

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Д. Я. СВЕТ

О ГИПЕРБОЛИЧЕСКОМ ДЕТЕКТОРЕ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 23 III 1954)

1. Зависимость среднего значения тока на выходе амплитудного детектора от напряжения сигнала на его выходе определяется обычно его вольт-амперной характеристикой (линейной, квадратичной, полукубической).

Детектирование с гиперболической зависимостью среднего значения тока от амплитуды напряжения на входе обладает некоторыми особыми свойствами и, как показано ниже, может быть осуществлено в элементе с П-образной вольт-амперной характеристикой.

Практическое осуществление таких элементов может быть различным. Принципиальная схема элемента с вольт-амперной П-характеристикой на электронных лампах изображена на рис. 1. В этой схеме сетки ламп (L_1, L_2), работающих в режиме амплитудного ограничения, включены через смещения E_{g_1} и E_{g_2} параллельно, а аноды двухтактно. Результирующая вольт-амперная характеристика $i = i_{L_1} - i_{L_2} = f(U)$ (см. рис. 2) имеет П-образный вид и, благодаря применению амплитудного ограничения, может быть всегда сделана линейно-трапециoidalной. Аналитически характеристика определяется равенствами:

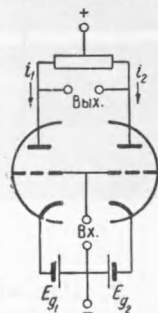


Рис. 1

$$\begin{aligned} i &= 0, & U < U'_0; \\ i &= S(U_{01} - U), & U'_0 < U < U_{01}; \\ i &= I_0, & U_{01} < U < U_{02}; \\ i &= S(U''_0 - U), & U_{02} < U < U''_0; \\ i &= 0 & U''_0 < U, \end{aligned}$$

где

$$S = \frac{I_0}{U_{01} - U'_0}.$$

Рассматривая детектирование в такой системе напряжения $U = U_m \exp j\omega t$ при условии $U_m > U''_0$, можно заключить, что зависимость постоянной составляющей тока на выходе ($I_{\text{ср}}$) от амплитуды U_m будет иметь гиперболический характер. Интегрируя, как обычно, ток на выходе детектора, после элементарных преобразований получаем выражение

$$I_{\text{ср}} \approx \frac{I_0(U''_0 - U'_0 + U_{02} - U_{01})}{2\pi} \frac{1}{U_m}. \quad (1)$$

Выражение (1), естественно, тем точнее*, чем сильнее неравенство $U_0' < U_m$. Гиперболический тип амплитудной зависимости рассматриваемого детектора остается и для частных случаев треугольной вольт-амперной характеристики:

$$I \approx \frac{I_0 (U_0'' - U_0')}{2\pi} \frac{1}{U_m} \quad (2)$$

и прямоугольной:

$$I \approx \frac{I_0 (U_0'' - U_0')}{\pi} \frac{1}{U_m}. \quad (3)$$

Качественно случаи (1) — (3) будут отличаться лишь формой импульса тока (трапециoidalный, треугольный, прямоугольный).

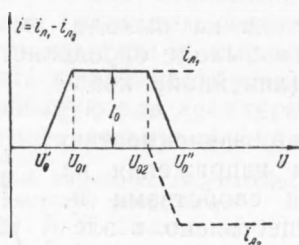


Рис. 2

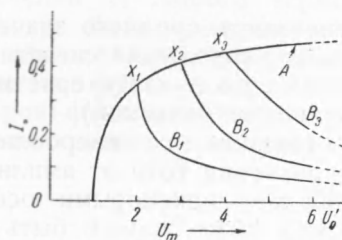


Рис. 3

2. Рассмотрим подробнее процесс детектирования для случая прямоугольной характеристики, к которой практически вольт-амперная зависимость данной системы может быть приближена применением на выходе достаточно глубокого амплитудного ограничения.

Прежде всего можно установить, что в зависимости от величины амплитуды напряжения сигнала могут иметь место два режима детектирования.

Первый режим соответствует детектированию при амплитудах входного напряжения, лежащих в диапазоне $U_0' < U_m < U_0''$. В этом случае каждому положительному полупериоду напряжения на входе соответствует один униполярный импульс тока на выходе.

Второй режим имеет место при значениях амплитуды $U_m > U_0''$. В этом случае каждому положительному периоду напряжения на входе будут соответствовать два импульса тока на выходе.

Эффект детектирования для первого режима описывается выражением для постоянной составляющей

$$I' = \frac{I_0}{2\pi} \left(\pi - 2 \arcsin \frac{U_0'}{U_m} \right). \quad (4)$$

* Точное выражение для $I_{\text{ср}}$ имеет вид

$$I_{\text{ср}} = \frac{S}{\pi} \left[U_m \left(\cos \arcsin \frac{U_0'}{U_m} - \cos \arcsin \frac{U_{01}}{U_m} + \cos \arcsin \frac{U_0''}{U_m} - \cos \arcsin \frac{U_{02}}{U_m} \right) + U_0' \arcsin \frac{U_{01}}{U_m} + U_0'' \arcsin \frac{U_0''}{U_m} - (U_0'' - U_0' - U_{01}) \arcsin \frac{U_{02}}{U_m} - U_{01} \arcsin \frac{U_{01}}{U_m} \right].$$

Для второго режима постоянная составляющая тока на выходе будет:

$$I_{-}^{*} = \frac{I_0}{\pi} \left(\arcsin \frac{U_0^{*}}{U_m} - \arcsin \frac{U_0'}{U_m} \right). \quad (5)$$

Из выражений (4) и (5) нетрудно видеть, что рассматриваемый процесс детектирования характеризуется амплитудной избирательностью. С увеличением амплитуды напряжения на входе величина постоянной составляющей на выходе увеличивается до определенного предела ($U_m = U_0$). Увеличение амплитуды напряжения на входе выше этого предела влечет за собой уменьшение постоянной составляющей тока на выходе. На рис. 3 приведено семейство амплитудных характеристик рассматриваемого детектора, где кривая A соответствует первому режиму, кривые B_1 , B_2 , B_3 — второму. Точки X_1 , X_2 , X_3 являются точками критического режима ($U_m = U_0$).

Осциллограммы выходного тока для экспериментальной схемы (рис. 1) гиперболического детектора, соответственно, для I и II режимов работы приведены на рис. 4а и б; осциллограмма для критического режима приведена на рис. 4в.

В частном случае при $U_0' = 0$ в I режиме эффект детектирования не зависит от величины амплитуды напряжения на входе, т. е. система работает как тривиальный амплитудный ограничитель.

Во II режиме

$$I_{-}^{*} = \frac{I_0}{\pi} \arcsin \frac{U_0^{*}}{U_m}. \quad (6)$$

Из выражений (5) и (6) следует, что для $\frac{U_0^{*}}{U_m} \leq 0,5$ зависимость

$I_{-} = f\left(\frac{U_0^{*}}{U_m}\right)$ с точностью до $< 5\%$ можно считать линейной.

Таким образом, амплитудная характеристика данного детектора практически может быть сколь угодно близка к гиперболе.

Поступило
23 III 1954

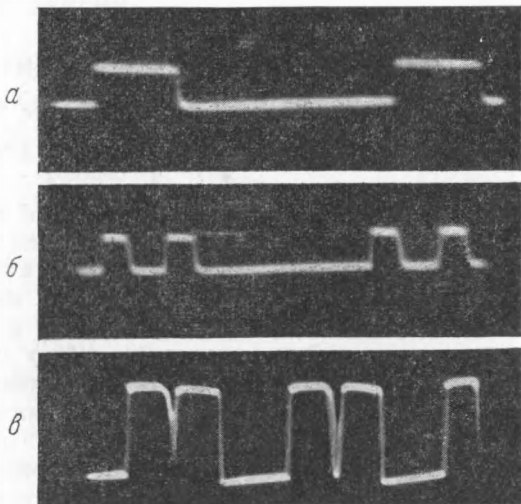


Рис. 4