

ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА С РАЗДЕЛЕНИЕМ СВЕТОВОГО ПУЧКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕГО ПЛОСКОСТНЫХ СМЕЩЕНИЙ

В. П. ЦИПИЛЕВ, В. И. ЛУКОВНИКОВ, П. И. ГОСЬКОВ

(Представлена семинаром сектора АВТ НИИ ЯФ)

Известные простые оптоэлектронные следящие системы с разделением светового потока [1] определяют только знак плоскостных смещений светового потока (вверх — вниз, влево — вправо).

Описываемая ниже модернизированная система позволяет непосредственно определять величину этих смещений (рис. 1, а). При сме-

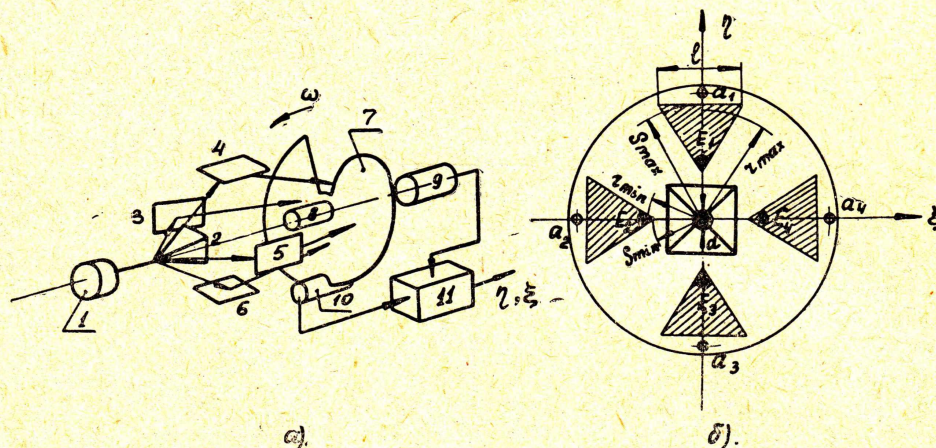


Рис. 1. Оптоэлектронная система с разделением светового потока:
а) общий вид, б) условный вид спереди при нулевых смещениях пятна.

щениях сформированного оптикой 1 светового потока в пределах его диаметра четырехгранная зеркальная призма-анализатор 2 расщепляет поток на четыре части, освещенность которых определяется величиной и направлением смещения. Отражаясь от зеркал 3, 4, 5, 6, световые части направляются на фотоприемник 9. Наличие вращаемого электродвигателем 8 модулирующего диска с фигурным вырезом 7 позволяет поочередно коммутировать световые потоки, в результате чего с выхода фотоприемника снимается последовательность импульсов, амплитуда которых определяется освещенностью световых потоков. Фотосинхронизатор 10 при совмещении с ним отверстий в модулирующем диске a_1, a_2, a_3, a_4 (рис. 1, б) выдает импульсы, которые, воздействуя на элек-

тронную часть системы 11, распределяют сигналы с фотоприемника по четырем каналам. После усиления сигналы суммируются по схеме [2]:

$$\begin{aligned} \eta &\equiv (I_1 + I_2) - (I_3 + I_4), \\ \xi &\equiv (I_1 + I_4) - (I_2 + I_3), \end{aligned} \quad (1)$$

где $I_1; I_2; I_3; I_4$ — фототоки, соответствующие освещенностям световых частей E_1, E_2, E_3, E_4 (рис. 1, б).

При смещениях светового потока, превышающих его диаметр, то есть при $\eta, \xi > d$, пятно либо целиком переходит на грань призмы, либо «скользит» по ребру. В первом случае на модулирующем диске будет находиться одно световое пятно в одной из заштрихованных зон, во втором — два в двух соседних зонах (рис. 1, б).

На рис. 2 показан ход светового потока. Условно представлена одна грань (верхняя) призмы; зеркало и диск соответствуют следам плоскостей Q и R .

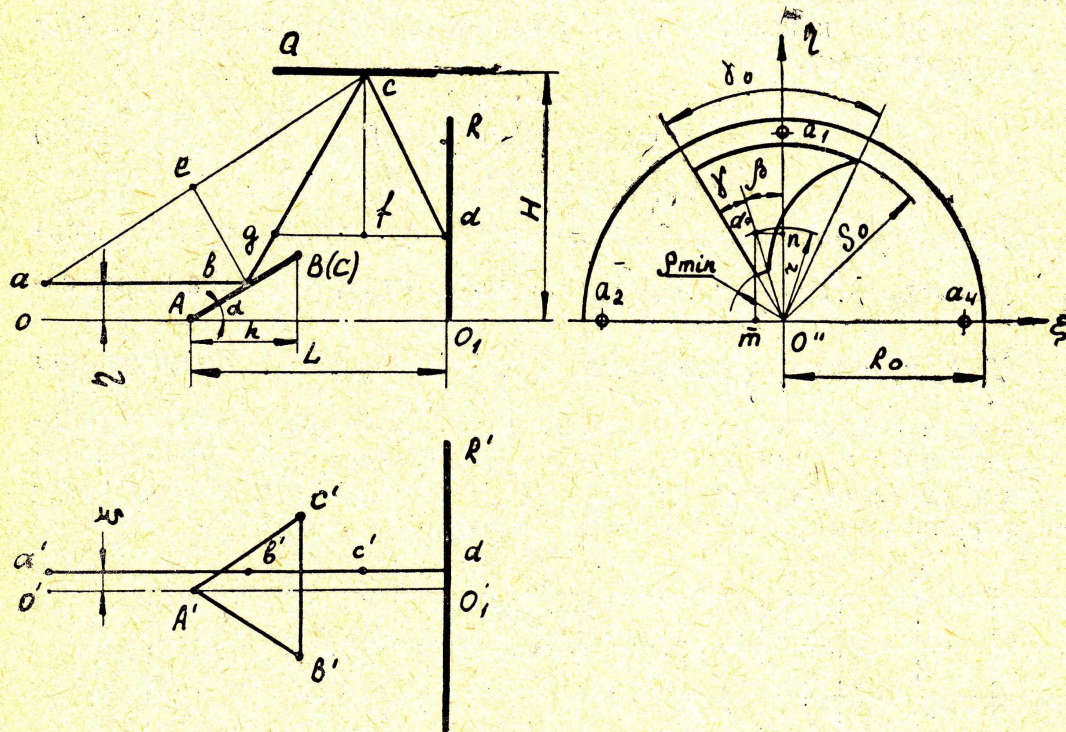


Рис. 2. К выводу геометрических соотношений в системе

плоскостей Q и R . Из анализа рис. 2 следует, что смещения пятна по модулирующему диску определяются соотношениями:

$$\begin{aligned} dO_1 &= 2H - L \operatorname{tg} 2\alpha + \eta / \cos 2\alpha, \\ d'O_1 &= \xi. \end{aligned} \quad (2)$$

Отсюда минимальные и максимальные величины смещений определяются выражениями:

$$\begin{aligned} (dO_1)_{\min} &= 2H - L \operatorname{tg} 2\alpha = r_{\min}, \\ (d'O_1)_{\min} &= 0, \\ (dO_1)_{\max} &= 2H - L \operatorname{tg} 2\alpha + h \operatorname{tg} \alpha / \cos 2\alpha = r_{\max}, \\ (d'O_1)_{\max} &= h \operatorname{tg} \alpha. \end{aligned} \quad (3)$$

С учетом (3) размеры зоны на диске, в которой будет перемещаться пятно (рис. 1, б), можно найти следующим образом:

$$l = 2(h \operatorname{tg} \alpha + d),$$

$$\rho_{\max} = r_{\max} + d,$$

$$\rho_{\min} = r_{\min} + d.$$
(4)

Анализируя выражения (2), можно видеть, что величину и знак η и ξ можно определить через полярные координаты r и β пятна на диске (рис. 2) по следующей схеме:

$$\eta \equiv \cos 2\alpha (r \cos \beta - 2H + L \operatorname{tg} 2\alpha),$$

$$\xi \equiv r \sin \beta.$$
(5)

Величину r можно определить по ширине импульса фототока соответствующего канала, если сформировать вырез на диске по следующим параметрам:

$$\rho_{\min} = r_{\min} + d,$$

$$\rho_0 = (r_{\max} + d) / \sin(0,5\gamma_0),$$

$$\operatorname{tg}(0,5\gamma_0) = l/2 (r_{\max} + d).$$
(6)

Профиль криволинейной части выреза представляет собой спираль Архимеда $r = \frac{\rho_0}{\gamma_0} \gamma$. Следует иметь в виду, что параметры системы H, L, h, α нужно подбирать так, чтобы $\gamma_0 \leq \frac{\pi}{4}$. В противном случае вырез перекроет две соседние зоны. Величина β при постоянной скорости вращения диска будет определяться временным расположением синхроимпульса (например, от отверстия a_1 рис. 2) и переднего фронта импульса с фоточувствительного элемента.

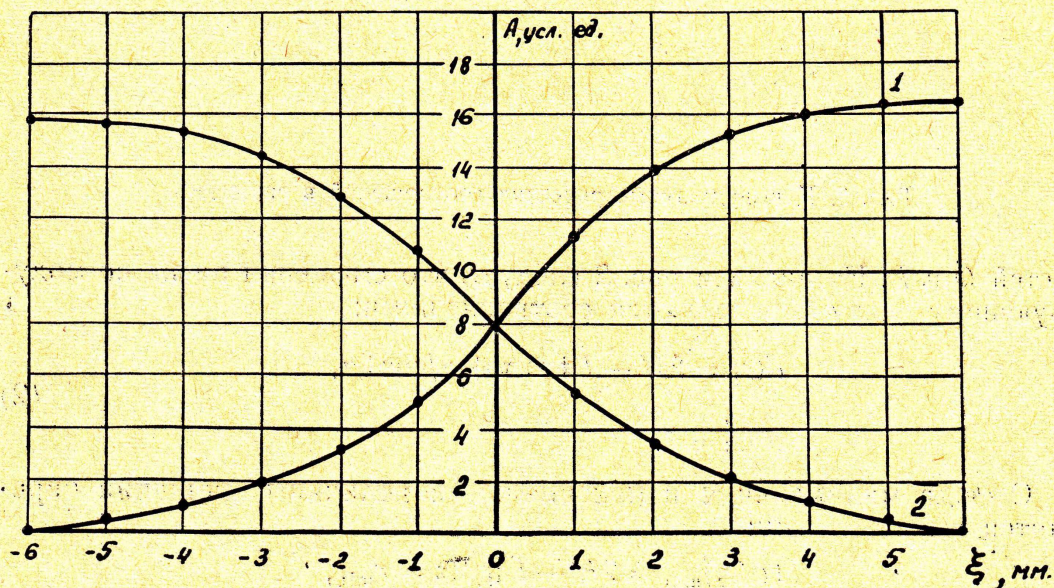


Рис. 3. Зависимость амплитуды фототока в каналах 1 и 2 от горизонтальных смещений потока ξ

При проектировании электронной части системы следует иметь в виду, что она должна обеспечивать: вычисление по схеме (1) при

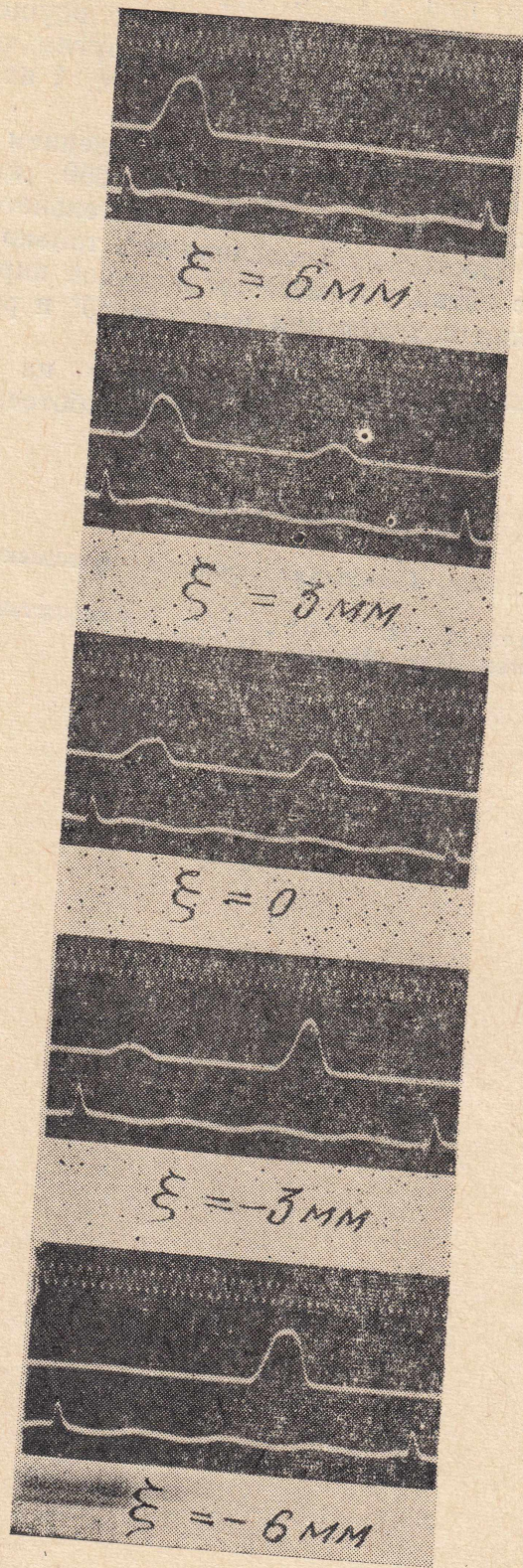


Рис. 4. Осциллограммы, соответствующие кривым рис. 3. На каждой осциллограмме, верхняя кривая — сигнал отметчика времени $f = 400$ гц, средняя — форма фототока ФЭУ (слева — 1 канал, справа — 2 канал), нижняя — импульсы с фотосинхронизатора

$\eta, \xi < d$ и по схеме (5) при $\eta, \xi > d$; переключение схем при переходе с „малых“ η и ξ к „большим“ и наоборот; осуществление замены в схеме вычислений (5) при переходе к другим каналам соответственно ξ на η , η на $-\xi$ (2 канал); η на $-\eta$, ξ на $-\xi$ (3 канал); η на ξ , ξ на $-\eta$ (4 канал).

Авторами была исследована ОЭСС с разделением светового потока, которая имела следующие параметры: $L = 250$ мм; $H = 130$ мм; $d = 6$ мм; $R_0 = 100$ мм. В качестве фоточувствительного устройства использовался ФЭУ-36. Поскольку исследовались только горизонтальные ξ смещения светового пятна, то вместо зеркальной пирамиды использовался зеркальный клин с углом при вершине 35° и размерами зеркал 100×60 мм.

Результаты эксперимента, представленные на осциллограммах (рис. 3) и графике (рис. 4), подтверждают работоспособность таких систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Г. Якушенков. Оптические системы фотоэлектрических устройств. Изд. «Наука» М., 1966.
2. Г. А. Медведев, В. П. Тарасенко. Вероятностные методы исследования экстремальных систем. Изд. «Наука», М., 1967.