

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ: КОНТРАСТ, ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН, РЕЗКОСТЬ

А. Гонта

Бытует мнение, что контраст для ССТV – это постоянно меняющаяся величина, которая зависит от множества случайных факторов – изменения освещенности в течение дня, смены дня и ночи, наличия дождя или снега. А поскольку все эти явления носят случайный характер, то и обращать внимание на контраст при проектировании ССТV не имеет никакого смысла. Такие высказывания, с одной стороны, справедливы, а с другой стороны – показывают, насколько узко в ССТV трактуется понятие контраста.

Помимо изменения контраста в окружающем нас пространстве, происходит его изменение и при передаче видеосигнала от объектива до монитора. Эти изменения совершенно не связаны с окружающим пространством, они целиком и полностью зависят от качества видеоборудования. Чем лучше оборудование, установленное в видеотракте, тем меньше искажается исходный контраст объекта и тем лучше изображение, которое мы видим на мониторе. Если мы хорошо представляем, что такое контраст и как его определить, то у нас не возникает проблем с определением резкости и динамического диапазона, любого элемента в видеотракте. В связи с этим все оборудование, предназначенное для работы с изображением, на протяжении многих десятилетий оценивается по тому, насколько оно искажает исходный контраст. В ССТV только в последние годы делаются попытки проводить такие оценки – правда, это действительно попытки, которые касаются только объективов и видеокамер.

Для того чтобы у читателей сложилось цельное представление, что такое контраст, с какими характеристиками изображения он связан, а также от чего зависит резкость изображения, и написана эта статья.

Прежде всего, отмечу, что контраст необходимо рассматривать только в совокупности с параметрами, которые напрямую связаны с ним, или их величина существенно влияет на величину контраста. К таким параметрам относятся динамический диапазон изображения и количество градаций яркости (в дальнейшем – градаций серого) или

полутонов, которыми и создается изображение.

Что такое динамический диапазон изображения? В ССТV динамический диапазон конечного продукта (изображения) как параметр почти не используется, хотя динамический диапазон отдельных элементов видеотракта, например видеокамер, присутствует. Это приводит к тому, что при проектировании ССТV отсутствует возможность прогнозировать качество получаемого изображения, оперировать характеристиками изображения при проектировании, а следовательно, и управлять этим качеством при моделировании видеосистем. В связи с этим проектирование ССТV «ушло» от изображения и остановилось на самом примитивном, что есть в ССТV, – это рисование секторов наблюдения, ничем не отличающихся от секторов ИК-датчиков, используемых в охранной сигнализации.

Но поскольку мы взялись за контраст, то без динамического диапазона изображения нам не обойтись.

В ССТV изображение формируется на экране монитора. Для компьютерных систем, работающих под Windows, количество возможных цветов красного (R), или зеленого (G), или синего (B) находится в диапазоне от 0 до 255, т.е. составляет 16 миллионов цветов. Во всей этой цветовой палитре, когда $R=G=B$, появляется оттенок серого. Общее количество оттенков серого или градаций серого в цветовой палитре – 256. Если у нас режим экрана 65 536 цветов, то мы имеем уже 32 градации серого, а если изображение выводится в режиме экрана 256 цветов, то количество градаций серого может быть от 16 до 256 и зависит от используемой палитры, заложенной в Windows, или созданной программистами специально для решения поставленных задач. Это означает, что, кроме ярких и темных мест в изображении, еще имеется много промежуточных градаций так называемых полутонов, количество которых определяется выбранным режимом экрана. Наличие в изображении большего их количества делает его более художественным, живым, сочным и увеличивает разборчивость элементов изображения. Чем больше динамический

диапазон изображения, тем большим количеством градаций серого оно создается. Причем для мультиэкрана цвета элементов изображения не соответствуют их реальному значению, а предопределены опять же палитрой Windows. Какая реально палитра используется в компьютерных системах видеонаблюдения, наверно, известно только программистам, создающим программное обеспечение.

В связи с этим, какое бы количество градаций серого ни присутствовало в изображении объекта, расположенного перед камерой, все равно, пройдя через видеотракт, их количество на мониторе будет определяться выбранным режимом экрана.

Если для отображаемой на объекте сцены диапазон градаций серого выходит за пределы динамического диапазона монитора, то он (динамический диапазон) относительно реального изображения будет «сжат» до возможности монитора, а точнее – выбранного режима экрана.

Если видеокамера или любой элемент в видеотракте оцифровывает изображение с помощью АЦП, имеющего разрядность больше 8 бит, то количество градаций серого будет уменьшено до 8 бит путем приведения их к ближайшим значениям градаций серого монитора.

Динамический диапазон и контраст тесно связаны друг с другом, и на рисунке 1 представлен график, который поможет определить один из параметров зная другой. Этот график построен для 256 градаций серого при условии, что шумы на изображении отсутствуют.

Но, рассуждая о градациях серого, которые способен передать монитор, не следует забывать и о том, что человеческое зрение имеет значительно меньший диапазон различимых градаций. В бытовом телевидении, по экспертным оценкам, его количество было определено, исходя из порога, при котором человек еще замечает разницу в двух соседних значениях серого. Поэтому количество градаций серого в результате экспертных оценок составляет величину от 80 до 130 при средней яркости свечения экрана 40 кд/кв.м [1]. При увеличении яркости свечения экрана количество различимых градаций серого увеличивается.

Но в каком виде должен быть представлен динамический диапазон изображения? Правильнее было бы использовать динамический диапазон в уже устоявшихся значениях – децибелах (Дб). Но децибел отражает логарифм отношения напряжения или тока, и в зависимости от этого используется множитель при логарифме, равный 20 или 10 соответственно. Между изменяющимися значениями градаций серого на экране монитора вроде бы нет никаких изменений напряжения или тока. Однако существует пропорциональная

зависимость изменения напряжения видеосигнала с изменением градаций серого на экране монитора, поэтому мне кажется возможным определять динамический диапазон изображения по формуле:

$$D = 20 \lg (N_{max}/N_{min}),$$

где: N_{min} – минимальный уровень серого по шкале Windows (0 – 255);

N_{max} – максимальный уровень серого по шкале Windows (0 – 255).

Используя эту зависимость, можно вычислить максимально возможный динамический диапазон черно-белого изображения, формируемого на экране компьютерного монитора, который равен 48,16 Дб. Напомню, что динамический диапазон сверху ограничен максимальным уровнем сигнала, а снизу – уровнем шума. В реальной картинке, которая выводится на монитор, на темных элементах изображения присутствуют и шумы, которые необходимо так же оценить и учесть. Поэтому правильнее за N_{min} принимать среднеквадратический уровень шума.

Теперь немного о том, как практически определить динамический диапазон изображения, которое выводится на монитор. Для этого достаточно иметь градационный клин (рис. 2), на котором каждая градация серого отличается от соседней на $\lg 2$. Очень часто градационный клин называют «серой шкалой».

Если установить его перед видеокамерой, то на мониторе можно подсчитать, сколько градаций серого может передать видеотракт – объектив, камера, монитор. Вот количество различных градаций серого и будет характеризовать динамический диапазон, но в терминах Ф-стоп, широко применяемых в фотографии. Но это ориентировочное значение. Почему ориентировочное? Прежде всего, потому, что динамический диапазон определяется на линейной области динамической характеристики. Когда сверху и снизу динамическая характеристика начинает ограничиваться, то есть присутствует явная нелинейность, различать градации серого мы еще можем, но это уже не соответствует истинной динамике сигнала на линейной области. Мониторы на электронно-лучевых трубках фактически во всем диапазоне яркости имеют линейный закон, а вот в жидкокристаллических мониторах присутствует существенная нелинейность, которую необходимо учитывать при проектировании ССТV.

Для правильного определения динамического диапазона изображения по серой шкале существуют специальные программные продукты, которые отслеживают появление нелинейности в характеристике и выдают динамический диапазон изображения только линейной области. Из графика на рисунке 3 видно, что реальный динамический диапа-

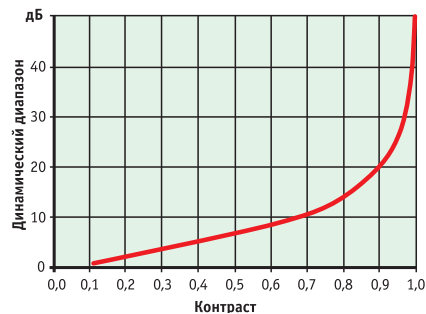


Рис. 1



Рис. 2

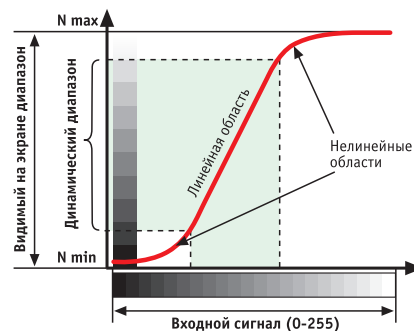


Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

Рис. 6

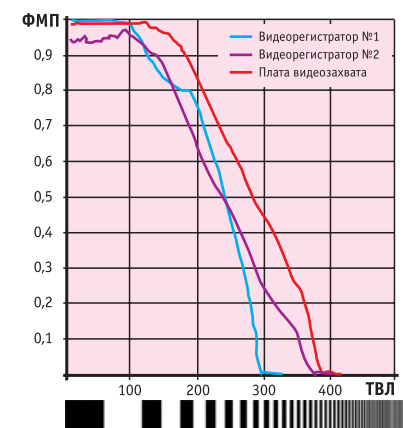
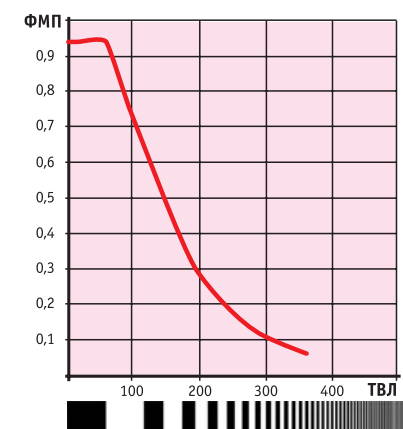


Рис. 6

Рис. 7

Рис. 7



зон всегда будет меньше своего предельного значения – 48,16 дБ.

И еще раз хочу обратить ваше внимание на то, что мы говорим о динамическом диапазоне и о градациях яркости изображения, которое оператор видит на мониторе. Изменения на объекте освещенности и динамического диапазона нами не рассматривались и естественно на качество видеотракта не влияют.

Теперь о самом главном – контраст.

При построении видеотракта CCTV используется самое разнообразное оборудование. Простейший видеотракт состоит из объектива, камеры и монитора. У более сложных видеотракт между камерой и монитором могут быть включены матричные коммутаторы, платы видеозахвата и многое другое.

Основная задача любого видеотракта – это передать на монитор изображение максимально высокого качества, при этом внося в видеосигнал минимум искажений. Другими словами, все, что находится в поле зрения объектива, должно быть в точности отражено на мониторе.

Но каждый элемент в видеотракте привносит в видеосигнал искажения, которые накапливаются и в итоге уменьшают контраст и, как следствие, ухудшают качество картинки на мониторе. Контраст, а точнее его ухудшение при прохождении видеосигнала от объектива до монитора и будет характери-

зовать весь видеотракт. Если видеотракт существенно ухудшает контраст относительно его исходного значения, то надеяться на хорошее изображение на мониторе не приходится.

Поэтому контраст в CCTV – это не случайная величина, а вполне конкретный показатель качества видеотракта и всего оборудования, которое в нем установлено.

Для того чтобы оценить видеотракт с точки зрения того, как он ухудшает исходный контраст, измеряют зависимость величины контраста от размеров элементов изображения. Для этого используют специальную тест-таблицу (мира, рис. 4) с убывающими по ширине вертикальными штрихами с контрастом между белым и черным, равным единице.

Эту миру размещают перед объективом, а по изображению на мониторе оценивают, как видеотракт исказил контраст и какое предельное разрешение он в результате имеет. Вид мира после прохождения через видеотракт показан на рисунке 5. Сверху изображена исходная мира, внизу эта же мира, но прошедшая через видеотракт. Хорошо видно, как на нижней половине рисунка 5 падает контраст между черным и белым по мере увеличения частоты следования черных и белых полос (пространственная частота), а на высоких пространственных частотах полосы сливаются, превращаясь в серый фон. Вот

по этой миру и строят зависимость, которая называется функцией передачи модуляции (ФПМ). Модуляция – это одна из разновидностей контраста, но в этой статье я не буду останавливаться на их принципиальной разнице, хотя для CCTV нужно использовать не модуляцию, а контраст, так как модуляция искажает физический смысл работы с изображением в системах видеонаблюдения.

Функция передачи модуляции незаменима при определении предельной разрешающей способности оборудования и видеотракт, а также их линейности во всем диапазоне пространственных частот. Эта характеристика является полным аналогом амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), которая широко используется в технике связи, звуковоспроизведении и в акустических системах. Отличие состоит в том, что АЧХ – это зависимость амплитуды сигнала от частоты, а ФПМ –

это зависимость модуляции видеосигнала от пространственной частоты.

Идеальная ФПМ должна во всем диапазоне пространственных частот иметь максимальный контраст, близкий к единице. Диапазон, в котором изменяется контраст, находится в пределах от 0 до 1. Но реальные ФПМ видеоборудования CCTV далеки от идеала. На рисунке 6 представлены ФПМ двух видеорегистраторов и компьютерной платы видеозахвата. Ось ординат на графике – это значение модуляции (контраста). Ось абсцисс представляет количество линий, изображенных на мире, но пересчитанных в телевизионные линии. В чем же достоинства этих зависимостей? Прежде всего, давайте вспомним, что всегда, когда нужно построить любую систему видеонаблюдения, единственный элемент видеотракта, разрешающая способность которого нас интересует, – это видеокамера. При этом на состав видеотракта с точки зрения разрешающей способности мы мало обращаем внимание. Это связано с тем, что никаких характеристик по тому, с каким разрешением видеосигнала работает используемое нами оборудование, мы не имеем. Это относится к видеорегистраторам, платам видеозахвата, мультиплексорам и т.д. и т.п. А то, что видеотракт с установленным в нем видеоборудованием «съедает» все достоинства видеокамеры (разрешающую способность, контраст, резкость), мы как-то не задумывались. Хотя, рассматривая изображение на мониторе, очень часто высказываем свои недовольства получаемой картинкой.

Вот для того чтобы осмысленно подбирать оборудование видеотракт, и нужны ФПМ каждого элемента. Вернемся к графикам на рисунке 6. Что бросается в глаза? Прежде всего, что плата видеозахвата значительно превосходит видеорегистраторы по предельному разрешению и по максимальному уровню контраста. Но, к сожалению, все эти превосходства не позволяют этой плате работать даже с видеокамерами среднего разрешения 420 – 470 твл. Предельное разрешение платы видеозахвата по уровню модуляции 0,1 составляет величину 380 твл. Это говорит о том, что использование видеокамеры с высоким разрешением бессмысленно. Плата видеозахвата не «пропустит» через себя изображение с разрешением выше 380 твл. На рисунке 7 приведена ФПМ-характеристика видеотракта с рассматриваемой платой видеозахвата и видеокамерой с разрешением 470 твл.

По графику на рисунке нетрудно заметить, что контраст ухудшился, и, как следствие, разрешающая способность видеотракта стала еще меньше. Если у платы видеозахвата предельная разрешающая способность была 380 твл, то результирующее разрешение всего ви-

videte IT[®]
VIDEO BASED SECURITY MANAGEMENT

НЕМЕЦКОЕ КАЧЕСТВО И ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ

**VIP СИСТЕМЫ
ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ
И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

- ▶ Экономичность
- ▶ Надежность
- ▶ Гибкость
- ▶ Мощности

▶ Аппаратная компрессия MPEG-4

▶ Уникальные сетевые возможности

www.videte-IT.ru

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР

защита информации

НПО "Защита Информации"
119192, Россия, г. Москва,
Ломоносовский пр-т, 31, корп. 2

Тел: +7 (095) 143-1293
e-mail: sinf@sinf.ru
http: www.sinf.ru

Градации качества	Отношение с/ш (дБ)
Отлично	более 48
Хорошо	42
Посредственно	38
Плохо	34
Очень плохо	менее 30

Рис. 8

деотракта упало до 300 твл.

Вот на мониторе мы и видим картинку с такой разрешающей способностью. Причем максимальный контраст на ФПМ имеет величину 0,94, что соответствует динамическому диапазону изображения на мониторе всего 24 дБ (рис. 1) из 48 дБ возможных. Если с большими оговорками предположить, что в CCTV динамический диапазон и отношение сигнал/шум имеют где-то близкие значения, то можно воспользоваться рекомендациями CCIR (The International Radio Consultative Committee) для оценки качества изображения (рис. 8). По этой таблице оказывается, что наш видеотракт не дотягивает и до очень плохого качества. А что мы видим в рекламных проспектах на платы видеозахвата в качестве характеристик? «Средний размер кадра на разрешении 768 x 576, ч/б – 7,7 кб/с. Но ведь разрешение 768 x 576 пикселей говорит нам о том, что в этот кадр можно вывести изображение с разрешением 576 телевизионных линий. Если этот параметр характеризует предельную возможность экранной области, то это вполне возможно. Единственное, что не понятно, – зачем эта характеристика нужна пользователям. Если она показывает возможности платы видеозахвата работать с таким разрешением, то этого просто не может быть.

Но вернемся к контрасту, который передает плата видеозахвата.

Для того чтобы сравнить оборудование или весь видеотракт, не прибегая к анализу их ФПМ, используют параметр «четкость» или «реальная разрешающая способность». Четкость соответствует количеству телевизионных линий на уровне ФПМ = 0,5 и для нашего случая записывается следующим образом: $ФПМ(0,5) = 140$ твл.

Имея характеристику «четкость», не составит труда сравнить оборудование или видеотракты и выбрать тот, характеристики которого лучше. Чем больше значение «четкость», тем лучше.

Многие читатели зададут естественный вопрос: «А что мне делать с этой зависимостью контраста от разрешения?» Чтобы на него ответить, давайте сначала посмотрим, как на этот вопрос отвечают фотографы:

1. ФПМ укладывается в диапазон от 70% до 100% – хороший объектив.
2. ФПМ падает до 30% – удовлетворительный объектив.

3. ФПМ ниже 30% – плохой объектив.

Я думаю, что эту классификацию можно использовать не только для объективов, но и для всего видеоборудования, используемого в CCTV. Имея такую шкалу качества, мы сможем количественно характеризовать любое устройство, применяемое в CCTV, или оборудование видеотракта в целом. По этой градации рассматриваемая плата видеозахвата (рис. 6) имеет хорошие показатели до 200 твл и удовлетворительные от 200 твл до 340 твл. Свыше 340 твл плата видеозахвата работает плохо.

Теперь немного о том, как интерпретировать графики ФПМ.

1. Если значения ФПМ близки к 100%, то изображение будет исключительно резким и контрастным.
2. Качество оборудования или видеотрактов, имеющих ФПМ на уровне 70-80% и выше, вполне достаточно для профессионального уровня. Ну а видеотракт, чей график ФПМ опускается ниже 30% отметки, можно считать как плохой видеотракт.
3. Высокие значения ФПМ, полученные на участке мира с частым следованием полос (высокие значения твл), говорят о том, что даже при выводе изображения на мониторы с большей диагональю оно будет резким, с хорошей проработкой мелких деталей.
4. Близкие к 100% показатели ФПМ для мира с редким следованием полос (до 100 твл) свидетельствуют о высокой контрастности получаемого изображения.
5. Если при хороших показателях ФПМ с редким следованием полос график с частым следованием полос лежит в области низких значений твл, то исследуемый видеотракт при хорошем контрасте имеет проблемы с четкостью и резкостью изображения, что будет особенно заметно при больших диагоналях мониторов.

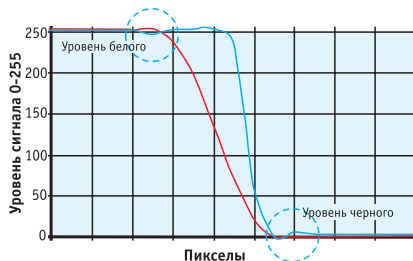


Рис. 9

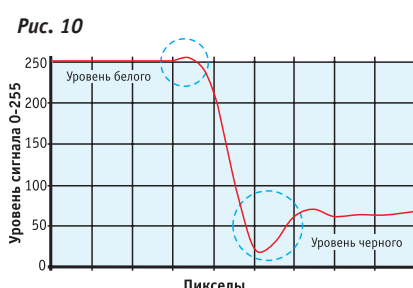


Рис. 10



Официальный дистрибьютор



Адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации и управления установками водяного, газового, порошкового, пенного пожаротушения.



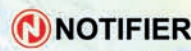
Интегрированные системы контроля и управления доступом, системы охранной и пожарной сигнализации.



Оборудование для автоматического водяного пожаротушения.



Пожарные извещатели, системы звуковой и световой сигнализации, оборудование тестирования, монтажные комплекты.



Адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации.



Замки и доводчики для систем контроля и управления доступом. Дверная автоматика.



Турникеты и модульные ограждения для систем контроля и управления доступом. Шлюзовые камеры.



Оборудование для систем оповещения и музыкальной трансляции.



Охранные извещатели.



Системы пожаро-охранной сигнализации и пожаротушения.

194044
Санкт-Петербург
ул. Гельсингфорсская, д.3А
+7 (812) 449-17-17
www.sec.anw.ru
security@anw.ru

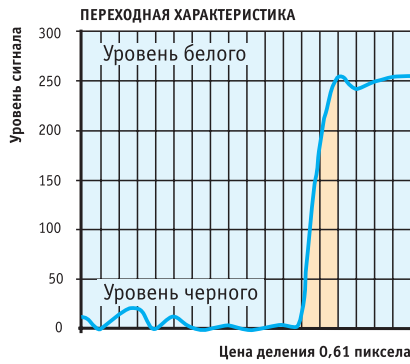


Рис. 10

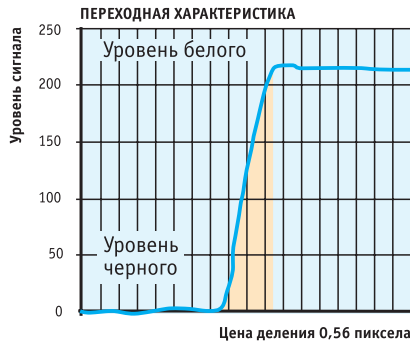


Рис. 11

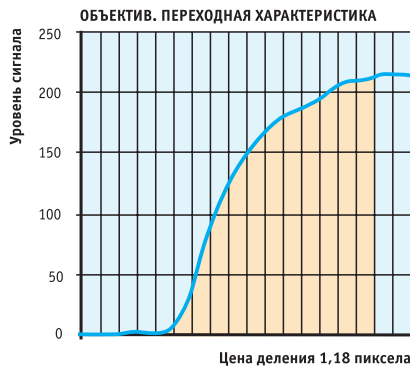


Рис. 12

А ведь ни для кого не секрет, что когда мы изображение из мультикартинки разворачиваем на весь экран, то оно действительно превращается в размытое нерезкое изображение, на которое, если и можно смотреть, то только с больших расстояний. Причины этого эффекта опять же кроются в очень плохих характеристиках оборудования, которые нигде не приводятся и до настоящего времени даже не имеют своего названия.

Чтобы изображение было всегда резким и контрастным, необходимо тестировать оборудование и получать зависимость, которая называется переходной характеристикой или иногда ее называют «пограничная кривая».

Переходная характеристика предназначена для оценки резкости изображения и искажений формы сигнала на границе перехода от черного к белому или наоборот. Она определяет длительность переходного процесса и вид кривой, которой и описывается. Чем ширина переходного процесса уже, тем резкость лучше – и наоборот. Переходную характеристику обычно представляют в виде графика (рис. 9). По оси ординат отложены уровни сигнала. Уровни

могут быть представлены как абсолютные значения (для Windows это диапазон от 0 до 255) или относительные, нормированные к максимальному уровню. Ось абсцисс – это пиксели, количество которых и определяет длительность перехода от белого к черному. Идеальная переходная характеристика должна иметь максимальную крутизну спада, а на горизонтальных участках представлять собой прямую линию.

На графике (рис. 9) представлены две переходные характеристики. Мы видим, что переходная область синего графика узкая и составляет всего одно деление по шкале пикселей. На прямолинейных участках, как в области белого, так и в области черного, присутствуют искажения в виде выбросов (провалов), которые создают окантовку на изображении при переходе от одного цвета к другому. Но выбросы имеют маленькую амплитуду и на изображении будут едва ли заметны.

Красный график не имеет никаких «выбросов», но зато протяженность переходной области составляет два деления по шкале пикселей, что с точки зрения резкости изображения уже хуже. На переходной характеристике могут встречаться и серьезные искажения (рис. 10). Обратите внимание, какой глубокий провал имеет характеристика в области черного. На экране монитора переход от яркого к темному будет разделен черной полосой. Такое искажение на мониторе невозможно не заметить. Причины этих искажений нужно искать в аппаратной части устройств обработки видеосигнала.

Теперь давайте посмотрим реальные переходные характеристики. На рисунках 11, 12 представлены переходные характеристики платы видеозахвата и видеорегастратора соответственно. Переходная область у них занимает всего два пиксела, что говорит о достаточно хорошей резкости изображения. Вообще, диапазон переходной области для подобных устройств, присутствующих на нашем рынке, от 2 до 7 пикселей. Естественно, что чем уже переходная область, тем лучше. У основная проблема нерезких изображений на экране монитора кроется не в видеорегастраторах и в видеокамерах – объективы, вот в чем наши проблемы.

Из всех объективов, которые мне удалось посмотреть, их переходная область очень редко составляет 5 пикселей – в основном, эта величина равна 8-9 пикселей. Ожидать резкого изображения от таких объективов не приходится. На 21" мониторе 9 пикселей – это 6 мм смазанного изображения при видеокамере 470 твл. Но рекордсменом среди плохих объективов стал объектив с характеристикой на рисунке 13. С такой шириной переходной области 12-13 пикселей изображение на монито-

ре лучше вообще не смотреть.

В ходе изложения материала использовались термины «резкость», «четкость» и «размытость». Для однозначного понимания того, что под этим подразумевается, приведу формулировки этих понятий.

1. Резкость – характеристика изображения, определяющая ширину переходной области при яркостном перепаде от черного к белому. Чем эта область шире, тем резкость хуже. Резкость имеет размерность – пиксель – и определяется по переходной характеристике (рис. 11-13).

Между понятиями «резкость» и «глубина резкости» у многих читателей присутствует определенная путаница. Резкость – это параметр, который зависит только от технического совершенства оборудования и его характеристик. Глубина резкости как понятие появилась только потому, что зрительный аппарат человека весьма несовершенен. И глубина резкости, прежде всего, зависит от условий, в которых человек что-то рассматривает, а уж потом от характеристик оборудования. В аналитических выражениях, по которым рассчитывают глубину резкости, хоть и входят параметры объектива (фокусное расстояние, диафрагма), но на самом деле самый главный параметр в этих формулах – это диаметр кружка рассеяния. Этот параметр как раз и характеризуют остроту человеческого зрения. Если его убрать из формул, то и глубина резкости не будет существовать. Когда условия наблюдения человеком за каким-то процессом меняются, то меняется и величина кружка рассеяния, а следовательно, и глубина резкости.

2. Четкость –

а) как характеристика изображения определяет, насколько хорошо проработаны границы яркостных переходов (переход от яркого к темному);

б) как параметр определяет реальную разрешающую способность и используется для сравнения оборудования на уровне ФПМ, равном 0,5.

3. Размытость – характеристика изображения, определяющая яркостной переход как широкую расплывчатую зону с неопределенными границами.

Все характеристики, а именно функции передачи модуляции и переходные характеристики, получены при помощи программы «Проектировщик CCTV», с которой можно ознакомиться на <http://www.lonacomputerservices.com/CCTV/CCTVrus.html>

Литература

1. Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. Телевидение. М.: Связь, 1975.