

мителя с выходным напряжением 60 В и номинальным током 20 А. Обмотка возбуждения потребляет ток 12 А при напряжении 12 В.

Конструктивно электронное оборудование размещено в двух стойках: одна из них содержит электронные блоки системы управления движением каретки, отсчетного устройства, связи с ЭВМ и управления положением электронного луча, во второй находятся выпрямители возбуждения и питания якорной обмотки, стабилизаторы тока и реверсирующие мостовые схемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурый Л. В., Коронкевич В. П., Нестерихин Ю. Е., Нестеров А. А., Пушной Б. М., Ткач С. Е., Щербаченко А. М. Прецизионный фотограмметрический автомат.— «Автометрия», 1974, № 4, с. 83—89.
2. Бакланов Ю. И., Кузнецов С. А. Натяжное устройство ленточной передачи.— Авт. свид-во № 347486, Б. И., 1972, № 24.
3. Александров В. М., Нестеров А. А., Филиппова Н. П. Способ формирования управляющего воздействия.— Авт. свид-во № 276207, Б. И., 1970, № 23.
4. Алькаев М. И., Ведерников В. М., Щербаченко А. М. Программно-управляемые модули интерференционной координатно-измерительной системы фотограмметрического автомата «Зенит».— «Автометрия», 1977, № 3, с. 24—33.
5. Нестеров А. А., Филиппова Н. П. Синтез оптимального управления для линейных объектов второго порядка.— В кн.: Оптимальные и самонастраивающиеся системы. Новосибирск, Изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1971.

Поступила в редакцию 17 января 1977 г.

УДК 681.327.521

Г. М. МАМОНТОВ, А. К. ПОТАШНИКОВ, Г. Ф. СИТНИКОВ

(Новосибирск)

СКАНИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО УНИВЕРСАЛЬНОГО ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОГО АВТОМАТА «ЗЕНИТ»

В универсальном фотограмметрическом автомате «Зенит»* используется сочетание быстродействующего электронного сканирующего устройства (ЭСУ), выполненного на основе прецизионной электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), и механической системы перемещения плоского фотоносителя по двум координатам. При разработке ЭСУ ставились задачи: более полная автоматизация обработки фрагментов изображения; получение высокого пространственного разрешения, достаточного для обработки объектов размерами порядка 10 мкм; автоматическое измерение степени почернения эмульсионного слоя фотопластинки; универсальность устройства. Поэтому управление сканированием для анализа степени почернения эмульсионного слоя было возложено на электронную вычислительную машину.

Электронное сканирующее устройство, функциональная схема которого представлена на рис. 1, состоит из трех основных частей: цифровой логической, узла сканирования и двухлучевого блока фотометрирования (БФ). Цифровая часть, состоящая из блока сопряжения и управления (БСиУ), генератора точек (ГТ) и генератора векторов (ГВ),

* Бурый Л. В., Коронкевич В. П., Нестерихин Ю. Е., Нестеров А. А., Пушной Б. М., Ткач С. Е., Щербаченко А. М. Прецизионный фотограмметрический автомат.— «Автометрия», 1974, № 4, с. 83—89.

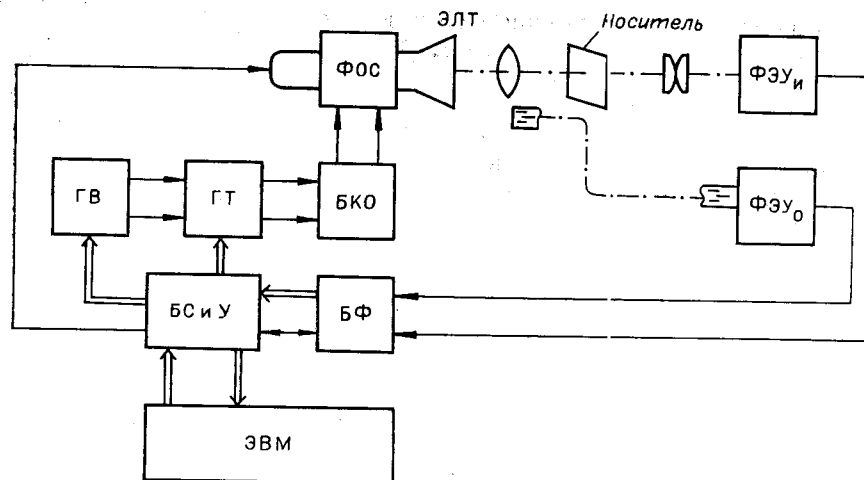


Рис. 1.

обеспечивает декодирование команд ввода и вывода, формирование сканирующего раstra и управление всеми операциями сканирования. Основные элементы узла сканирования: прецизионная ЭЛТ с фокусирующе-отклоняющей системой (ФОС), блок координатного отклонения (БКО), два фотоумножителя и оптическая система.

На экране ЭЛТ в точке, положением которой можно управлять двоичными кодами, создается световой импульс длительностью 3–5 мкс. Полученный свет разделяется по двум оптическим каналам. В первом канале световой поток фокусируется в точку на эмульсионном слое фотопластинки и используется либо для экспонирования выбранного участка, либо для измерения коэффициента пропускания изображения. Во втором канале световой поток, собранный световодами, поступает непосредственно на фотоумножитель с целью измерения интенсивности свечения экрана ЭЛТ. Управление сканирующим устройством осуществляется от ЭВМ «Минск-22» с 37-разрядным словом.

Адресация электронного луча ЭЛТ. Для управления положением электронного луча на экране ЭЛТ устройство снабжено двумя идентичными генераторами отклоняющих токов, каждый из которых состоит из 12-разрядного реверсивного счетчика, цифроаналогового преобразователя и усилителя мощности, работающего на отклоняющую катушку (ОК). Реверсивные счетчики имеют возможность принимать как параллельный код, так и последовательный. Таким образом, электронный луч можно направлять в 2^{12} адресуемых точек по горизонтальной и вертикальной осям рабочего поля размерами 40×40 мм² на экране ЭЛТ. Нулевому коду в координатных счетчиках соответствует положение луча в крайней левой точке рабочего поля. Время перевода луча из одного крайнего положения в другое составляет 50 мкс. Дисторсионные искажения сканирующего раstra корректируются октупольной магнитной линзой.

Оптическая система. Оптическая система ЭСУ состоит из объектива и набора гибких световодов. С помощью сменного объектива рабочее поле 40×40 мм² на экране ЭЛТ уменьшается в плоскости фотоносителя до размеров, необходимых для конкретной задачи. (Минимальная площадька 500×500 мкм².) Путем измерений по фотознимкам установлено, что эффективный диаметр светового пятна в плоскости пластинки может быть доведен до 3–5 мкм.

Опорный световой поток собирается с помощью гибких световодов, расположенных вокруг объектива, причем центры их входных торцов

находятся в плоскости, параллельной экрану ЭЛТ, и располагаются на окружности радиуса $R=22,5$ мм. Такая конструкция оптической системы позволяет более рационально использовать световой поток экрана, повысить отношение сигнал/шум в измерительном канале.

Юстировка оптической системы осуществляется таким образом, что при подаче параллельного пучка света на торцы световодов, обращенные к ФЭУ, все световые пятна, создаваемые волоконной оптикой, сходятся в центре экрана ЭЛТ. Можно показать, что в такой системе полный световой поток, падающий на фотокатод ФЭУ₀,

$$F_0 = B\tau_c\pi^2r_c^2r_n^2/h^2 \sum_{i=1}^n \cos^3 \alpha_i \cos \beta_i,$$

где B — энергетическая яркость пятна на экране ЭЛТ; τ_c — коэффициент пропускания световодов; r_c — радиус световодов; r_n — радиус светового пятна; h — расстояние между экраном и плоскостью, в которой расположены центры входных торцов световодов; α_i — угол между нормалью к экрану и линией L_i , соединяющей центр i -го световода с центром светового пятна; β_i — угол между нормалью к торцу световода и линией L_i ; n — количество световодов в оптической системе.

Как видно из выражения, величина светового потока на выходе волоконной системы зависит от расстояния h . Изменяя количество световодов и расстояние h , можно изменять световой поток F_0 и закон его изменения при отклонении светового пятна от центра экрана ЭЛТ. В описываемом ЭСУ оптическая система содержит 12 световодов, расположенных по окружности через 30° . Расстояние между экраном и набором световодов $h=270$ мм. При этом получено хорошее совпадение законов изменения световых потоков в измерительной и опорной ветвях.

Блок фотометрирования. Измерение коэффициента пропускания в ЭСУ производится по методу прямого отсчета. Структурная схема блока фотометрирования представлена на рис. 2.

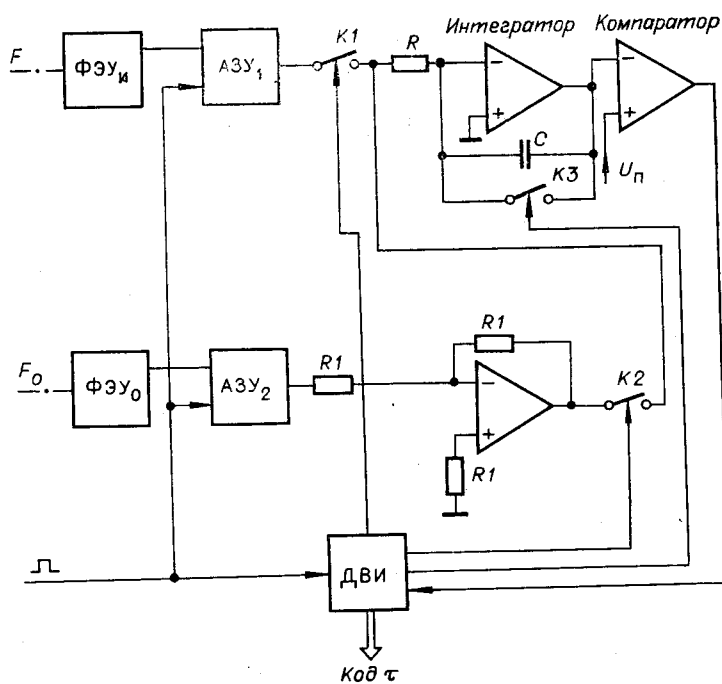


Рис. 2.

Сигнал с выхода ФЭУ_н, пропорциональный коэффициенту пропускания, поступает на аналоговое запоминающее устройство (АЗУ₁), а сигнал с выхода ФЭУ₀, пропорциональный падающему световому потоку, подается на АЗУ₂. Коэффициенты преобразования световых потоков выбираются так, чтобы в отсутствие эмульсионного слоя сигнал U_0 на выходе ФЭУ₀ опорного канала во всем диапазоне изменения световых потоков был равен сигналу U на выходе ФЭУ_н измерительного канала. В этом случае отношение сигналов ФЭУ U/U_0 будет пропорционально коэффициенту пропускания фотоносителя $\tau = F/F_0$ (F — световой поток, прошедший через фотоноситель). При этом нестабильность падающего светового потока F_0 не будет сказываться на точности измерения τ .

В устройстве реализован способ измерений, основанный на преобразовании коэффициента пропускания во временной интервал. Выходные сигналы АЗУ поочередно подключаются ко входу интегратора, причем сигнал, пропорциональный F_0 , предварительно инвертируется.

В исходном состоянии ключ $K3$ замкнут и интегратор разряжен. После окончания импульса подсветки ключ $K1$ замыкается, а $K3$ размыкается и начинается заряд интегратора током, пропорциональным прошедшему через носитель световому потоку F . Как только сигнал на выходе интегратора превысит порог срабатывания компаратора U_n , последний выдает команду на отсчет времени $T1$ датчиком временных интервалов (ДВИ). По истечении интервала $T1$ ключ $K1$ размыкается, а ключ $K2$ замыкается и начинается разряд интегратора током, пропорциональным световому потоку F_0 . Одновременно начинается отсчет временного интервала $T2$, в течение которого выходное напряжение интегратора снижается до порога срабатывания компаратора. В момент срабатывания завершается отсчет $T2$.

Для пикового значения напряжения на выходе интегратора (рис. 3) можно записать следующие выражения:

$$V_n = U_n + UT1/(RC);$$

$$V_n = U_n + U_0T2/(RC).$$

Приравняв эти выражения, получим

$$UT1 = U_0T2$$

или

$$T2 = T1U/U_0.$$

При $T1 = \text{const}$ величина $T2$ с точностью до постоянной определяет коэффициент пропускания τ .

В описываемом устройстве временные интервалы отсчитываются с помощью импульсного генератора и 7-разрядного реверсивного счетчика. Перед каждым измерением все триггеры счетчика устанавливаются в единичное состояние (заносится код, пропорциональный $T1$), а реверс включается на вычитание. Первое срабатывание компаратора вызывает запуск генератора и начало счета. В момент перехода счетчика в нулевое состояние реверс переключается на сложение и начинается отсчет $T2$. Повторное срабатывание компаратора переводит генератор в ждущий режим. Таким образом, в счетчике накапливается код, пропорциональный τ .

Режимы работы ЭСУ. Электронное сканирующее устройство может быть использовано как для вывода графической информации из ЭВМ на фотоноситель, так и для ввода.

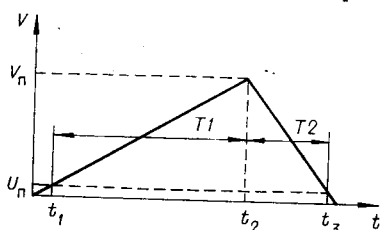


Рис. 3.

При выводе графической информации из ЭВМ на фотоноситель построение изображения на экране ЭЛТ осуществляется либо в виде семейства точек, абсолютные координаты которых заносятся непосредственно в координатные счетчики, либо в виде отрезков прямых линий (векторов), формируемых генератором векторов совместно с генератором точек. Информация о векторе поступает в генератор векторов в форме приращений $\pm\Delta X$, $\pm\Delta Y$. В соответствии с приращениями ГВ формирует две последовательности импульсов, которые поступают по счетному входу на соответствующие координатные счетчики. На экране ЭЛТ отображается точечно-аппроксимированный вектор.

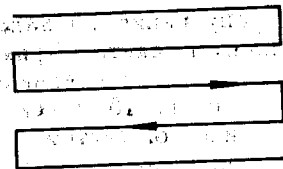


Рис. 4.

При вводе изображений, зарегистрированных на фотопластинке, возможны два режима работы.

Очень часто при обработке полей, имеющих низкий «коэффициент заполнения» информативными элементами (например, при обработке астронегативов), нет надобности в тщательном анализе всех элементов поля — достаточно измерить параметры ограниченного числа точек. В этом случае большая часть времени, отведенного на обработку, тратится собственно на поиск информативных элементов. Поэтому для такого класса задач целесообразно разделить поиск и обработку. В ЭСУ фотограмметрического автомата «Зенит» поиск информативных элементов осуществляется по заданному пороговому уровню сигнала в измерительном канале. Уровень срабатывания компаратора может управляться 4-разрядными кодами от ЭВМ.

Поиск осуществляется в зоне, размеры и положение которой задаются кодами из ЭВМ. При этом на экране ЭЛТ с помощью генератора векторов формируется сканирующий растр типа телевизионного (рис. 4). Предусмотрена возможность управления величиной элементарного шага вдоль строки и расстоянием между строками. По команде ЭВМ можно задать пять фиксированных значений (1, 2, 4, 8, 16) элементарного шага вдоль координат X, Y.

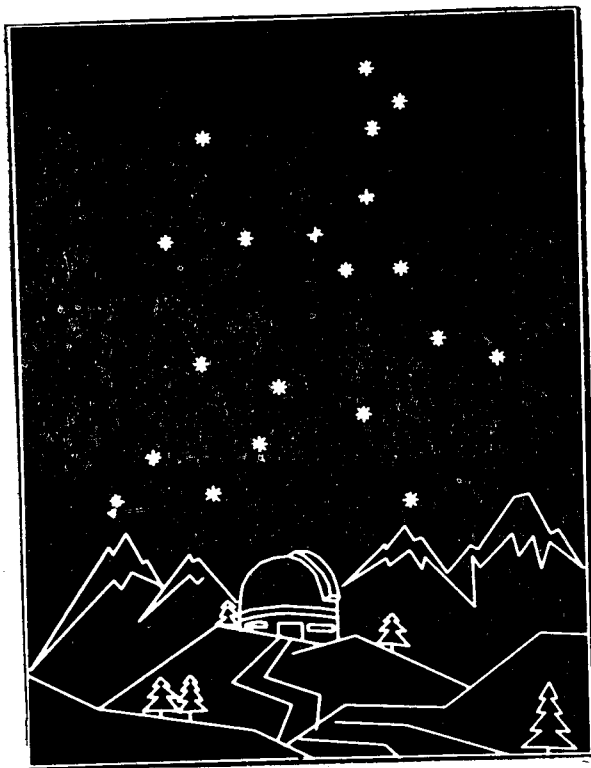


Рис. 5.

Если анализ сигнала измерительного канала пороговым устройством показывает, что в какой-то точке этот сигнал выше (или ниже) заданного уровня, то дальнейшее сканирование прекращается, в ЭВМ выдаются координаты этой точки и дальнейшая работа ЭСУ зависит от последующих команд ЭВМ.

Второй режим позволяет измерять коэффициент

пропускания τ в заданной ЭВМ точке. При этом в вычислительную машину выдается 7-разрядный код τ .

Основные технические характеристики ЭСУ: быстродействие в режиме поиска 10^5 точек/с; минимальный размер светового пятна на выходе оптической системы 3–5 мкм; размер рабочего поля сканирования переменный (зависит от используемого объектива); число адресуемых точек 4096×4096 ; количество уровней квантования коэффициента пропускания 128; нестабильность сканирующего растра 0,1%.

На рис. 5 приведена увеличенная фотография изображения, построенного на фотопластинке с высоким разрешением по программе от ЭВМ на ЭСУ. Размер изображения на фотопластинке $1,0 \times 0,8$ мм². Ширина линии 3–5 мкм.

Поступила в редакцию 31 декабря 1976 г.

УДК 621.3.087 : 681.3

М. И. АЛЬКАЕВ, В. М. ВЕДЕРНИКОВ, А. М. ШЕРБАЧЕНКО
(Новосибирск)

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЕ МОДУЛИ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОГО АВТОМАТА «ЗЕНИТ»

В фотограмметрическом автомате «Зенит» [1], структурная схема которого изображена на рис. 1, используется сочетание механической системы перемещения плоского фотоносителя и электронно-оптической системы с электронно-лучевой трубкой. Датчиками перемещений служат два лазерных интерферометра. Измерение координат каретки, управление ее движением, положением луча электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), измерение оптической плотности в выбранной точке, а также управление интенсивностью засветки фотоматериала осуществляют программно-управляемые модули по командам, поступающим из ЭВМ «Минск-22» через специально разработанный контроллер. В статье рассмотрены принципы построения программно-управляемых модулей, предназначенных для работы с лазерными интерферометрами, и специализированного контроллера к ЭВМ «Минск-22».

Обмен цифровыми данными между ЭВМ и контроллером производится по байтам. В табл. 1 приведены обозначения линий связи между

Таблица 1

Обозначение линий для передачи/приема данных от ЭВМ	Число линий	Передаваемые сигналы
D_W/D_R	8	Данные, команды, адреса
Q_W/Q_R	1	Признак готовности ЭВМ/фотограмметрического автомата
S_W/S_R	1	Синхроимпульсы
L_W/L_R	1	Конец вывода/ввода данных

ЭВМ «Минск-22» и контроллером, их число и передаваемые по ним сигналы. Для передачи команд, служебной информации и для обмена данными между контроллером и программно-управляемыми модулями используются магистральные линии связи, обозначения которых приведены на рис. 1. Для передачи цифровых данных используется 26 шин (W) записи данных, 24 шины (R)