

ПРЕДИСЛОВИЕ

Начало перехода к цифровому телевизионному (ТВ) вещанию стало подлинной революцией на рубеже XX–XXI веков. Цифровое телевидение, дающее значительное увеличение эффективности передачи по каналам связи сигналов изображения и звука, увеличение числа программ и сервиса для телезрителей, должно занять ведущее положение в ТВ вещании, поэтому подготовка специалистов по цифровому ТВ является важной задачей.

Области применения методов кодирования и сжатия видеоинформации весьма разнообразны: от передачи и хранения изображений до спутниковых цифровых телекоммуникационных систем.

Если цифровому телевизионному вещанию посвящено много научных работ и статей, то цифровой технике прикладного телевидения уделено значительно меньшее внимание, хотя роль и значение прикладного телевидения в настоящее время возрастает. В учебниках и пособиях этому вопросу уделяется также недостаточное внимание.

В науке, производстве, охране объектов, в военном деле, медицине и быту без прикладного телевидения не обойтись. Также не уделяется должное внимание и подготовке специалистов по обслуживанию и проектированию систем прикладного телевидения.

Основной задачей настоящего пособия является ознакомление студентов с основами построения цифровых систем вещательного и прикладного ТВ, с применяемой аппаратурой и её назначением.

В пособии освещены в основном только те вопросы, которые нашли отражения в учебных планах по подготовке специалистов направления 210700 — «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» профиля «Радиотехника» по дисциплинам «Системы цифрового вещательного и прикладного телевидения», «Основы телевидения и видеотехники, а также направления 210400 для профиля «Цифровое телерадиовещание» по дисциплинам «Телевидение», «Системы и сети цифрового телерадиовещания», «Информационные технологии в телевидении».

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов радиотехнических специальностей и может быть использовано при написании курсовых и дипломных проектов, при прохождении производственной практики, будет полезным также и для инженерно-технических работников по вещательному и прикладному телевидению.

ВВЕДЕНИЕ

Практическая реализация телевидения стала возможной благодаря ряду открытий и изобретений, сделанных в различных областях науки и техники. Выдающую роль в развитии телевидения сыграли русские и советские учёные. В 1888 г. А.Г. Столетовым впервые в мире были выполнены фундаментальные исследования фотоэлектрических явлений, положивших начало развития фотоэлектрических приборов, имеющих важное значение для телевидения. Работы А.Г. Столетова заложили фундамент создания фотоэлектрических приборов.

Изобретение радио — заслуга нашего выдающегося соотечественника, талантливого русского ученого профессора А.С. Попова. Первая публичная демонстрация устройства А.С. Попова для приема электромагнитных волн состоялась в Петербурге на заседании Русского физико-химического общества 7 мая 1895 г. Этот день и вошел в историю как день изобретения радио. В марте 1896 г. А.С. Попов передал электрическими сигналами без проводов текст, состоящий из двух слов «Генрих Герц», на расстояние всего 250 м. А уже в 1900 г. радиосвязь была использована на практике при снятии с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин» и при спасении рыбаков, унесенных в море.

Первая советская радиовещательная станция в Москве была открыта в 1922 году. Она имела мощность около 12 кВт и была в то время самой мощной в мире.

Впервые в мире российский учёный Б.Л. Розинг в 1907 г. предложил воспроизводящее устройство — кинескоп, что послужило началу развития электронного телевидения.

Первая передающая ТВ трубка, в которой удалось практически реализовать эффект накопления зарядов, была изобретена 24 сентября 1931 г. русским учёным профессором С.И. Катаевым, основателем кафедры телевидения в Московском электротехническом институте связи, в дальнейшем переименованного в Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ). На четыре дня раньше профессором С.И. Катаевым в соавторстве с Ю.С. Волковым была подана заявка на изобретение приёмной ТВ трубки, основанной на применении керр-эффекта (поляризация светового потока для управления интенсивностью свечения ТВ экрана). Предложенное здесь

техническое решение используется во многих современных воспроизводящих ТВ устройствах,

В 1932 г. С.И. Катаевым была опубликована статья, содержащая подробное описание передающей телевизионной трубки и способа изготовления мозаичного фотокатода. Это было первое в мировой литературе сообщение о практической конструкции передающей телевизионной трубки с накоплением заряда. В середине 1933 г. в лаборатории Всесоюзного электротехнического института были изготовлены опытные экземпляры отечественной телевизионной передающей трубки. За границей работы по созданию передающей трубки с накоплением были проведены русским учёным В.К. Зворыкиным в США. В середине 1933 г. корпорацией RCA была изготовлена передающая трубка, названная иконоскопом.

Прибор, разработанный В.К. Зворыкиным, по принципу действия практически не отличается от передающей трубки С.И. Катаева. Заявка на изобретение была подана С.И. Катаевым раньше заявки В.К. Зворыкина. Следует также учитывать тот факт, что до подачи заявки на патент К.В. Зворыкин приезжал из США в Москву и лично встречался с С.И. Катаевым. Изобретение передающей трубки с накоплением явилось важным этапом в развитии телевидения. Иконоскоп успешно применялся во многих странах более 20 лет.

В 1933 г. советскими учёными П.В. Шмаковым и П.В. Тимофеевым была предложена передающая трубка, названная в последствии супериконоскопом, которая отличается от иконоскопа более высокой фоточувствительностью и меньшими габаритами. Поэтому супериконоскопы вытеснили полностью иконоскопы и много лет использовались в телевизионных студиях.

С 1931 г. по 1938 г. в СССР проводились опытные радиопередачи телевидения по механической системе с разложением изображения на 30 строк. В 1935 г. в СССР под руководством Я.А. Рыфтина был разработан комплект системы электронного телевидения более высокой чёткости — 180 строк.

В 1938 г. Московский телевизионный центр на Шаболовке, оборудованный аппаратурой электронной системы с разложением изображения на 343 строки, начал регулярное телевизионное вещание. Несколько раньше, в 1937 г., вступил в строй Ленинградский телевизионный центр. В связи с войной их работа была прервана до 7 мая 1945 г.

В 1948 г. в СССР был введен новый стандарт разложения на 625 строк при 25 кадрах в секунду, предложенный профессором С.И. Катаевым. Этот стандарт впоследствии был принят в большинстве стран мира. С тех пор телевидение в нашей стране развивается быстро нарастающими темпами. С 1 октября 1967 г. было начато регулярное цветное телевизионное вещание по системе СЕКАМ.

Современное состояние телевизионного (ТВ) и звукового вещания на территории России можно кратко охарактеризовать следующими данными. В пользовании у населения находится более 100 млн. телевизоров. Распространяются десятки федеральных программ телевидения и значительное количество местных программ.

Охват населения России одной программой составляет около 100 %. По состоянию на 01 января 1999 г. функционировало 332 ТВ станции мощностью более 1 кВт, 7500 станций мощностью менее 1 кВт и около 9000 ретрансляторов со спутниковыми приемными антеннами [27].

Распределение сигналов ТВ программ на территории России осуществляется с помощью разветвленной сети радиорелейных линий и спутниковых систем связи «Орбита», «Экран» и «Москва». В наземной распределительной сети используются свыше 300 тыс. каналокилометров наземных РРЛ. В крупных городах России развиваются системы кабельного телевидения. В настоящее время всё более высокими темпами развивается спутниковое телевидение непосредственного телевизионного вещания, позволяющее принимать ТВ сигналы с высоким качеством как в городах, так и в сельских местностях независимо от удалённости от города. В крупных городах начало появляться сотовое телевидение, основными достоинствами которого является высокое качество ТВ приёма и отсутствие такого дорогостоящего сооружения, как высотная телевизионная башня; бурными темпами внедряется кабельное телевидение; к 2015 г. планируется завершить переход на цифровое ТВ вещание. Отметим основные достижения техники ТВ вещания за последние 5...7 лет [2].

Ноябрь 2005 г. — начало экспериментального цифрового вещания в стандарте DVB-T в г. Якутске и 21 декабря 2005 г. в г. Саранске.

10 марта 2006 г. — начало тестового мобильного ТВ вещания в России компанией МТС, а в августе 2006 г. в Москве и С.-Петербурге компанией «Скай Линк» запущено мобильное ТВ в стандарте CDMA.

2006 г. впервые в России в г. Челябинске осуществлено опытное многоканальное эфирное цифровое вещание (10 программ) в стандартной полосе 8 МГц в стандарте MPEG-4.10.

28 апреля 2007 г. началось вещание в компании «НТВ-Плюс» спутниковых программ в стандарте HDTV (1080i, MPEG-4.10) в телеканалах «HD-Кино», «HD-Спорт» и «HD-Life».

Кроме вещательного телевидения, в настоящее время бурными темпами развивается прикладное телевидение. Это, в первую очередь, охранное телевидение, ТВ системы наблюдения на транспорте в строительной технике (например, на больших подъёмных кранах), системы для технологического контроля в промышленности, видеоконт-

роля в медицине, астрономии, системы военного телевидения (особо точного оружия) и ТВ системы в других областях науки и техники.

Телевизионные системы по характеру решаемых задач делятся на вещательные и прикладные. Последние в свою очередь подразделяются на системы визуального отображения, воспроизводящие для оператора обстановку в пределах контролируемого пространства и не производящие вычислительную оценку параметров (характеристик) наблюдаемого изображения, соответствующего ТВ сигналу, и измерительные, с помощью которых проводится количественный анализ таких параметров.

Системы прикладного телевидения предназначены для передачи и приема изображений в промышленности, науке, образовании, медицине, военном деле, обеспечении безопасности и других областях деятельности человека. Главным отличием систем прикладного телевидения от систем ТВ вещания является ограниченное количество получателей информации. Поэтому в прикладном телевидении нет необходимости в такой жесткой стандартизации параметров разверток и сигналов, как в ТВ вещании.

Цифровые технологии в прикладном телевидении используются в первую очередь для сжатия спектра видео- и аудиоинформации с целью передачи по узкополосным каналам связи и записи в запоминающие устройства (ЗУ) для анализа изображений с целью автоматизации некоторых функций системы.

В частности, прикладные ТВ системы используются для автоматизации при выполнении работ физического, биологического, медицинского характера, производственно-технологических процессов, астрономических наблюдений, при исследовании природных ресурсов и космоса. В связи с этим возросли требования к точности и эффективности ТВ систем.

Другой важной тенденцией следует считать универсальность ТВ систем, т. е. способность решать различные задачи без существенной перестройки аппаратуры за счет изменения алгоритмов управления и обработки данных. Это, в первую очередь, связано с применением ЭВМ в ТВ измерительных системах (ТВИС).

Телевизионное изображение — это отображение пространственных и временных изменений яркости, цвета или других физических параметров исходного изображения. С математической точки зрения ТВ изображение представляет собой многомерную скалярную функцию.

В аналоговом телевидении параметры изображения являются непрерывными (по горизонтали внутрикадрового пространства) функциями пространственных и временных координат, в цифровом они представляются упорядоченными множествами отсчетов, дискретизиро-

ванных по пространственному, временному и цветовому направлениям и квантованных по характеристическому параметру.

По сравнению с классическим аналоговым телевидением цифровое телевидение представляет собой более высокую стадию развития.

Преимущества цифровых методов передачи ТВ сигналов по сравнению с аналоговыми заключаются в следующем:

- высокая динамика оперативного и адаптивного управления режимами функционирования и характеристиками оборудования;
- широкое применения электронных ЗУ, причем качество цифровых сигналов почти не зависит от времени их хранения;
- достигнутое отношение сигнал-шум чаще всего не зависит от числа выполняемых с цифровыми ТВ сигналами операций;
- выходной сигнал цифровых ТВ трактов не накладывает жестких требований на стабильность их коэффициента усиления;
- в значительно меньшей степени проявляются градационные искажения;
- реализация эффективных методов цифровой обработки сигналов при кодировании, преобразовании и декодировании ТВ изображения;
- возможность миниатюризации электронной аппаратуры с одновременным повышении качества изображений, значительной экономии электроэнергии, долговечности и надежности ее работы.

Все перечисленные выше факторы определили развитие технического прогресса и активное внедрение ТВ систем во многие отрасли народного хозяйства.

Цифровая обработка сигналов ТВ изображений важна тем, что является, по сути, основой создания нового поколения ТВ техники. Однако для передачи информации в цифровом виде без использования специальных процедур сжатия требуется существенное увеличение пропускной способности каналов связи, что влечет за собой разрушение действующих частотных планов.

Цифровые методы обработки сигналов в настоящее время широко практикуются на телецентрах и в прикладном телевидении. Планируется к 2015 г. полностью перейти на цифровое ТВ вещание. Это стало возможным благодаря достижениям в микросхемотехнике и совершенствованию методов обработки и сжатия спектра сигналов ТВ изображений, определяющих соответствующее снижение необходимой скорости цифрового потока в канале связи.

Цифровое преобразование сигналов изображений широко используется в вещательных, измерительных и прикладных ТВ системах. Назначение цифрового преобразования изображений состоит в создании условий для улучшения качества и распознавания изображения

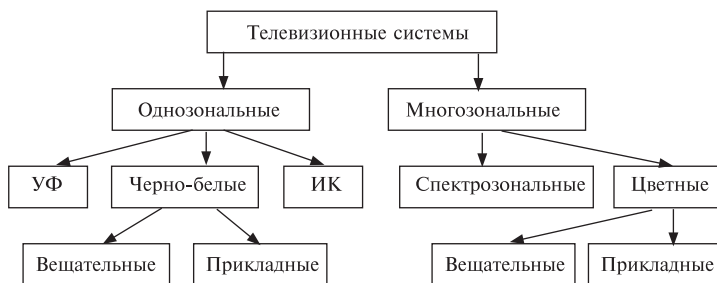


Рис. В.1. Классификация ТВ систем по спектральному диапазону

(например, цветное контрастирование в рентгено- или ультразвуковой медицине, дефектоскопии, многозональных ТВ установках, микроскопах и т. д.).

Вместе с тем, методы преобразования и анализа текущей пространственно-временной и цветовой структуры сигналов ТВ изображений активно применяются в современной технике связи, компьютерной технике, медицине, экологии, кинофототехнике и в других областях [1–5].

В прикладном телевидении в значительной степени используются способы цифровой обработки сигналов, характерные для вещательного телевидения. Например, при цветовом контрастировании черно-белых изображений раскрашиванию подвергаются только крупные детали, а мелкие детали черно-белого изображения позже подмешиваются в цветное изображение для получения высокой четкости. Глаз не замечает подобной манипуляции в силу ограниченной цветовой разрешающей способности. Архивирование ТВ сигналов и их передача по каналам связи по запросу является актуальным направлением развития систем прикладного телевидения.

Следует также отметить, что спектральный диапазон функционирования прикладных ТВ систем (ПТС) является существенно более широким (250...2500 нм) по отношению к системам вещательного телевидения (380...760 нм).

Принимая за критерий оценки диапазон спектральной чувствительности, все ТВ системы можно разделить на два класса: однозональные и многозональные (рис.В.1) [1].

Однозональные ТВ системы могут функционировать как в видимой, так и в невидимых (УФ и ИК) областях спектра. Форма и ширина характеристик спектральной чувствительности систем могут быть произвольными. Исключение составляют только черно-белые системы, характеристика спектральной чувствительности которых должна соответствовать кривой видности глаза.

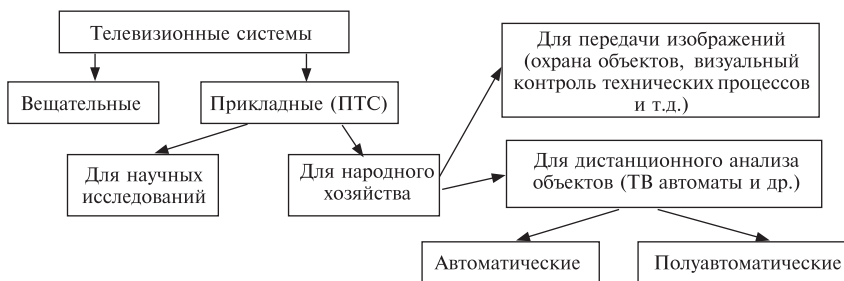


Рис. В.2. Классификация систем по назначению

Многозональные ТВ системы делятся на цветные (вещательные и прикладные) и спектрональные (СТС), предназначенные для одновременного анализа пространственно-временного распределения лучистого потока объекта передачи в двух или более зонах оптического диапазона. Такие системы позволяют получить значительно больший объём информации по цветовому направлению, чем однозональные или цветные.

По назначению ТВ системы можно разделить на вещательные и прикладные (рис. В.2).

Системы вещательного ТВ хорошо известны из литературы. Системы прикладного ТВ динамично развиваются, проникая во всё новые отрасли народного хозяйства и в научные исследования. Остановимся более подробно на системах для дистанционного анализа объектов. Они могут работать в стандарте ТВ вещания, в малокадровом режиме, малострочном и однострочном, могут работать как в видимой части, так и в УФ и ИК областях спектра. Полученные видеoinформационные сигналы используются для формирования сигналов управления, специфика контролируемого процесса или функционирования объекта может отражаться на экране монитора в виде изображений или в виде цифровой индикации.

В заключении следует отметить роль вещательного и прикладного телевидения в общеобразовательном процессе в школах и вузах страны. Современный образовательный процесс невозможно представить без телевидения. К сожалению, мы пока недооцениваем его роль, хотя за рубежом в рамках Болонского процесса учебное ТВ практически внедрено во все учебные заведения, а по каналам ТВ вещания организованы передачи наиболее важных разделов образовательных программ, большое внимание придаётся и дистанционному обучению.

Открываются новые возможности создания видеосетей, способных осуществить интерактивный режим работы для пользователя (возможность выбора ТВ программы, учебного материала и т. д.).