсчётов. Другими словами, дискретизация - это преобразование непрерывного сигнала в непрерывную последовательность.

Сначала имеется непрерывный аналоговый сигнал. Затем он подвергается разбиению на равные промежутки времени  $T$ . Эти промежутки и есть дискретные отсчеты, называемые периодами дискретизации. В результате получается последовательность отсчетов (дискретных) с шагом в  $T$ . При квантовании шкала сигнала разбивается на уровни. Отсчеты помещаются в подготовленную сетку и преобразуются в ближайший номер уровня квантования. Одним из основных параметров является шаг квантования по вертикальной оси.

Распределяем отсчеты в подготовленную сетку от 1 до 7. Первый (слева направо) отсчет находится ближе к уровню 7. Второй - к 3-му уровню, третий ко 2 и т. п. Таким образом, вместо последовательности отсчетов получаем последовательность чисел, соответствующих уровням квантования.

Полученную последовательность чисел переводим в последовательность нулей и единиц с помощью двоичного кодирования.

### Тема 3. Видекомпрессия

Полученная последовательность нулей и единиц чрезвычайно велика и громоздка. Такой «плотный» поток информации в реальном времени может пропустить только очень «широкая» линия связи. Подавляющее большинство существующих линий с этим не справятся! Чтобы сохранить (записать) такой объём информации – потребуются носители информации с очень большой емкостью. Решено было сжимать (компрессировать) этот плотный поток перед транспортировкой по линиям связи или перед записью на носитель информации. Требовалось уменьшить скорость потока видеоданных с 250 Мбит/секунду до приемлемых 3 — 6 Мбит/с. Появились компрессоры видео формата MPEG. Они используют высокую избыточность информации в изображениях, разделенных малым интервалом времени. Между двумя соседними кадрами обычно изменяется только малая часть сцены – например, происходит плавное смещение небольшого объекта на фоне фиксированного заднего плана. В этом случае полная информация о сцене сохраняется выборочно – только для опорных изображений. Для остальных кадров достаточно передавать разностную информацию: о положении объекта, направлении и величине его смещения, о новых элементах фона, открывающихся за объектом по мере его движения. Причем эти разности можно формировать не только по сравнению с предыдущими изображениями, но и с последующими (поскольку именно в них по мере движения объекта открывается ранее скрытая часть фона).

Первые появились Mpeg 1, затем его улучшенная версия MPEG 2, который был взят в качестве стандарта? Благодаря высокой степени сжатия и отличной четкости, именно он получил широкое распространение в настоящее время. Сегодня стандарт MPEG-2 является для вещания основным и представляет собой один из кирпичиков, из которых созданы многие стандарты цифрового вещания. С его помощью происходит трансляция с ТВ спутников. Понимает его цифровая аппаратура видеомонтажа и видеозаписи телевизионных студий. Проигрыватели DVD стали первыми носителями цифрового видео в массы.

Возникла парадоксальная ситуация, когда огромное количество абонентских устройств, понимающие только MPEG 2 (спутниковые и кабельные STB тюнеры, DVD проигрыватели) сдерживают развитие и применение стандарта компрессии нового поколения.

Новый стандарт MPEG-4 появился в 2003 году, он имеет более чем двукратное повышение эффективности сжатия по сравнению MPEG-2. Кроме того, он имеет более широкий диапазон скоростей передачи данных.

Новый стандарт гораздо сложнее, чем MPEG-2, поэтому производители новых абонентских устройств должны существенно изменить их конструкцию и сделать инвестиции в обеспечение более высокой мощности обработки.

Вообще, переход к новому стандарту потребует изменений во всех сферах цифрового вещания. Необходимы изменения аппаратного обеспечения, включая кодеры, декодеры, мультиплексоры, преобразователи скорости потока и другого вещательного оборудования.

Хотя вышеперечисленные причины пока здорово тормозят переход на новый формат, MPEG уже разрабатывает компрессоры будущего: MPEG 7 и MPEG 21.

надо включать? Несмотря на отчаянные попытки ведущих зарубежных фирм в одиночку решить проблему сжатия спектра цифрового телевизионного радиосигнала, долгое время никому из них не удавалось (даже теоретически!) хотя бы наметить путь для решения этой задачи.

Поэтому вопрос был вынесен на международный уровень — в МСЭ (Международный союз электросвязи, ITU). Однако и там ученые мужи не знали, с чего начать, а некоторые и вообще считали, что утрамбовать чудовищные объемы цифрового видео в узкие вещательные рамки невозможно. Не было ответа на главный вопрос: каким именно способом втиснуть цифровой телесигнал в игольное ушко узкополосных аналоговых каналов. Тем почетнее, что выход из этого тупика сумел найти наш соотечественник, профессор Марк Иосифович Кривошеев, работавший в то время в московском НИИ Радио. К слову сказать, широкой публике его фамилия даже сейчас мало о чем говорит, тогда как среди телевизионщиков всего мира Марк Иосифович вот уже несколько десятилетий является непререкаемым авторитетом, твердо верил в свою правоту и был убежден, что в обозримом будущем разработают и могучие алгоритмы компрессии цифрового видео (то, что впоследствии стало стандартами MPEG), и эффективные методы канальной модуляции. Возглавляя более 30 лет 11-ю исследовательскую комиссию МСЭ-Р по телевидению, он фактически определял стратегию развития всемирного телевидения всю последнюю четверть прошлого века. Под непосредственным руководством Кривошеева были разработаны системы цифрового телевидения и ТВЧ, а также принципы построения интерактивного ТВ и различных информационных систем на его основе. Поэтому профессора Кривошеева неизменно избирают Почетным

председателем любого крупного симпозиума по телевидению во всем мире. Научные заслуги Марка Иосифовича столь велики, что ему в прошлом году была присуждена премия ТЭФИ (единственному инженеру за всю ее историю!), а в день 80-летия патриарха отечественного телевидения ему объявил благодарность и наградил Почетной грамотой Президент России.

#### Тема 4. Транспортировка цифрового сигнала

Полученную последовательность из нулей и единиц для передачи по линиям связи необходимо промодулировать. Метод модуляции цифрового сигнала называют манипуляцией. Чаще всего используются три метода манипуляции. Цифровой сигнал, из 0 и 1 накладывается на несущую – аналоговый высокочастотный сигнал постоянной амплитуды и частоты.

- При амплитудной манипуляции (ASK amplitude-shift keying), модулируемая волна изменяет амплитуду сигнала (например, с высокого уровня на низкий) в соответствии с двоичной информацией.
- При частотной манипуляции (FSK frequency-shift keying), поток битов представлен изменениями между двумя частотами.
- При фазовой манипуляции (PSK phase-shift keying), амплитуда и частота остается постоянной, а поток битов представлен изменениями фазы модулированного сигнала.

Фундаментальным отличием аналоговых систем от цифровых является только метод подготовки и кодирования исходной информации. Высокочастотная же часть Телестанций, отвечающая за прием и передачу радиоволн, остается практически идентичной во всех видах радиосвязи. Причем ситуация не меняется уже свыше 100 лет, со времен демонстрации первой системы связи в 1895 году. При всех достижениях технологии, фундаментальным физическим законам альтернативы пока нет.

#### Тема 5. Цифро-аналоговое преобразование

В приемном устройстве происходит обратный процесс – демодуляция в последовательностей нулей и единиц, декодирование в квантованные значения уровней и сглаживаются угловатость. В итоге – получается сигнал максимально приближенный к исходному.

#### Тема 6. Проблемы и особенности цифрового ТВ

При всех кажущихся преимуществах «цифры» по сравнению с аналогом, есть в ней и некоторые недостатки. В зависимости от величины

диапазона, в пределах которого может изменяться исходный сигнал, выбираются младшие и старшие кванты.

Очевидно, что при квантовании и дискретизации возникают неизбежные округления сигнала в большую или меньшую сторону, что предусмотрено допускаемой погрешностью квантования. Становясь цифровым, сигнал может занимать только строго определённые позиции (1,2,3,4...7). И переход от одной к другой выполняется скачкообразно, резко, в отличие, от аналогового, который может изменяться плавно. На DVD картинке при плохом качестве сигнала изображение иногда как бы делится на небольшие квадраты. Подобное никогда не проявлялось при обычных VHS видеомэгнитофонах. А при оцифровке музыки возникает т.н. «джиттер» эффект – металлизация звука. В повседневных бытовых условиях – мы вполне довольствуемся цифровыми CD или MP3 устройствами. Но искушенные любители «чистого» звука ни на какие цифровые плееры не променяют аналоговый ламповый усилитель с проигрывателем виниловых пластинок или катушечным магнитофоном.

. Конечно, можно максимально уменьшить и шаг дискретизации и шаг квантования – постараться свести к минимуму различия между равномерным изменением сигнала и ступенчатым, что собственно и делается в более качественной профессиональной аппаратуре. Но это сразу вызывает увеличение количества уровней квантования и, как следствие значительное увеличение всего цифрового потока нулей и единиц. А обработка большего количества данных сразу выдвигает завышенные требования к АЦП, линиям передачи, ЦАП, что значительно удорожает используемую для этих целей технику.

## Тема 7. Форматы цифрового ТВ вещания

Неизбежность перехода на цифровой формат вещания осознали давно. Сегодня на рынке присутствует три основных формата аналогового телевизионного сигнала: NTSC (Америка), PAL и SECAM. Переход на "цифру" предоставил бы уникальную возможность заменить три аналоговых стандарта на один универсальный цифровой стандарт телевидения. Но из-за различий в телевизионной культуре, истории и структурах вещания этого не произошло.

В США малое количество национальных государственных телекомпаний, зато большое количество частных. Прием сигнала бесплатный. Компании зарабатывают на рекламе. В Европе наоборот –

большая часть принадлежит государственным компаниям, а конкуренцию им составляет меньшинство частных ТВ каналов.

В США принят формат ATSC, во время разработки которого, был учтён такой важный фактор, как обратная совместимость с аналоговыми приёмниками. Это сделано для того, чтобы предотвратить потерю аудитории для распространения своей рекламы, во время перехода с "аналога" на "цифру". Вместе с традиционным аналоговым сигналом NTSC передаётся и новый цифровой сигнал.

Европа, с другой стороны, пошла своим собственным путём и основала проект Digital Video Broadcasting (DVB). DVB выдвинул четыре основных стандарта цифрового ТВ:

- DVB-T ( TERRESTRIAL наземная антенна),
- DVB-C ( CABEL - кабельное ТВ),
- DVB-S ( SATELLITE – спутниковое ТВ)
- DVB-H (Handheld "Ручное или мобильное ТВ").

## Тема 8. Спутниковое ТВ

Первым широкое распространение получил формат DVB-S спутникового вещания. Запуск спутника на орбиту довольно дорогое удовольствие. Емкость спутникового ретранслятора ограничена, а количество компаний желающих ретранслировать свои передачи через космос всё увеличивается. Непозволительной роскошью оказалось использовать емкость одного спутникового канала (транспондера) сигналом одной аналоговой передачи, если цифровых в этом же канале можно разместить на порядок больше. В спутниковых ТВ каналах задействована самая широкая полоса радиосигнала — 27 МГц. Однако использование амплитудной или частотной модуляции здесь нецелесообразно ввиду малой помехозащищенности. Слишком много факторов влияет на длинном пути сигнала от спутника до антенны. Была предложена квадратурно-фазовая манипуляция QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying). Как видно из названия – модулируется фаза несущего сигнала - начальный её сдвиг занимает одно из четырех положений.

Абонентские устройства представляют из себя обычную спутниковую «тарелку» и цифровой тюнер, подключаемый к обычному телевизору по сигналу НЧ. Абоненты спутникового аналогового вещания для просмотра программ через простой телевизор всегда должны были иметь своеобразную приставку – спутниковый тюнер. Поэтому и при переходе на цифру логичным было приобрести другую приставку – цифровой спутниковый

тюнер. Тем более новые абоненты SAT вещания сразу его и приобретали. Именно поэтому так сейчас распространено цифровое спутниковое вещание и фактически завершён переход с аналога на цифру. Популярны в России НТВ+, «Триколор», «Ямал» - все вещают в цифровом виде.

### Тема 9. Кабельное вещание

Многие страны, в том числе и Россия, не спешат переходить на цифровое кабельное вещание, хотя формально приняли для себя тот или иной формат DVB-C. Наверное, это связано с особенностью кабельных линий и наличия огромного парка обычных (аналоговых) телевизоров. Для просмотра DVB-C на простом телевизоре требуется абонентская приставка STB (Set Top Box). Если абонент всегда смотрел телепередачи на своем телевизоре без всяких приставок, то тяжело его убедить потратить деньги на лишнюю вещь. Проще и дешевле добавить несколько аналоговых каналов на головной станции и не мучить абонентов. Но многие страны для безболезненного для населения перехода на цифру субсидируют покупку абонентских STB устройств, а так же, начали выпуск цифровых телевизоров, в которых уже при производстве интегрированы DVB-C и DVB-S приемники.

Для трансляции в кабельной сети используется метод модуляции - QAM— Quadrature Amplitude Modulation, на русском языке называемый квадратурно – амплитудной модуляцией.

Она предусматривает модуляцию с помощью изменения сразу двух параметров – амплитуды и фазы. Амплитуда и фаза могут занимать одно из нескольких значений.

Мировое распределение форматов DVB-C тоже выглядит логично и естественно, без разных потрясений.

### Тема 10. Наземное цифровое вещание

Совершенно противоположная ситуация наблюдается с наземным эфирным цифровым вещанием. Идет своеобразная мировая война форматов, о чем мы говорили ранее.

Хотя большинство стран подключились к проекту DVB, включая Японию, Канаду и США, но в наземном секторе продолжают продвигать свои разработки.

До сих пор единого мирового стандарта не принято. Жаль, что такой великий шанс – стандартизировать различные системы ТВ вещания – путем перехода на мировой единый цифровой стандарт, похоже упущен.



## Тема 11. Мобильное ТВ

DVB-H. Мобильное ТВ – только начало свое шествие по нашей стране. Очевидно, что вряд ли это будет широковещательный доступ. Как любые современные проекты, он должен приносить прибыль. И как сейчас молодежь за деньги скачивает на свои мобильные телефоны рингтоны и картинки, так в недалеком будущем мы будем платно подключать свои мобильные телефоны с функцией телевизора к интересующему нас телеканалу.

## Тема 12. IP-вещание

В связи с повсеместным опутыванием окружающего нас пространства мировой паутиной – интернетом, нельзя не упомянуть об IP-телевидении (IP TV). IP сети прочно вошли в нашу жизнь и активно распространяются по всему миру, достигая самых отдаленных уголков планеты. Вполне логичным выглядит использование их в качестве транспорта видео потоков. ТВ сигнал со спутника, с кабельной сети либо с эфира поступает на устройства, которые делают его пригодным для передачи по IP сети и поступают непосредственно в сеть на сервер. IP ТВ просматривается либо на экране обычного компьютера (ноутбука), подключенного к IP сети и имеющего соответствующий софт (програмное обеспечение) или на обычном телевизоре, к которому подключена специальная абонентская приставка для работы с IP сетью. Это тоже платная услуга. С абонентской приставки или с компьютера делаем запрос на вещательный сервер – подсоединить конкретную ТВ программу. Сервер, для данного абонента выдает только одну цифровую последовательность, соответствующую требуемой клиентом телепередаче.

## Раздел 14. Виртуальные студии

### Тема 1. Основные понятия и принципы

Термин «виртуальная студия» впервые прозвучал на Международном конгрессе по вещанию (IBC) в Амстердаме в 1994 г., когда была продемонстрирована обстановка простой телевизионной студии, сгенерированная в реальном масштабе времени с помощью производительного компьютера. Актер, двигавшийся в пустой комнате, на изображении оказывался в окружении декораций, созданных средствами компьютерной графики. При перемещении и панорамировании камеры, следящей за актером, в реальном масштабе времени пересчитывались все изменения положения синтезированных декораций таким образом, что создавалось впечатление реальности событий, происходящих на экране. Столь мощная обработка изображений в середине 1990-х годов явилась логическим продолжением достижений в области 2D- и 3D-компьютерной графики, которая позволяет путем вычислений синтезировать весьма сложные движущиеся изображения.

На самом деле движение к виртуальной студии началось значительно раньше, в конце 1960-х годов, когда кинематографический прием «блуждающая маска» переключался на телевидение под названием «хроматическая проекция» (chroma key). При этом изображение на экране «оконтуривалось» по границе цветового перехода (объект – фон), и оконтуренная часть изображения электронным способом заменялась другим изображением.

Физически цветовой сигнал, например синий, на переходе к другому цвету, например желтому, резко меняет уровень, и этот переход, подчеркнутый дифференцированием, и служит ключом для переключения сигнала от одного изображения к другому. Такое переключение осуществляется от строки к строке на каждом из кадров (полей) телевизионного сигнала. Если актер расположен перед камерой на синем фоне, то описанным способом можно отделить изображение актера от синего задника, заменив на первом этапе обработки сигналов синее изображение фона черным (т.е. вычеркнув из изображения область, затянутую фоном). Ключ, сформированный из цветового перехода, может осуществлять аналогичные переключения сигнала другого изображения, но противоположным образом: из другого изображения, например, плоской карты, висящей на стене, вычеркивается область, занятая на первом изображении актером. При этом получается изображение карты с черным

пятном, совпадающим с силуэтом актера. Это второй этап обработки сигналов. На третьем этапе оба сигнала изображения совмещаются, и на экране телевизора зритель видит актера на фоне карты.

В принципе изображение нового фона может быть и синтезированным (например, нарисованным), и подвижным. Принцип рирпроекции от этого не меняется. Все получается достаточно просто, если изображение «двухмерное» (т.е. отсутствует перспектива). Если же имеется перспектива, т.е. изображение просматривается как бы в глубину из-за наличия линий, теней, цветовых изменений, сходящихся в удаленной точке, зритель сразу обнаруживает обман даже при небольшом смещении камеры или «наезде» на актера с помощью трансфокатора. В этом случае нарушается соотношение размеров и углов объектов, привычно искаженных перспективой.

Средства компьютерной графики позволяют деформировать изображение и добиваться изменений изображения, которые могли бы произойти при изменении положения камеры или при ее повороте. Для этого приходится вычислять новое положение каждой точки изображения от строки к строке, от кадра к кадру.

Если подвергнуть подобному пересчету изображение фона или декораций позади актера, точно учтя при этом малейшие изменения положения и угла поворота камеры, направляемой на актера, то можно добиться достаточно полной имитации всех относительных перемещений объектов: и синтезированных (декораций), и реально снимаемых камерой (актера). Зритель в этом случае на экране увидит виртуальную сцену, практически неотличимую от реальной сцены. Правда, при этом потребуются огромный объем вычислений, производимых невероятно быстро, чтобы успеть в реальном масштабе времени (за 40 мс) вычислить новые положения 400 тыс. точек изображения, да еще с учетом всех составляющих цветов, яркости и насыщенности. Современная вычислительная техника 2d-компьютерной графики с этим справляется.

Но глаз человека обмануть трудно. Зритель ощущает (может быть, и неосознанно) определенное неудобство, если не видит никаких предметов между собой и актером. Ему недостает декораций перед актером. Чтобы устранить эту помеху на пути к пониманию замысла художника, приходится синтезировать новое изображение «передних» декораций. Это требует новых вычислений в том же интервале времени. Если вычисления проведены корректно (это по силам средствам 3D-компьютерной графики), зритель радуется впечатлению, полученному от игры актера на виртуальной сцене (в виртуальной студии), не замечая подделки, осуществленной с помощью новых технологических средств.

Однако для получения корректных результатов расчетов, определяющих новые положения точек изображения, необходимо задать корректные исходные данные, например, о новом местоположении телевизионной камеры и новом направлении объектива. Точность должна быть такой, чтобы погрешность не превышала половины расстояния между двумя соседними элементами изображения на экране, иначе зритель может вновь обнаружить подделку. Задача точного определения линейных и угловых координат телевизионной камеры в динамике прямым способом технически весьма сложна, были придуманы способы внешней «привязки» координат.

Из-за большого объема вычислений, необходимых для формирования сигнала виртуальной картины, возникает задержка между реальными действиями на виртуальной сцене и моментами завершения формирования соответствующих результатов сигналов изображения. Поэтому в канал прямой съемки вводится задержка, компенсирующая временное рассогласование. Близкая к этому задержка вводится и в звуковые каналы, поскольку при формировании цифровых сигналов звукового сопровождения от микронов требуется значительно меньше времени, чем для обработки сигналов изображения.

При телевизионных съемках в виртуальной студии артист фактически находится в пустом помещении и его действия должны быть согласованы с окружающими его по замыслу режиссера виртуальными декорациями, чтобы помочь артисту ориентироваться в виртуальном пространстве, используют «подсказку» в виде результирующего изображения на экране видеомонитора, где артист изображен уже в виртуальном пространстве.

Итак, виртуальная студийная система, или «виртуальная студия», представляет собой сценическое пространство с задником определенного монохромного цвета, сценическим освещением и набором оборудования. Этот набор включает в себя телевизионную камеру с камерным каналом (их может быть несколько), видеомикшер с системой рирпроекции, производительный процессор со средствами 2D- или 3D- компьютерной графики, средства определения координат телевизионной камеры, а также звукотехнические средства (микрофоны, микшерный пульт, искусственные линии задержки и т.п.). Дополнительно для артиста предусматривается видеомонитор подсказки.

## Тема 2. Особенности виртуальных студийных систем

Известно несколько методов реализации виртуальной студии: применение предварительно представляемой графики, применение 2D-графики и применение 3D-графики.

Для создания иллюзии виртуальной реальности следует учитывать, что любое движение камеры, которое влияет на переднее изображение, влияет и на заднее (фоновое) изображение. Во всех случаях следует использовать одну или несколько роботизированных камер.

### Предварительно представляемая графика

В первой из систем используется предварительно подготовленное с помощью графики изображение задника, которое записывают на видеодиск. (Изображение задника может быть в виде рисунка или фотографии.) Это изображение воспроизводят и используют как опору для управления движением роботизированной камеры. Если место для камеры выбрано удачно, то иллюзия получается достаточно хорошей. Этот метод широко используется в новостных передачах ВВС. Недостаток метода состоит в том, что все сюжеты должны быть одинаковыми. Несмотря на то, что может быть создано любое новое движение, оно потребует такого длительного периода самоустановки камеры, что ни артист, ни оператор не рискуют допустить ни малейшего отклонения от сюжета.

Когда в видеосюжете не требуются движения артиста или когда они ограничиваются небольшими наездами и откатами камеры (случай «говорящей головы»), необходимость в применении суперкомпьютеров для предварительной подготовки изображения отсутствует до тех пор, пока камера не начнет двигаться. В этом случае для получения виртуального изображения достаточно использовать обычную систему цифрового видеомонтажа.

### 2D-графика

Если артист перемещается в виртуальной студии и съемка производится камерой, установленной на штативе, то для пересчета положений заднего плана требуется применение средств 2D-графики, а для отслеживания поворотов камеры необходимо использование дополнительного процессора управления движением. Характерным примером оборудования для этих целей служит комплект 2D Virtual Scenario фирмы Radomec Broadcast.

### 3D-графика

В случае линейного перемещения камеры вдоль сцены и ее поворотов необходимо применение двух процессоров управления и более мощных

вычислительных средств 3D-графики, для реализации которых часто используют суперкомпьютеры фирмы Silicon Graphics, например Опух.

#### Управление камерами

Для управления телевизионными камерами виртуальные студии оснащаются специальными сенсорными головками, на которые устанавливаются камеры. Помимо углов поворота камеры эти головки позволяют отслеживать фокусировку и положение трансфокатора. Принцип их действия основан на использовании сигналов от датчиков, фиксирующих углы поворота движущихся частей камеры. Они сложны и дорогостоящи. Стоимость такой головки, например Memory Head фирмы Ultimatte, может превышать стоимость самой камеры.

Значительно дешевле другие способы определения угловых и пространственных координат камеры с «привязкой» к внешним координатам. Фирма ORAD использует определение координат камеры с помощью рисунка (нерегулярной матрицы), нанесенного на задник виртуальной студии. Во время съемок этот рисунок воспринимается системой распознавания образцов и происходит вычисление пространственного положения камеры относительно задника сцены. В этом случае отпадает необходимость в сложных и дорогостоящих сенсорных головках. Кроме того, оператор меньше стеснен ограничением своего перемещения вдоль рампы.

В другой системе внешней «привязки» камер, именуемой free-d, используют потолочные светильники с нерегулярной структурой световых отражателей. Камера при этом снабжается специальным преобразователем, расположенным на ее верхней горизонтальной поверхности, который передает воспринимаемый световой рисунок на систему опознавания образов, вычисляющей координаты камеры относительно потолка студии. При использовании этой системы оператор может свободно перемещаться не только вдоль рампы, но и вглубь сцены.

### Тема 3. О применимости виртуальных студий

Сразу после первой демонстрации виртуальные студии стали популярными среди производителей телевизионной продукции и кинопродукции. Это неудивительно, потому что для производства фильмов открылись совершенно новые горизонты. Во-первых, появились новые художественные возможности реализовать практически любое сценическое пространство, которое только может быть подсказано фантазией художника. Во-вторых, создание декораций для оформления сцен не требует напряженной работы целых цехов со всеми производственными и

вспомогательными службами. Отпадает потребность в материалах для изготовления декораций. Наконец, отпадает необходимость в немалых площадях, для размещения цехов для изготовления и складирования декораций. В итоге могут быть сэкономлены огромные средства, которые обычно затрачиваются на оформление сцен для съемок.

Нельзя сказать, что виртуальные студии достаются производителю кинофильмов и телевизионных программ бесплатно. Стоимость только одного суперкомпьютера, используемого для вычислений, превышает в настоящее время 50 тыс. долл. США. Стоимость необходимого программного обеспечения (ПО) приближается к стоимости суперкомпьютера. Требуются и другие дорогостоящие составляющие для реализации виртуальной студии (сенсорные головки камер или потолочная матрица из специальных светильников для слежения за положением камеры, камеры слежения, блоки искусственной задержки сигналов и др.). И все же затраты на создание виртуальной студии практически всегда окупаются менее чем за полгода.

За несколько лет многие десятки крупнейших телецентров мира и крупные киностудии оснастились комплектами виртуальных студий, несмотря на их высокую стоимость. Свыше десятка крупнейших компаний мира интенсивно работают в области создания нового оборудования и ПО обеспечения для виртуальных студий. Стоимость нового оборудования для виртуальных студий постоянно снижается, а функциональные возможности вновь создаваемых систем растут.

Виртуальная студия применяется для самых разнообразных целей, среди которых необходимо отметить следующие:

- выпуск в прямой эфир информационных передач с демонстрацией событий в реальном времени;
- производство и выпуск информационных передач с предварительной подготовкой задних планов (карт погоды, фрагментов событий, динамических иллюстративных материалов);
- производство зрелищных и информативных спортивных передач;
- отображение ситуаций и событий в различных сферах деятельности людей (стихийные бедствия, экологическая обстановка, состояние отраслей хозяйства, события в финансовой сфере, события в политической сфере и т.п.);
- производство учебных фильмов и учебных материалов различного назначения;
- производство мультипликационных фильмов.

## **Раздел 15. Технология телевидения.**

### **Типовой технологический процесс**

#### Тема 1. Подготовительная стадия

Независимо от используемых технологических принципов стадия подготовки к производству передач включает в себя 4 технологических процесса:

- сбор и обработка информации (текстовой, видео-, звуковой);
- подготовка и написание сценария передачи (например, видеофильма);
- подготовка и производство декораций, бутафории, иных материалов;
- осуществление организационно-административных мероприятий (командирование съемочной группы, приглашение исполнителей, заказ технических средств и т.п.).

Если еще несколько лет тому назад для выполнения упомянутой подготовительной работы использовали шариковую ручку и средства телефонной связи, то в настоящее время для этих целей применяют современные средства оргтехники на основе персональных компьютерных, включенных в вычислительную сеть. Доступ к данным, включая видео- и звукоданные, осуществляется по сети. Готовый отредактированный материал после «подписания» «электронной подписью» транслируется в сервер или следующему участнику технологического процесса. Автоматизированное рабочее место для выполнения подготовительной работы обычно содержит персональный компьютер и периферийное оборудование различной конфигурации в зависимости от требуемого набора необходимых технологических функций на каждом из рабочих мест.

#### Тема 2. Производственная стадия

Производственная стадия начинается с видеосъемок. Здесь технологический процесс разветвляется в зависимости от видов и условий проведения видеосъемок.

Видеосъемки в телевизионной студии. В телевизионной студии вначале устанавливают предварительно изготовленные декорации и мебель, образуя сценическое пространство; устанавливают необходимое сценическое освещение; расставляют микрофоны; направляют видеокамеры и проверяют исправность каналов. Поле этого может начинаться процесс видеосъемки.

В зависимости от сложности снимаемого сюжета видеосъемка может осуществляться одной, двумя или тремя камерами, которые могут



управляться либо непосредственно видеооператорами из студии, либо дистанционно видеорежиссером из видеоаппаратной.

Реквизит, бутафорию, мебель, задники, декорации для создания сценического пространства обычно изготавливают в специальных цехах вблизи студии.

Один из вариантов минимизации численности персонала реализуется при безоператорской видеосъемке с помощью дистанционно управляемых камер.

Видеорежиссер, камерный оператор, оператор света из аппаратной управляют видеокамерами, сценическим освещением, видеомикшером, добиваясь необходимого видеообраза. Звукорежиссер, управляя звуковым микшером, входящим в состав автоматизированного рабочего места звукорежиссера (АРМзрж), создает соответствующую звуковую картину. Сигналы изображения и звука записывают на цифровых устройствах видео- и звукозаписи или на накопителях видео- и звукоданных либо подают непосредственно в видеосервер. В последнем случае к записываемому сигналу немедленно получают доступ последующие участники процесса создания видеофильма.

Видеосъемки в виртуальной студии. Виртуальная студия в отличие от видеостудии не требует никаких декораций. Все виртуальное «сценическое пространство» с мебелью, задниками, с движущимися предметами и объектами и т.п. создается компьютерными средствами из ранее записанных изображений и видеосюжетов, в том числе и сюжетов, созданных видеодизайнером. Исполнитель, находясь, по сути, в пустом помещении, видит на экране монитора себя в виртуальном пространстве и относит свои действия к увиденным. Видеорежиссер изменяет виртуальное сценическое пространство в соответствии со сценарием видеофильма и художественным замыслом программными средствами.

Прогресс в этой области привел к коренному пересмотру принципов построения телецентров и видеостудий (в том числе киностудий). Стали ненужными цеха по производству декораций, цеха живописи для производства задников (с мокрыми процессами красильных участков), участки внутреннего транспорта, многочисленные склады и служебные помещения с соответствующим оборудованием, механизмами и обслуживающим персоналом. Все это заменяет автоматизированное рабочее место видеодизайнера с малогабаритной аппаратурой и мощными программными средствами.

Внестудийные видеосъемки. Видеосъемки различных событий, мероприятий, натурные съемки на выезде осуществляют вне студий с

применением передвижных телевизионных станций (ПТС) или репортерских средств видеозаписи (например, комплекта видеожурналиста).

ПТС представляет собой технологический комплект аппаратно-студийного блока, смонтированный в салоне автомобиля. Он содержит переносные ТВ камеры с камерными каналами, треноги к ним, мобильные светильники, микрофоны, видеомикшер, звукомикшер, средства записи сигналов изображения и звука, видео- и звукомониторы, а также автономный источник электропитания. ПТС может содержать средства связи для передачи снимаемых или записанных сюжетов на телецентр для выпуска в эфир или последующей обработки.

Комплект видеожурналиста в простейшем случае включает в себя видеокамеру с направленным микрофоном, видеомагнитофоном и/или накопителем на диске, малогабаритные светильники заливающего света, источники автономного питания и иногда штатив для камеры. Он может быть дополнен камерным каналом со средствами передачи сигналов по кабельному каналу или радиоканалу. Съемку обычно осуществляет видеооператор. Иногда ему может помогать ассистент. Записанный видеоматериал со звуковым сопровождением поступает к следующему участнику технологического процесса в виде видеофонограммы либо в сигнальной форме по каналу связи.

Отснятый в ТВ-студии, в виртуальной студии, вне студии материал поступает для дальнейшей обработки в виде видеофонограммы, записанной на видеокассете или на съемном оптическом или жестком магнитном диске, либо в виде файлов, записанных в накопителе видеосервера.

В дальнейших технологических процессах используется только что записанный (упомянутый выше) материал или ранее записанный материал из видеофонотеки, фонотеки или накопителя видеосервера, а также материал, синтезированный видеодизайнером. Эти процессы включают в себя: монтаж видеофонограмм, синтез и обработку изображений, озвучивание видеофонограмм, сведение видео- и фонограмм, просмотр видеофильма, сдачу-приемку видеофильма, кодирование видеофильма, изготовление тиража копий видеофильмов.

Монтаж видеофонограмм. Последовательно производят монтаж коротких фрагментов, затем монтаж сцен и, наконец, монтаж сюжетов. Монтаж состоит в нахождении видеоматериалов, обычно записанных на различных носителях, фрагментов, сцен и сюжетов, и в выстраивании их в один видеоряд с обработкой и без обработки сигналов для достижения необходимого смыслового и эмоционального эффекта.

Вначале осуществляют поиск и разметку исходных материалов и составляют список монтажных решений. Затем в соответствии со списком монтажных решений в ручном режиме (точка за точкой), в полуавтоматическом режиме (по группам точек, относящихся к одному и тому же носителю записи) или в автоматическом режиме (все точки за один проход) производят перестановку фрагментов, сцен и сюжетов. В зависимости от принятой технологии и применяемого оборудования монтаж может осуществляться с перезаписью материала или без нее, с разрушением (изменением) или с сохранением исходного материала.

Монтаж аналоговых видеофонограмм связан с перезаписью исходного материала на новый носитель, что неизбежно приводит к накоплению искажений и шумов с каждой очередной перезаписью. Поскольку для достижения необходимого художественного или эмоционального эффекта иногда требуется многократный монтаж (кратность может достигать 10 и более), применение аналоговой записи при производстве ТВ-передач и видеофильмов следует исключить из рассмотрения.

Самым эффективным в настоящее время является монтаж с применением рабочих станций (видеостанций), объединенных в вычислительную сеть. «Нелинейный» монтаж в этом случае осуществляется в видеосервере, а видеостанции играют роль удаленных терминалов. Сразу после реализации монтажного решения смонтированный материал становится доступным следующему участнику технологического процесса.

Синтез и обработка изображений. Синтез изображений применяется для подготовки иллюстративных материалов и для изготовления виртуальных задников, мебели и других предметов виртуальной сцены. Синтезируемые изображения «привязываются» к желаемой точке в виртуальном пространстве и могут по заданной программе или вручную перемещаться в шести степенях свободы с изменением или без изменения масштаба в каждой из координат. В качестве исходных изображений могут быть использованы либо «примитивы», либо реально снятые телевизионные изображения, либо ранее синтезированные изображения, предварительно записанные в память, и, наконец, изображения, непосредственно создаваемые видеодизайнером с помощью светового пера или иных средств компьютерной графики.

В соответствии с заданием видеодизайнер выбирает из памяти необходимое число исходных изображений и, переходя от одного изображения к другому с желаемыми изменениями, создает иллюстративный материал или виртуальную сцену, причем список дизайнерских решений при этом автоматически записывается в память. Возврат к любому из

предыдущих вариантов решений происходит немедленно по запросу пользователя оборудованием рабочего места видеодизайнера.

Озвучивание видеофонограмм. Озвучивание начинается с записи сигналов звука, которая осуществляется в студиях и в студийных условиях. Часть звуковых сигналов записывается на видеоленту (диск) одновременно с записью сигналов изображения в процессе видеозаписи. Другие сигналы звука могут быть записаны на отдельный носитель записи с помощью специализированных средств звукозаписи (цифровых магнитофонов, многоканальных накопителей звука, звуковых станций), причем в этом случае осуществляют синхронизацию аппаратуры звуко- и видеозаписи. Возможны случаи записи звука «под видеограмму», когда актер озвучивает видеограмму в процессе ее воспроизведения, наблюдая изображения. Наконец, могут осуществлять несинхронную запись звука, когда этот звук не связан непосредственно с данным изображением.

Управляет записью звука звукорежиссер, который с помощью пульта звукорежиссера формирует звуковую картину, объединяя сигналы от различных источников вначале в группы, а затем объединяя групповые сигналы с определенной обработкой в стереофонические сигналы двухканальной или многоканальной стереофонии. Обработка звуковых сигналов осуществляется с помощью пульта и с помощью внешних устройств обработки (процессоров) звуковых сигналов, входящих в состав АРМзрж.

Наиболее продуктивной для создания ТВ передач является многоканальная запись звука, которая позволяет не только гибко использовать записанный на отдельных «дорожках» звуковой материал, но и значительно экономить средства за счет резкого снижения потребности в повторной записи групп исполнителей. Неудачное исполнение одного из участников не приводит к необходимости повторной перезаписи исполнения всей группы.

Сведением многоканальных фонограмм может осуществляться с использованием того же оборудования, которое используют для многоканальной записи. Сведение фонограмм в этом случае состоит в совмещении во времени сигналов, записанных на различных носителях и/или дорожках записи, с требуемыми обработкой и наложениями сигналов для получения необходимой звуковой картины. Полученные сведенные фонограммы хранят в фонотеках (видеофонотеках) и в дальнейшем используют как исходный материал для озвучивания и сведения видеофонограмм.

Сведение видео- и фонограмм состоит в совмещении визуального образа и звуковой картины ТВ-программы. Звуковую часть программы (звукоряд) записывают на том же носителе записи, на котором записана видеочасть программы (видеоряд) с соблюдением всех необходимых временных соотношений. Наиболее удобным оборудованием для этих целей служит упомянутая ранее видеостанция.

После завершения сведения видео- и фонограмм видеофонограмма с записанной программой поступает для просмотра ее создателями с целью определения ее содержательной и художественной завершенности и технического качества. Просмотр осуществляют в комнате (зале) просмотра, отвечающего требованиям, которые нормируются для субъективной оценки качества изображения и звука в части светотехнических, акустических и иных условий. В частности, для просмотра видеофильмов используют ТВ-мониторы или проекторы высокого разрешения, высококачественные звуковые мониторы, свойства которых сопрягают со светотехническими решениями и с акустическими свойствами помещения.

### Тема 3. Завершающая стадия

#### Сдача-приемка передачи

После предварительного просмотра передачи предъявляют к сдаче-приемке компетентному составу специалистов, которые выносят решение о пригодности передачи к выпуску, размножению и/или архивированию. Этот процесс начинается просмотром передачи в просмотровом помещении и завершается принятием решения о завершении работы над ней.

#### Архивирование передач

Прежде чем видеофонограмму передают в видеофонотеку, или размножают, или транслируют, осуществляют кодирование видеофонограммы – введение в нее служебной и дополнительной информации (метаданных), полностью отражающей все необходимые технические, содержательные и юридические выходные данные. Эти данные обычно содержат сведения о наименовании, содержании, длительности передачи (например, видеофильма) и всех ее частей, времени и месте создания; о параметрах кодирования сигналов и формате видеофонограммы; об авторских правах и иные сведения. Код видеофонограммы используется для автоматического управления оборудованием и для автоматизации идентификации видеофонограмм пользователем, а также в юридических целях. Кодирование видеофонограммы производят с применением компьютера.

Полностью завершенная и закодированная видеофонограмма в дальнейшем подвергается размножению с целью получения тиражных копий для обмена, копий долговременного и краткосрочного хранения. Оригинал и копии передач подлежат обязательной регистрации с целью учета.

#### Изготовление тиража копий

Изготовление тиражных копий передач (обычно видеофильмов) производят либо на производительном специальном оборудовании, либо с использованием штатных средств записи (перезаписи) видеофонограмм, в зависимости от тиража видеофильмов и применяемого носителя записи.

#### Формирование расписания и выпуск программ

По мере завершения процессов производства передач они накапливаются в виде видеофонограмм в видеофонотеке или в виде файлов в видеосервере. Формирование программы заключается в выстраивании в необходимой последовательности (в соответствии с расписанием) готовых к выпуску передач. Составляется список эфирных решений («микрофонная папка» или «плей-лист» (от англ. play list), который содержит наименования передач с их продолжительностью в той последовательности, в которой они должны быть выпущены в эфир. В список могут быть включены и прямые передачи, вставки ведущего, вставки прямой трансляции, а также рекламные вставки. Редактирование расписания сводится к перестановкам перечисленных передач и вставок, выкидкам или новым вставкам.

В случае применения ленточной технологии видеофонограммы в необходимой последовательности устанавливаются в соответствующие видеоманитроны и подгоняют к началу передачи. После воспроизведения одной видеофонограммы в видеоманитроны устанавливают следующие фонограммы и т.д. Процесс выпуска программ осуществляется в аппаратной выпуска, в основном в ручном режиме.