

УДК 681.142.62
А. В. ДАБАГЯН,
д-р техн. наук,
В. В. КАТРУК

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ
ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ ЕГО
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Для автоматизации процессов проектирования в различных областях техники, создания тренажеров необходимо иметь возможность представления на экране электроннолучевой трубки трехмерных объектов, имеющих шесть степеней свободы относительно точки наблюдения. Это достигается путем построения перспективных изображений — аксонометрических проекций.

Существует два метода выведения изображений: физическое и математическое моделирование.

В первом случае имеется физическая модель объекта, которая помещается перед передающей телевизионной камерой. В камере путем построчного сканирования проекции изображения на светочувствительной мишени электронным лучом яркостная информация об объекте преобразуется в видеосигнал. Последний передается в приемник, в котором он трансформируется в видимое изображение. Изменение проекции изображения на экране приемной ЭЛТ осуществляется изменением относительного положения модели и передающей камеры. Однако физическое моделирование отличается большой стоимостью и из-за наличия механических узлов имеет малую надежность и приводит к динамическим ошибкам отработки моделью команд управления. Кроме того, в случае использования моделей больших размеров возникает ряд трудностей, связанных с ограниченной глубиной резкости и минимальным фокусным расстоянием объектива телевизионной камеры. Достоинством метода физического моделирования является возможность представления на экране объектов какой угодно сложности.

Во втором случае имеется математическая модель объекта, т. е. уравнения поверхности объекта и дифференциальные уравнения движения его относительно точки наблюдения. Вычислительная машина решает эти уравнения и выдает соответствующую информацию на устройство построения изображений. Преимуществом метода является отсутствие физической модели, а следовательно, и всех присущих физическому моделированию недостатков. Однако при этом методе появляются значительные сложности, возникающие при выведении изображений сложных объектов.

В данной работе рассматривается метод построения изображений объектов, состоящих из совокупности цилиндров, конусов и плоскостей, с использованием математических моделей. Для получения перечисленных фигур по заданным цифровым кодам используется принцип простейших фигур Лиссажу. Построение изображения объекта осуществляется путем последовательного построения изображений отдельных элементов его.

Напряжения, подаваемые на горизонтально и вертикально отклоняющие пластины электроннолучевой трубки, определяются выражениями

$$\begin{aligned} U_x &= U_{0x} + U_{\phi x} \sin \omega_1 t + U_{px} \sin (\omega_2 t - k_1 \pi), \\ U_y &= U_{0y} + U_{\phi y} \sin (\omega_1 t - \alpha) + U_{py} \sin (\omega_2 t + k_2 \pi), \end{aligned} \quad (1)$$

где U_{0x} , U_{0y} — напряжения, определяющие координаты центра начала изображения на экране;

$U_{\phi x}$, $U_{\phi y}$ — амплитуды формирующих напряжений горизонтального и вертикального каналов;

U_{px} , U_{py} — амплитуды развертывающих напряжений горизонтального и вертикального каналов;

ω_1 , ω_2 — круговые частоты формирующего и развертывающего напряжений;

α — угол сдвига фаз между $U_{\phi x}$ и $U_{\phi y}$;

k_1 , k_2 — коэффициенты, определяющие положение оси фигуры (k_1 , $k_2 = 0, 1$).

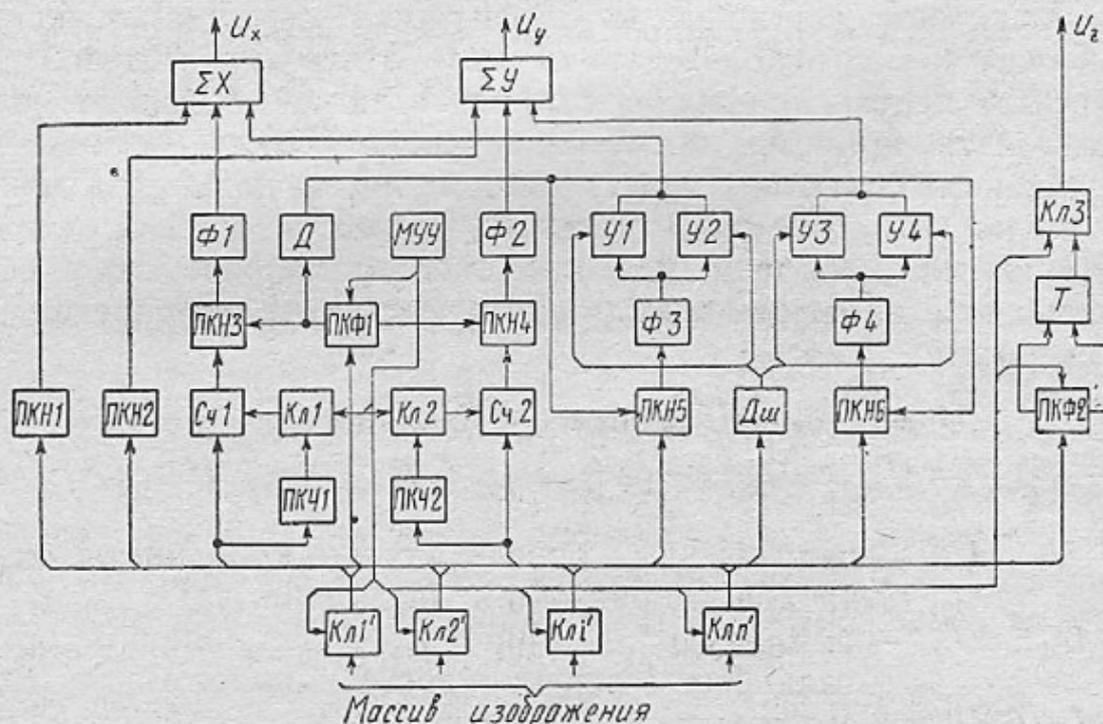
Формирование изображения цилиндра или конуса таким методом основано на перемещении светового пятна на экране трубки по винтовой линии, шаг которой определяется соотношением частот формирующего и развертывающего напряжений ω_1 и ω_2 . Чем сильнее неравенство $\omega_1 \gg \omega_2$, тем меньше шаг винтовой линии. Когда величина шага и диаметр светового пятна становятся соизмеримыми, витки винтовой линии сливаются и на экране получается изображение цилиндра или конуса. Построение изображения плоскости осуществляется перемещением светового пятна по треугольному закону. Соотношение между частотами ω_1 и ω_2 выбирается из условия непрерывности поверхности изображения

$$\omega_1 \geq 4 \frac{l}{d} \omega_2, \quad (2)$$

где l — длина фигуры,
 d — диаметр светового пятна.

Наличие коэффициента 4 в формуле (2) обусловлено тем, что построение изображения элемента осуществляется за время, равное $1/4$ периода развертывающего напряжения. Частота ω_2 выбирается из условия немерцания изображения.

Структурная схема устройства построения изображений приведена на рисунке. Массив изображения объекта поступает из ЦВМ на клапаны $Кл1' \dots Клn'$, которые управляются потенциалами местного устройства управления (МУУ). Через открытый



клапан $Кл i'$ параметры изображения i -го элемента объекта U_{0x} , U_{0y} , $U_{\phi x}$, $U_{\phi y}$, α , U_{rx} , U_{ry} , δ , φ (δ — параметр, учитывающий коэффициенты k_1 , k_2 в выражениях (1); φ — угол отсечки яркости) подаются на соответствующие блоки устройства.

Построение изображения цилиндра производится следующим образом. МУУ подает запрещающие потенциалы на клапаны $Кл1$, $Кл2$, а коды $U_{\phi x}$, $U_{\phi y}$, записанные в счетчиках $Сч1$, $Сч2$, поступают на преобразователи код — напряжение $ПКН3$, $ПКН4$. Последние запрашиваются прямоугольными импульсами преобразователя код — фаза $ПКФ1$, сдвинутыми по фазе относительно друг друга на величину α , поступающую на вход $ПКФ1$. На выходах $ПКН3$, $ПКН4$ образуются прямоугольные импульсы, сдвинутые по фазе на угол α , с амплитудами, пропорциональными соответственно $U_{\phi x}$, $U_{\phi y}$. Фильтры $Ф1$, $Ф2$ выделяют из этих последовательностей импульсы первые гармоники и синусоидальные сигналы $U_{\phi x} \sin \omega_1 t$, $U_{\phi y} \sin (\omega_1 t - \alpha)$ поступают на сумматоры ΣX , ΣY . На другие входы сумматоров подаются преобразованные в аналоговую величину преобразователями код — напряжение $ПКН1$,

ПКН2 величины U_{0x} , U_{0y} . Аналогичным образом коды U_{px} , U_{py} преобразуются в синусоидальные сигналы $U_{px} \sin \omega_2 t$, $U_{py} \sin \omega_2 t$ по каналам ПКН5, Ф3 и ПКН6, Ф4 и подаются на усилители с инверсными выходами У1, У2 и У3, У4. Преобразователи ПКН5, ПКН6 запитываются прямоугольными импульсами частотой ω_2 , полученными путем деления частоты ω_1 в делителе Д. Подключение того или иного усилителя в каждой паре У1, У2 и У3, У4 осуществляется дешифратором ДШ, управляемым параметром δ . Построение изображения каждого элемента объекта производится за время, соответствующее $1/4$ волны развертывающего напряжения, расположенной в интервале от $-\frac{\pi}{4}$ до $+\frac{\pi}{4}$ или наоборот. Коммутация усилителей У1...У4 дает возможность получить любое из четырех сочетание волн развертывающих напряжений, а следовательно, располагать ось изображаемого элемента в любом из четырех квадрантов. Сигналы с выходов У1...У4 поступают на ΣX , ΣY , осуществляющие операцию суммирования согласно выражениям (1). Аналогичным образом производится построение изображения плоскости (в этом случае α принимает значения 0 или π).

При построении конуса МУУ подает разрешающие сигналы на Кл1, Кл2 и импульсы с выходов преобразователей код — частота ПКЧ1, ПКЧ2 поступают на счетчики Сч1, Сч2, работающие на вычитание. Частоты этих импульсов равны

$$f_1 = \frac{4U_{\Phi x}}{T}, \quad f_2 = \frac{4U_{\Phi y}}{T},$$

где T — период развертывающего напряжения U_p .

За время построения конуса на вход счетчиков поступают количества импульсов

$$N_1 = f_1 \frac{T}{4} = U_{\Phi x}, \quad N_2 = f_2 \frac{T}{4} = U_{\Phi y},$$

так что к концу построения счетчики оказываются в нулевом состоянии и на выходе Φ_1 , Φ_2 получаются синусоидальные сигналы, модулированные по линейному закону от значений $U_{\Phi x}$ и $U_{\Phi y}$ до 0. Для стирания невидимой части изображения на модулятор трубки подаются запирающие импульсы с частотой ω_1 и некоторым фазовым сдвигом φ относительно $U_{\Phi x}$. Импульсы преобразователя код — фаза ПКФ2, сдвинутые по фазе на угол φ , поступающий на вход ПКФ2, управляют триггером 1. Последний через клапан Кл3, открываемый потенциалом МУУ, подает запирающие импульсы на модулятор трубки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безродный М. С. Основы построения устройств оперативного вывода информации. М., «Энергия», 1973. 120 с.
2. Пул Г. Основные методы и системы индикации. Л., «Энергия», 1969. 407 с.

УДК 681.142.62

Метод получения изображения движущегося объекта с помощью его математической модели. Дабагян А. В., Катрук В. В. Сб. «Автоматизированные системы управления и приборы автоматики». вып. 34, 1975, с. 58—61.

Рассмотрена методика воспроизведения зрительного образа с помощью вычислительной машины и специального устройства, состоящего из генераторов гармонических колебаний двух разных частот.

Ил. 1. Библиогр. 2.