

## ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ МОДУЛЯТОРИ ЕКСПОЗИЦІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ КОЛЬОРОКОРЕКТУЮЧИХ ПРИСТРОІВ

Завдання корекції похибок кольороподілення та градації в електронних кольорокоректуючих пристроях полягає в посиленні або ослабленні густини в кожній точці негатива (позитива) відповідно до сигналу, який виробляється електронно-обчислювальним пристроєм.

Сумарна експозиція всього поля фотоформи складається, таким чином, з послідовних експозицій елементарних ділянок, причому кожна ділянка фотоплівки отримує кількість світлової енергії, достатню для досягнення заданої густини.

Як відомо, густина фотоплівки  $D$  є функцією логарифма експозиції  $H$ , а експозиція дорівнює добуткові освітленості фотоплівки  $E'$  на час експонування  $t$ :

$$H = E't. \quad (1)$$

Світловий потік, який утворює на оригіналі розгортальний елемент, дорівнює

$$F' = E' \cdot S', \quad (2)$$

де  $S'$  — площа розгортального елемента на фотоплівці, що дорівнює

$$S' = SM^2, \quad (3)$$

де  $S = d_c d_k$  — площа розгортального елемента (прямокутної або квадратної форми) на оригіналі;

$M$  — масштаб зйомки.

Підставляючи в (1) значення  $E'$  з (2) і враховуючи (3), одержимо для визначення експозиції таку залежність:

$$H = \frac{F'}{M^2 d_c d_k} t. \quad (4)$$

З цього виразу видно, що модуляцію (зміну) експозиції при переході з однієї ділянки фотоплівки на іншу можна здійснювати такими основними способами.

1. Шляхом змінювання величини світлового потоку  $F'$ , що падає на фотоплівку, при незмінних розмірах розгортального елемента  $d_c \times d_k$  і часу експонування  $t$ .

2. Шляхом змінювання часу  $t$  експонування елементарних ділянок фотоплівки при сталих розмірах розгортального елемента  $d_c \times d_k$  і ве-

личині падаючого на фотоплівку світлового потоку  $F'$ . Якщо у виразі (4) замінити час  $t$  відповідним йому значенням  $\frac{d_c}{v_c}$ , то очевидно, що модуляцію експозиції можна здійснювати шляхом змінювання швидкості  $V_c$  рядкового розгортального руху.

3. Шляхом змінювання площі розгортального елемента при постійних значеннях часу експонування  $t$  та величини світлового потоку  $F'$ . Щоб уникнути рядкової структури на негативі, площу розгортального елемента доцільно змінювати способом варіації розміру  $d_c$  при  $d_k = \text{const}$ .

Вказані методи модуляції експозиції є основними і далеко не вичерпують усіх можливих розв'язань світломодулюючих пристроїв. Кожний з цих методів у свою чергу можна здійснити за допомогою принципіально відмінних пристроїв.

Усі здійснені до цього часу (в тому числі у кінотехніці та фото-телеграфії) модулятори експозиції можна поділити на три групи: модулятори експозиції електромеханічного типу; модулятори експозиції електрооптичного типу; модулятори експозиції електронно-променевого типу.

Характерною рисою модуляторів експозиції першого типу є наявність у них механічної рухомої системи. Модулятори цього типу являють собою електромеханічні перетворювачі, в яких електрична енергія перетворюється в механічну. За способом перетворення електричної енергії в механічну, тобто за способом одержання сили, що приводить в дію механічну рухому систему, електромеханічні модулятори експозиції можна поділити на електромагнітні та магнітоелектричні (електродинамічні).

До електронно-променевих модуляторів належить електронно-променева трубка.

До електрооптичних модуляторів експозиції слід віднести газорозрядні лампи і комірку Керра [1, 2].

На рис. 1 показана класифікація здійснених та запропонованих до цього часу пристроїв для модулювання експозиції. Даючи цим пристроям порівняльну оцінку, можна на основі літературних джерел [1, 2, 3] зробити такі висновки:

1. Щодо чутливості, глибини модуляції, габаритів та зручності контролю і регулювання найкращими показниками характеризуються модулятори електромеханічного типу.

2. Щодо світлотехнічних параметрів електромеханічні модулятори експозиції також не поступаються перед модуляційними пристроями електрооптичного та електронно-променевого типів.

У свою чергу порівняння електромеханічних модуляторів показує, що магнітоелектричні системи мають цілий ряд переваг перед електромагнітними системами (менші нелінійні похибки, висока чутливість і т. д.).

Таким чином, можна зробити висновок, що в електронних кольорокоректуючих пристроях, основаних на принципі фотографування [4, 5, 6], найбільш доцільно застосувати електромеханічні модулятори магнітоелектричного типу. Цей висновок зумовлений також і тим, що в електромеханічних модуляторах порівняно з модуляційними пристроями інших типів можна найбільш простими засобами усунути зворотний зв'язок по світлу.

Кількість електромеханічних модуляторів, які застосовуються у кольороподільвачах-кольорокоректорах, на сьогодні невелика. Всі вони основані на принципіально відмінних методах модуляції, і кожному

властиві певні позитивні якості та недоліки. Коротко розглянемо ці пристрої.

У кольороподілювачі-кольорокоректорі «Аутоскен» [4, 7] експозиція модулюється шляхом змінювання інтенсивності світлового потоку, що падає на оригінал. Джерелом світла в цьому пристрої є лампа розжарювання, а зміна інтенсивності світлового потоку здійснюється за допомогою дзеркальної гальванометричної системи, яка має невелику інерційність і здатна забезпечити досить високу продуктивність.

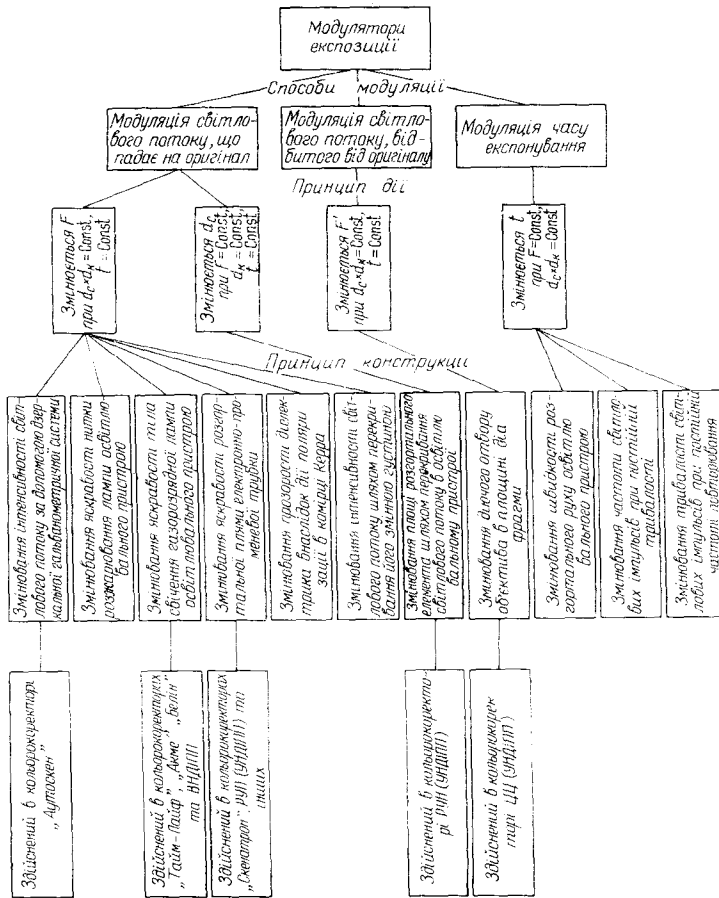


Рис. 1. Класифікація модуляційних пристроїв за способом модуляції та конструктивними ознаками.

Недоліками цього пристрою є складна схема проходження променів в оптично-модуляційній системі і, як наслідок цього, великі втрати світлового потоку та наявність зворотного зв'язку по світлу. Оскільки в цьому пристрої управління експозицією здійснюється способом змінювання освітленості розжарювального елемента, то при аналізі оригіналу виникають труднощі внаслідок того, що реакція аналізуючих елементів залежить не тільки від зміни величини оптичної густини оригіналу, а й від інтенсивності керованого джерела світла, що робить аналіз неоднозначним. Вплив зворотного зв'язку можна усунути схемними методами, але це приводить до ускладнення електронного тракту кольорокоректуючого пристрою.

Модулятор експозиції першого зразка кольороподілювача-кольорокоректора УНДПП [5] оснований на модулюванні світлового потоку, відбитого від оригіналу. Він складається з двох магнітоелектричних перетворювачів та двох рухомих заслонок, розташованих між головними оптичними площинами об'єктива фотоапарата і виконаних у вигляді квадратної діафрагми з отвором змінної площі. Позитивною рисою цього пристрою є те, що при його застосуванні автоматично усувається зворотний зв'язок по світлу, бо розгортальний елемент на оригіналі протягом всього циклу має постійну освітленість. Істотним недоліком системи є низька границя частоти модуляції, яка, за експериментальними даними [8], становить 12—14 *гц*. Збільшення частоти модуляції в цьому пристрої являє собою дуже складне завдання, бо для приведення в дію рухомої системи з амплітудою коливання 18—20 *мм* (половина діаметра об'єктива) потрібне значне зусилля електродинамічної системи, що приводить до збільшення числа витків сигнальної котушки, тобто маси рухомої системи модулятора. Однак такий пристрій дозволяє одержати кольороподілений відкоректований негатив форматом 24×30 *см* при розмірах розгортального елемента 1×1 *мм* і при подвійному перекритті приблизно за 2 години.

Останнім часом запропоновано ще один пристрій [9] для модулювання експозиції. Суть його полягає в тому, що модулювання експозиції проводиться шляхом змінювання швидкості розгортального руху, причому повільні зміни швидкості розгортання здійснюються способом зміни швидкості руху фотоголовки (каретки з освітлювальним і модулюючим пристроями) відносно оригіналу, а великі зміни швидкості розгортання — шляхом зміни швидкості руху розгортального елемента відносно самої фотоголовки. Для переміщення світлового потоку відносно корпусу фотоголовки в самій фотоголовці розташована дашкоподібна дзеркальна система. Поступальне переміщення цієї системи відносно фотоголовки здійснюється за допомогою електродинамічного приводу.

Оскільки розглянутий вище пристрій для модуляції експозиції на цей час ніде не запроваджений, судити про його характеристики без експериментальних даних важко. Однак, оцінюючи схему цього пристрою в принципі, можна відмітити, що для нього характерні:

а) великі світлові втрати внаслідок багаторазового відбиття світлового потоку від дзеркальних поверхонь в оптичній системі освітлювача;

б) складність конструкції, яка примушує створити спеціальний електронний обчислювальний пристрій для контролю швидкості розгортального руху;

в) значна маса рухомої системи (навіть у порівнянні з масою рухомої системи розглянутого вище модулятора експозиції кольорокоректора УНДПП), що не дозволить досягти високої частоти модуляції.

Позитивною рисою цього пристрою є те, що при його застосуванні можна уникнути впливу зворотного зв'язку по світлу. Однак з огляду на перелічені вище фактори використання пристрою у кольороподілювачі-кольорокоректорі в даний момент недоцільне.

Таким чином, жоден з розглянутих вище модуляторів експозиції не задовольняє в повній мірі вимог до модуляційних пристроїв.

Автори статті запропонували і розробили модуляційний пристрій<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Авторські свідоцтва № 174069 і № 174070 на ім'я Г. Г. Лебеда та В. А. Єдемського.

який не має вказаних недоліків. У ньому на відміну від кольороподільвача-кольорокоректора «Аутоскен» прямокутний розгортальний елемент модулюється не за освітленістю, а за площею шляхом зміни розміру  $d_c$ , що дає можливість створити аналізуючий пристрій, нечутливий до модуляції, і тим самим усунути вплив зворотного зв'язку. Крім того, розміщення електромеханічного модулятора в освітлювальному пристрої (а не в об'єктиві фотоапарата) дозволяє скоротити приблизно до 1 мм величину переміщення рухомих елементів, що дає змогу значно збільшити частоту модуляції.

На рис. 2 зображена конструктивна схема цього пристрою. Каретка 1, на якій розміщені освітлювач 2 і аналізуючий пристрій 3, переміщується над оригіналом 4, здійснюючи розгортальний рух у напрямі, показаному стрілкою А. Освітлювач, який складається з джерела світла 5, конденсора 6, діафрагми 7 та зображального об'єктива 8, створює на оригіналі 4 розгортальний елемент. Зображення тіла світіння джерела світла 5 фокусується конденсорним об'єктивом 6 в площині діафрагми 7, перекриваючи при цьому отвір діафрагми. Останній є вторинним джерелом світла і проєктується об'єктивом 8 на оригінал. Отвір діафрагми 7 має прямокутну форму, тому розгортальний елемент на оригіналі також має форму прямокутника.

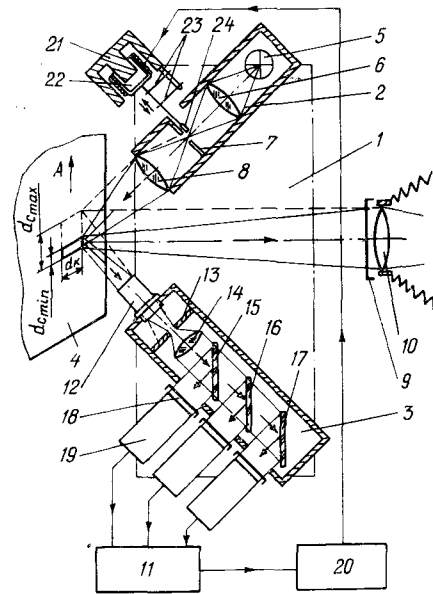


Рис. 2. Оптична схема модулятора експозиції і аналізуючого пристрою для кольороподільвача—кольорокоректора РЦН.

обчислювальний пристрій 11. Це здійснюється таким чином: мікрооб'єктив 12 проєкує збільшене в 10 разів зображення освітленого елемента оригіналу в площину діафрагми 13, яка вирізає із світлового потоку, що падає на неї, вузький світловий пучок, який згодом перетворюється коліматорною лінзою 14 в паралельний світловий потік. Розміщені на шляху світлового потоку напівпрозорі дзеркала 15, 16 і 17 відбивають відповідно 33, 50 і 100% світла, що падає на них. Таким чином, весь світловий потік розщеплюється на три рівні частини і через кольороподільні світлофільтри 18 потрапляє на катоди фотопомножувачів 19.

З фотопомножувачів 19 електричні сигнали надходять в електронно-обчислювальний пристрій 11, який виробляє сигнал коректування. Цей сигнал посилюється вихідним блоком 20 і надходить на електромеханічний модулятор, що складається з постійного магніта 21 та рухомої котушки 22. Котушка 22 закріплена штоком у двох плоских центруючих пружинах 23. Залежно від величини струму, який надходить

на обмотку, котушка 22 втягається у стакан магніта 21, і заслінка 24, жорстко закріплена на кінці штока, відкриває отвір діафрагми 7 освітлювача на відповідну величину. При цьому змінюється площа розгортального елемента в результаті зміни розміру  $d_c$  від  $d_{c\min}$  до  $d_{c\max}$ , як показано пунктиром. Пропорціонально до площі розгортального елемента змінюється відбитий від нього світловий потік, який згодом проходить через об'єктив 10 і падає на фотоплівку.

Зворотний зв'язок по світлу в розглядуваному пристрої усувається таким чином: аналізуючий пристрій 3 встановлюють на каретці 1 так, щоб мікрооб'єктив 12 був весь час спрямований на мінімальну площадку  $d_k \times d_{c\min}$  розгортального елемента. При зміні у процесі моду-

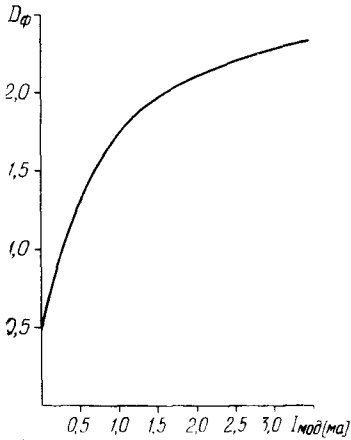


Рис. 3. Модуляційна характеристика модулятора експозиції кольороподільвача-кольорокоректора РЦН в координатах  $D_\phi = f(I_{mod})$ .

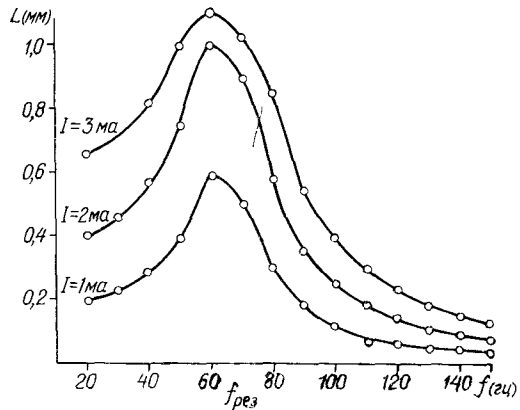


Рис. 4. Частотні характеристики модулятора експозиції кольороподільвача-кольорокоректора РЦН при  $I_{mod} = \text{const}$ ,  $f = \text{var}$ .

ляції площі розгортального елемента, наприклад до  $d_k \times d_{c\max}$ , мікрооб'єктив 12 сприймає відбитий світловий потік від усій площадки (як показано пунктиром), але діафрагма 13 вирізує з цього потоку лише вузький пучок, який відповідає постійній площадці  $d_k \times d_{c\min}$ . Оскільки освітленість площадки  $d_k \times d_{c\min}$ , що переглядається аналізуючим пристроєм, постійна протягом усього процесу, то вплив модуляції не позначатиметься на результатах аналізу, бо зворотний зв'язок буде усунений.

Отвір діафрагми 7 проектується на оригінал у натуральну величину, тому максимальне переміщення заслінки модулятора дорівнює зміні розміру  $d_c$  розгортального елемента, що становить всього 0,9 мм. Саме ця обставина дозволяє істотно поліпшити частотну характеристику модуляційного пристрою.

Описана конструкція модуляційного пристрою зараз виготовлена і застосована в кольороподільвачі-кольорокоректорі РЦН. Експериментальні дослідження показали, що така конструкція модулятора експозиції задовольняє вимоги, які ставляться до модуляційних пристроїв систем електронного кольорокоректування. Зокрема зображена на рис. 3 характеристика глибини модуляції експозиції показує, що цей пристрій може забезпечити коректування густини негатива в інтервалі  $D_{\max} - D_{\min} = 1,8$ . Резонансна частота модулятора (рис. 4) дорівнює

60 гц, що забезпечує можливість одержання скоректованого кольороподіленого негатива форматом  $24 \times 30$  см приблизно за 20 хвилин. Нерівномірність частотної характеристики, яка спостерігається, може бути частково скоректована у схемі вихідного каскада за допомогою частотної корекції.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. В. А. Бугров. Основы записи и воспроизведения звука. «Искусство», М., 1954.
2. П. Г. Тагер. Ячейка Керра. «Искусство», М., 1937.
3. Е. Л. Орловский. Теоретические основы фототелеграфирования. Связьиздат, М., 1957.
4. Англ. пат. № 790 683.
5. М. Я. Игуменцев, Г. Г. Лебедь, Г. Г. Никитенко. Электронный цветоделитель-цветокорректор. Сб. научно-технической информации ЦИНТИАМ «Оборудование для полиграфической и бумагоделательной промышленности», № 2—3, 1963.
6. В. А. Едемский, Г. Г. Лебедь. Выбор параметров развертывающей и оптической систем электронного цветоделителя-цветокорректора. Сб. «Полиграфия и издательское дело», № 1, 1964.
7. Я. М. Сulpовар. Электронное цветокорректирование. Информационные материалы ВНИИПП, вып. XIX. М., 1958.
8. В. А. Едемский. Исследование электромеханического модулятора света электронного цветоделителя-цветокорректора. Тезисы докладов научно-технической конференции УПИ, посвященной 400-летию русского книгопечатания. Львов, 1964.
9. А. Н. Барбараш. Способ регулирования экспозиции в электронном цветокорректоре и устройство для его осуществления. Авторское свидетельство № 159 398, 1964.

*В. А. ЕДЕМСКИЙ, Г. Г. ЛЕБЕДЬ*

#### **ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ МОДУЛЯТОРЫ ЭКСПОЗИЦИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦВЕТКОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

##### Резюме

В статье содержится анализ недостатков существующих модуляторов экспозиции и рассматривается разработанное модулирующее устройство.

*W. A. EDEMSKY, H. H. LEBED*

#### **THE ELECTROMECHANIC MODULATORS OF THE EXPOSURE FOR THE ELECTRONIC COLOR-CORRECTION DEVICES**

##### Summary

The article contains an analysis of various short-comings of the existing exposure modulators and a consideration of a developed modulation device.

