

УДК 681.327.12(088)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ СИМВОЛОВ НА ЭКРАНАХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ТРУБОК

Говоров В.С. Пузанов Д.М.

Определяется длительность управляющих импульсов для минимально возможного времени воспроизведения зрительных символов на экране ЭЛТ.

Из методов формирования элементов графических информационных моделей (букв, цифр и условных обозначений объектов) на экранах электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) по поступающим в машинных кодах данным необходимо выделить способ аппроксимации их образующих по кусочно-линейному закону, так как он обеспечивает по сравнению с иными методами наименьшее время их воспроизведения [1,2]. Кроме того, этот метод обеспечивает отображение условных обозначений объектов с переменной ориентацией на плоскости, с погрешностью в направлениях их ориентации, удовлетворяющей требованиям со стороны зрительного анализатора человека-оператора, а также позволяют отображать всевозможного начертания кривые.

С целью определения минимально возможного времени отображения какого-либо зрительного символа необходимо отдельно рассмотреть ЭЛТ с электрической отклоняющей системой и с магнитной. Рассматриваемое время $\tau_{\min}$ определяется базой B управляющего сигнала и шириной полосы пропускания ($2\Delta f$ или $2\Delta\omega$) отклоняющей системы трубки, которая равна частоте ω_0 , ограничивающей эту полосу справа, т.е. $\omega_0 = 2\Delta\omega$. База сигнала [3]

$$B = \tau_{\min} \cdot 2\Delta f = \tau_{\min} \frac{\omega_0}{2\pi}$$

является величиной постоянной применительно к конкретной форме импульсов. Так как для прямоугольного импульса $B_{\Pi} = 3,18$, а для треугольного и пилообразного она меньше (например, $B_{\Delta} = 2,01$), [4] рассмотрим поставленный вопрос именно для прямоугольных сигналов, так как управляющее напряжение состоит из совокупности перечисленных форм импульсов. При этом необходимо заметить, что образующие отображаемых символов и их проекций аппроксимируются по кусочно-линейному закону. В соответствии с отмеченным, минимальная длительность управляющих импульсных сигналов равна:

$$\tau_{\min} = \frac{6,36\pi}{\omega_0}.$$

Определим вначале ω_c для ЭЛТ с электрической отклоняющей системой, принципиальная схема одной из которых изображена на рисунке 1. На нем приняты следующие обозначения: C – емкость отклоняющих пластин, R – выходное сопротивление усилителя управляющих сигналов.

Дифференциальное уравнение, описывающее эту радиотехническую цепь во временной области имеет следующий вид :

$$RC \frac{du_{\text{вых}}(t)}{dt} + u_{\text{вых}}(t) = u_{\text{вх}}(t) .$$

Здесь $u_{\text{вх}}(t)$ – напряжение сигнала, падающее на отклоняющих пластинах ЭЛТ.

В частотной области это уравнение представляется так:

$$RC(j\omega) \dot{U}_{\text{вых}}(\omega) + \dot{U}_{\text{вых}}(\omega) = \dot{U}_{\text{вх}}(\omega) .$$

Из этого выражения вытекает зависимость для частотного коэффициента передачи $K(j\omega)$, определяющего амплитудно-фазочастотную характеристику рассматриваемой радиотехнической цепи

$$K(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC} .$$

Модуль частотного коэффициента

$$K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$$

представляет собой амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) радиотехнической цепи, представленной на рисунке 1.

Максимальная величина $K(\omega)$ соответствует частоте $\omega=0$. Таким образом, $K_{\text{max}} = K(\omega = 0) = 1$. Частота ω_c определяется на уровне 3 децибел из последнего равенства:

$$\frac{K_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega_c^2 R^2 C^2}} .$$

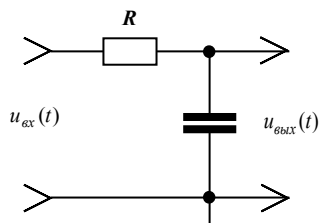


Рисунок 1 – Принципиальная схема горизонтальной (или вертикальной) электрической отклоняющей системы ЭЛТ

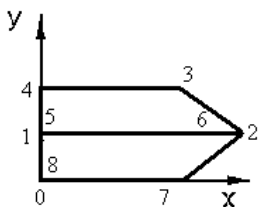


Рисунок 2 – Одно из условных обозначений объектов, входящих в графическую информационную модель

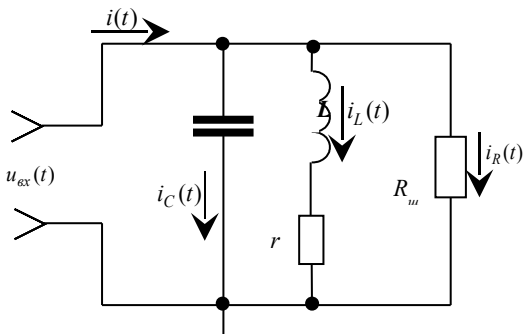


Рисунок 3 – Принципиальная схема отклоняющей горизонтальной (или вертикальной) системы ЭЛТ

Из этого выражения следует, что $\omega_{\varepsilon} = \frac{1}{RC}$, или $f_{\varepsilon} = \frac{1}{2\pi RC}$. Так как ёмкость отклоняющих пластин $C \approx 20$ пФ, сопротивление $R = (50 \dots 500)$ Ом, то $\omega_{\varepsilon} \approx (10^9 \dots 10^8)$ рад/с, и $\tau_{\min} \approx (20 \dots 200)$ нс. В результате символ, показанный, к примеру, на рисунке 2, образующая которого состоит из пятнадцати наименьших отрезков $0 \dots 1$ или $1 \dots 4$ (всего 20 таких отрезков), может быть отображен на экране ЭЛТ с электрической отклоняющей системой (0,4... 4) мкс.

Рассмотрим теперь ЭЛТ с магнитной отклоняющей системой, одна из которых (горизонтальная или вертикальная) представляет собой параллельный колебательный контур (рисунок 3). На рисунке 3 приняты следующие обозначения: L – индуктивность отклоняющей системы, C – паразитная ёмкость катушки индуктивности, r – сопротивление её витков, $R_{ш}$ – сопротивление шунтирующего резистора.

Дифференциальное уравнение, описывающее эту радиотехническую цепь во временной области, имеет вид:

$$LC \frac{d^2 i_L(t)}{dt^2} + \frac{L}{R_{ш}} \frac{d i_L(t)}{dt} + i_L(t) = i(t).$$

В частотной области оно представляется так:

$$LC(j\omega)^2 \dot{I}_L(\omega) + \frac{L}{R_{ш}}(j\omega) \dot{I}_L(\omega) + \dot{I}_L(\omega) = \dot{I}(\omega).$$

Частотный коэффициент передачи

$$K_i(j\omega) = \frac{1}{1 - \omega^2 LC + j\omega \frac{L}{R_{iu}}} .$$

Его модуль

$$K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 \frac{L^2}{R_{iu}^2}}} .$$

При $\omega = 0$, $K(\omega = 0) = K_{\max} = 1$.

Частота ω_{ε} определяется из следующего выражения:

$$\frac{K_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega_{\varepsilon}^2 LC)^2 + \omega_{\varepsilon}^2 \frac{L^2}{R_{iu}^2}}} .$$

При $R_{iu} = \rho$, где $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ – волновое сопротивление контура, получаем

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{\omega_{\text{с}}^4 L^2 C^2 + \omega_{\text{с}}^2 LC + 1}},$$

откуда следует:

$$\omega_{\text{с}}^4 L^2 C^2 - \omega_{\text{с}}^2 LC - 1 = 0.$$

Решая это биквадратное уравнение, получим:

$$\omega_{\text{с}} = \sqrt{\frac{1}{2L^2C^2}(-LC + \sqrt{L^2C^2 + 4L^2C^2})} \approx \frac{0,787}{\sqrt{LC}}.$$

У отклоняющих катушек ЭЛТ $L \approx 20$ мГн, $C \approx 100$ пФ. В результате $\omega_{\text{с}} \approx 0,56 \cdot 10^6$ рад/с, и $\tau_{\text{min}} = 40$ мкс. Символ, показанный на рисунке 2, может быть отображен на экране ЭЛТ с магнитной отклоняющей системой за время, приблизительно равное 0,8 мс, т.е. в (200...2000) раз большее по сравнению с ЭЛТ с электрической отклоняющей системой. С учетом того, что графическая информационная модель должна отображаться на экране ЭЛТ за время, обратное критической частоте слияния мельканий, равной 50 кадров/с, можно сделать вывод, что ЭЛТ с магнитной отклоняющей системой практически не пригодны для использования в системах знаковой индикации, так как количество воспроизводимых символов без адресного вывода не превышает 25, а с его учетом – вдвое меньше.

Библиография

1 Говоров В.С. Преобразователи машинного кода в графические символы / В.С. Говоров, Д.И. Исмаилов. — К.: Техника, 1983. — 168 с.

2 Говоров В.С. Радиотехнические системы передачи, обработки и отображения информации / В.С. Говоров, А.Н. Голиков, И.Л. Калюжный; Под ред. В.К. Маригодова и В.С. Говорова. — Севастополь: Изд-во Мин-ва связи СССР, 1990. — 428 с.

3 Лосев А.К. Линейные радиотехнические цепи / А.К. Лосев. — М.: Высш. шк., 1971. — 560 с.

4 Говоров В.С. Основы электроники / В.С. Говоров. — Севастополь: Изд-во ВМФ, 1987. — 376 с.

Поступила в редакцию 2.02.2001 г.