

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОННОГО ГРАДАЦИОННОГО МАСКИРОВАНИЯ В КОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО СВЕТУ

Одним из основных условий получения высококачественной печатной продукции является правильное решение градационной задачи в многозвеньевом полиграфическом репродукционном процессе. Наибольшее внимание этой проблеме уделяется обычно на стадии получения фотографических форм, так как последующие звенья репродукционного процесса (копирование, травление и т. д.) не дают возможности так гибко регулировать градационные параметры репродукции, как это позволяет осуществлять фотографический процесс с применением градационного маскирования.

В работах по теории градационной передачи [1, 2] показано, что в большинстве случаев градационная характеристика фотоформы $D_{\text{ф}} = f(D_{\text{ор}})$ должна быть прямолинейной только на участке, соответствующем средним плотностям оригинала; на крайних участках, соответствующих темным и особенно светлым местам оригинала, зависимость $D_{\text{ф}} = f(D_{\text{ор}})$ должна иметь непрерывно возрастающий градиент. В этих же работах показано, что подобная градационная характеристика может быть получена с помощью негативно-позитивного способа градационного маскирования; получить же такую зависимость в процессе обычной фотосъемки невозможно из-за ограничений, налагаемых свойствами фотографических слоев.

Задача градационного корректирования сводится в конечном итоге к осуществлению такого фоторепродукционного процесса, в котором экспонирование фотослоя было бы управляемым и количество световой энергии, получаемое фотослоем, регулировалось в зависимости от оптической плотности оригинала. При фотомеханическом маскировании роль регулятора экспозиции выполняет маска, градационная характеристика которой определяет конечные результаты процесса.

В последнее время получили распространение системы электронного градационного корректирования, которые автоматизируют процесс получения фотоформ с заданными характеристиками. При применении таких устройств на производстве отпадает необходимость в изготовлении градационных масок, что дает значительную экономию фотоматериалов и рабочего времени. Кроме того, электронные устройства позволяют регулировать параметры фотоформ в более широких пределах и более точно, чем фотомеханическое градационное маскирование.

Принцип действия систем электронного градационного корректирования в известной мере напоминает принцип фотомеханического градационного маскирования. Различие заключается в том, что управление

экспозицией осуществляется не градационной маской, а специальным электронным устройством, амплитудная характеристика которого задает программу корректирования. Поскольку для участков оригинала с различной плотностью требуется различная экспозиция, процесс электронного корректирования происходит последовательно — оригинал с помощью развертывающей системы точка за точкой освещается сканирующим элементом, анализирующее устройство в каждой точке развертываемой площади определяет оптическую плотность оригинала, а выходной сигнал анализирующего устройства через четырехполосник с заданной амплитудной характеристикой управляет экспозицией.

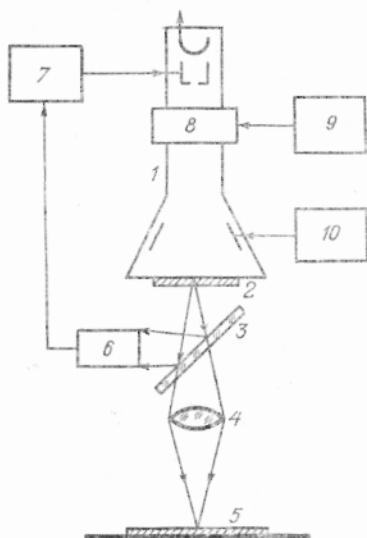


Рис. 1. Блок-схема системы градационного корректирования с электронной разверткой:

1 — проекционная электронно-лучевая трубка; 2 — оригинал; 3 — полупрозрачное зеркало; 4 — объектив; 5 — фотослой; 6 — фотоэлектрический приемник; 7 — блок управления экспозицией; 8 — фокусирующее и отклоняющее устройство; 9 — генератор разверток; 10 — высоковольтный источник питания.

Наибольшее распространение получили системы электронного градационного корректирования для получения фотоформ с прозрачных оригиналов [3, 4, 5, 6]. Обычно в таких системах в качестве модулируемого источника света и развертывающего устройства применяется электронно-лучевая трубка.

Блок-схема системы подобного типа представлена на рис. 1. Оригиналу 2 (фотографический негатив или диапозитив) располагается на экране электронно-лучевой трубки 1. Светящееся пятно на экране трубки, которое под действием отклоняющей системы 8 и генератора развертывающих напряжений 9 перемещается по экрану трубки в двух направлениях, освещает в процессе развертки точка за точкой весь оригинал, тем самым осуществляя с помощью объектива 4 экспонирование фотослоя 5. Часть светового потока отражается полупрозрачным плоско-параллельным зеркалом 3 и поступает на фотоэлектрический приемник 6, который воспринимает информацию о величине оптической плотности оригинала. Электрический сигнал с выхода фотоэлектрического приемника поступает на блок управления экспози-

цией 7, выходной сигнал которого модулирует светящееся пятно на экране трубки по яркости.

Как видно из рассмотренной схемы, подобные устройства представляют собой системы с замкнутой цепью обратной связи, одним из звеньев которой является световой поток. Действительно, амплитуда сигнала на выходе фотоэлектрического преобразователя 6 зависит не только от величины оптической плотности оригинала, как это имеет место в разомкнутых системах (например, электрогравировальных автоматах), но и от изменения яркости сканирующего элемента, которая, в свою очередь, зависит от величины сигнала на выходе фотоэлектрического преобразователя. Наличие обратной связи является принципиальным свойством подобных систем, так как анализ оригинала и модуляция экспозиции осуществляются с помощью одного источника света. Обратная связь может привести к нежелательным последствиям, например к самовозбуждению системы, однако при правильно выбранном знаке и величине коэффициента обратной связи может

быть использована для весьма эффективного и гибкого регулирования параметров градационных характеристик изготавливаемых фотоформ.

Рассмотрим влияние величины обратной связи на градационную характеристику фотоформы, для чего представим систему в виде структурной схемы, на которой выделены отдельные звенья и даны соотношения, определяющие передаточные характеристики отдельных звеньев (рис. 2). В настоящей статье рассматривается система, у которой все звенья, включая и четырехполосник цепи обратной связи 5, имеют линейную передаточную характеристику. Как будет видно из дальнейшего изложения, даже такая простейшая система может обеспечить достаточно большие возможности регулирования параметров фотоформы.

В соответствии со структурной схемой, освещенность E_m , создаваемая на оригинале 3 управляемым источником света 2, зависит от параметров отдельных звеньев системы следующим образом:

$$\begin{aligned} E_m &= \kappa_m U_c = \kappa_m \kappa_c (U_o + U_\beta) = \\ &= \kappa_m \kappa_c (U_o + \kappa_\beta U_\phi) = \\ &= \kappa_m \kappa_c (U_o + \kappa_\beta \kappa_\phi E_\tau) = \kappa_m \kappa_c (U_o + \kappa_\beta \kappa_\phi \kappa_\tau \tau_{op} E_m). \end{aligned}$$

Отсюда:

$$E_m = \frac{\kappa_m \kappa_c U_o}{1 - \kappa_m \kappa_c \kappa_\beta \kappa_\phi \kappa_\tau \tau_{op}} = \frac{\kappa U_o}{1 - \beta \kappa}. \quad (1)$$

По аналогии с усилительным каскадом с обратной связью здесь введены следующие обозначения:

$\kappa = \kappa_m \kappa_c$ — коэффициент передачи системы без обратной связи;

$\beta = \kappa_\beta \kappa_\phi \kappa_\tau \tau_{op}$ — коэффициент обратной связи ($\beta > 0$ — связь положительна; $\beta < 0$ — связь отрицательна).

Поскольку значение коэффициента обратной связи наряду с постоянными по величине коэффициентами передачи κ_β , κ_ϕ и κ_τ определяется также и прозрачностью оригинала τ_{op} , то в процессе работы такой системы величина обратной связи будет изменяться: при сканировании светлых участков оригинала ($\tau_{op} \approx 1$) обратная связь будет максимальна, при сканировании темных участков ($\tau_{op} \ll 1$) — минимальна. Эта особенность системы и определяет в сущности ее способность избирательно регулировать экспозицию на фотослое в зависимости от плотности оригинала и осуществлять нелинейную трансформацию градационной характеристики фотоформы.

Для дальнейшего анализа удобнее разделить параметры системы, остающиеся постоянными в процессе работы (κ_m , κ_c , κ_β , κ_ϕ , κ_τ), от переменной величины τ_{op} и записать уравнение (1) в следующей форме:

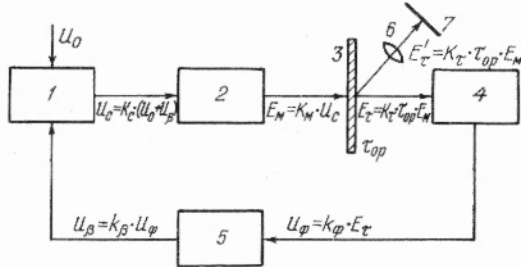


Рис. 2. Структурная схема системы градационного корректирования с обратной связью по свету:

1 — суммирующее звено; 2 — управляемый источник света; 3 — оригинал; 4 — фотоэлектрический приемник света; 5 — четырехполосник цепи обратной связи; 6 — объектив; 7 — фотослой; U_o — постоянное напряжение, определяющее начальный режим работы системы; U_c — напряжение на выходе суммирующего звена; E_m — освещенность, создаваемая на оригинале управляемым источником света; E_τ — освещенность катода фотоэлектрического приемника света; E_τ — освещенность фотослоя; U_ϕ — напряжение на выходе фотоэлектрического приемника света; U_β — напряжение на выходе четырехполосника цепи обратной связи; κ_c , κ_m , κ_β , κ_ϕ , κ_τ , τ_{op} — коэффициенты пропорциональности, определяющие наклон передаточных характеристик соответствующих звеньев системы.

$$E_m = \frac{E_0}{1 - \beta' \tau_{op}} \quad (2)$$

Здесь $E_0 = \kappa U_0$ — начальное значение освещенности оригинала при разомкнутой цепи обратной связи;
 $\beta' = \kappa_m \kappa_c \kappa_\beta \kappa_\phi \kappa_\tau$ — параметр, определяемый произведением коэффициентов передачи всех звеньев системы за исключением τ_{op} (назовем эту величину *параметр связи*).

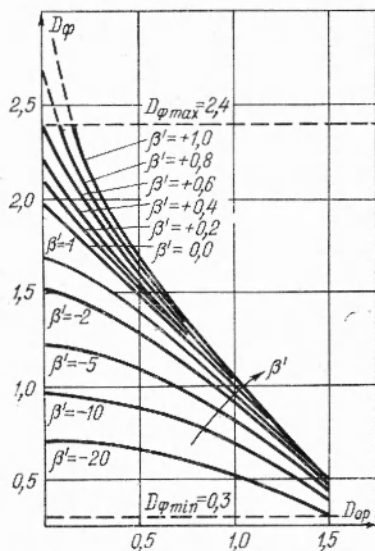


Рис. 3. Градационные характеристики фотоформы при различных значениях параметра связи.

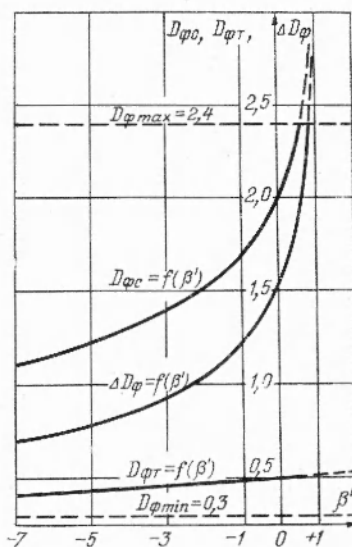


Рис. 4. Графики зависимостей $D_{\phi c} = f(\beta')$, $D_{\phi \tau} = f(\beta')$ и $\Delta D_{\phi} = f(\beta')$.

Оптическая плотность фотоформы в пределах прямолинейного участка характеристической кривой фотослоя определяется соотношением [7]:

$$D_{\phi} = D_{\phi min} + \gamma \lg S_{\phi} + \gamma \lg H_{\phi} \quad (3)$$

Учитывая, что $H_{\phi} = E'_{\tau} t$ и $E'_{\tau} = k'_{\tau} \tau_{op} E_m$ (см. структурную схему рис. 2), получим:

$$D_{\phi} = D_{\phi min} + \gamma \lg S_{\phi} + \gamma \lg k'_{\tau} \tau_{op} E_m t \quad (4)$$

Подставляя, далее, значение E_m , определяемое соотношением (2), в уравнение (4) и, учитывая, что $\lg \tau_{op} = -\bar{D}_{op}$, получим окончательное уравнение градационной характеристики фотоформы, в которое в качестве параметра входит величина β' :

$$D_{\phi} = D_{\phi 0} - \gamma D_{op} - \gamma \lg (1 - \beta' \tau_{op}) \quad (5)$$

Здесь $D_{\phi 0} = D_{\phi min} + \gamma \lg S_{\phi} + \gamma \lg k'_{\tau} E_0 t$ — начальная оптическая плотность фотоформы при $D_{op} = 0$; $\beta' = 0$.

На рис. 3 представлены градационные характеристики $D_{\phi} = f(D_{op})$, вычисленные для значений параметра связи в интервале $1 \geq \beta' \geq -20$ при следующих начальных условиях: $D_{\phi 0} = 2,0$, $\gamma = 1,0$; интервал прямолинейного участка характеристической кривой фотослоя — 2,1 ($D_{\phi max} = 2,4$; $D_{\phi min} = 0,3$); интервал оригинала — 1,5 ($D_{op max} = 1,5$; $D_{op min} = 0$). Как видно из рис. 3, величина коэффициента обратной свя-

зи при заданных начальных условиях влияет как на форму градационной характеристики, так и на положение ее крайних точек:

$D_{\text{фс}}$ — плотность фотоформы, соответствующая самому светлому участку оригинала $D_{\text{ор}} = D_{\text{орmin}}$ (в нашем случае $D_{\text{орmin}} = 0$; $\tau_{\text{орmax}} = 1,0$);

$D_{\text{фт}}$ — плотность фотоформы, соответствующая самому темному участку оригинала $D_{\text{ор}} = D_{\text{орmax}}$ (в нашем случае $D_{\text{орmax}} = 1,5$; $\tau_{\text{орmin}} = 0,032$).

Из выражения (4) следует:

$$D_{\text{фс}} = D_{\text{фо}} - \gamma D_{\text{орmin}} - \gamma \lg(1 - \beta' \tau_{\text{орmax}}); \quad (6)$$

$$D_{\text{фт}} = D_{\text{фо}} - \gamma D_{\text{орmax}} - \gamma \lg(1 - \beta' \tau_{\text{орmin}}). \quad (7)$$

Интервал фотоформы будет определяться следующим соотношением:

$$\begin{aligned} \Delta D_{\text{ф}} = D_{\text{фс}} - D_{\text{фт}} &= \gamma \left(D_{\text{орmax}} - D_{\text{орmin}} + \lg \frac{1 - \beta' \tau_{\text{орmin}}}{1 - \beta' \tau_{\text{орmax}}} \right) = \\ &= \gamma \left(\Delta D_{\text{ор}} + \lg \frac{1 - \beta' \tau_{\text{орmin}}}{1 - \beta' \tau_{\text{орmax}}} \right). \end{aligned} \quad (8)$$

На рис. 4 представлены графики зависимостей (6), (7) и (8) при тех же начальных условиях, что и градационные характеристики, изображенные на рис. 3.

Проведенный анализ системы электронного градационного корректирования с обратной связью по свету позволил прийти к следующим выводам:

1. Величина и знак обратной связи весьма сильно влияют на характер и параметры градационной характеристики фотоформы. В частности, при положительной обратной связи с ростом β' возрастает градиент характеристики в «светах» оригинала. Характеристики именно такого вида необходимы для правильной передачи светлых участков изображения.

2. При отрицательной обратной связи градиент характеристики в «светах» оригинала падает, но зато относительно возрастает градиент характеристики в «тенях» оригинала, что необходимо для правильной передачи темных участков изображения.

3. При практическом осуществлении систем градационного корректирования, очевидно, следует предусмотреть возможность менять как величину, так и знак коэффициента обратной связи, предусматривая тем самым возможность, в зависимости от вида репродуцируемого изображения, регулирования передачи градаций или в светлых или в темных участках изображения. Обычно требуется регулировать градации в «светах» изображения, поэтому положительная обратная связь будет, естественно, применяться чаще.

4. В настоящей статье рассмотрен простейший вариант системы, в которой все звенья имеют линейную передаточную характеристику, т. е. $\beta' = \text{const}$.

Такие системы хотя и дают возможность регулировать градационную характеристику фотоформы в нужном для нас направлении, однако не обладают способностью регулировать ее локально, т. е. в каждой точке. Если ввести в систему нелинейное звено с регулируемой амплитудной характеристикой, то такая система дает возможность регулировать градационную характеристику не только в целом, но и на ее отдельных участках, поскольку для каждого значения плотности ори-

гинала можно будет подобрать такое значение параметра связи, какое необходимо для получения заданной оптической плотности фотоформы в этой точке. Наиболее рационально это сделать, включив в структурную схему (см. рис. 2) вместо линейного четырехполосника 5 универсальный функциональный преобразователь, например диодный или электронно-лучевой [8, 9]. Подобные системы могут быть предметом очень интересных и актуальных исследований как теоретических, так и экспериментальных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. И. Золотницкий и др. Технология полиграфического производства, кн. вторая, «Искусство», М., 1952.
2. Б. В. Коваленко. Градационное маскирование (фотографическое корректирование градаций в полиграфическом репродукционном процессе), автореферат кандидатской диссертации, Львов, 1954.
3. Н. А. Беляев. Электронный копировальный прибор. «Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии», 1961, т. 6, вып. 5.
4. Электронный фотоувеличитель. Журн. «Полиграфическое производство», 1960, № 3.
5. R. L. Yinger. Modern Lithography, 1958, N 4, 52, 53, 151. 152.
6. D. P. Grey. Caractere, 1958, № 1, 79—91, 136.
7. В. А. Едемский, Г. Г. Лебедь. Выбор параметров развертывающей и оптической систем электронного цветоделителя-цветокорректора, настоящий сборник, стр. 56.
8. К. Г. Самофалов. Вычислительные устройства. Гостехиздат УССР, К., 1963.
9. А. Н. Лебедев. Счетно-решающие устройства, Машгиз, М., 1958.

ELECTRONIC CONTRAST CORRECTION MASKING IN CORRECTIVE DEVICES

G. G. LEBED, D. A. NASAROV

The influence back connection's magnitude and sign on the features and parameters of photographic form contrast correction characteristics is discussed.
