

4. Я. З. Цыпкин. Об устойчивости в целом нелинейных импульсных автоматических систем.— Докл. АН СССР, 1962, т. 145, № 1.
5. E. Yung E., B. Lee. On the Absolute Stability of Nonlinear Sampled — data Systems.— IEEE Trans., 1964, v. AC-9.
6. К. Идзава. Релейные системы регулирования с импульсным действием.— Труды I Конгресса ИФАК, т. 2. М., 1961.
7. Ю. Т. Ту. Цифровые и импульсные системы автоматического управления. М., «Машиностроение», 1964.
8. А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. Теория колебаний. М., Физматгиз, 1959.
9. Ш. А. Ахматов, А. И. Черепанов. Применение теорем об абсолютной устойчивости для анализа релейно-импульсных систем регулирования.— ИВУЗ, Радиотехника, 1968, № 3.

Поступило в редакцию  
18 декабря 1969 г.

УДК 621.317.322

Л. И. ВОЛГИН  
(ТАЛЛИН)

### ЛИНЕЙНЫЙ ДЕТЕКТОР ЭФФЕКТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

В электронных вольтметрах эффективных значений, предназначенных для измерения напряжений произвольной формы, находят применение квадратичные детекторы с линейно-сегментной аппроксимацией вольт-амперной характеристики [1]. В частности, по схеме линейно-сегментной аппроксимации построены детекторы вольтметров ВЗ-6, ВЗ-18, ВЗ-19 и измерителя нелинейных искажений С6-2 (рис. 1). Указанные приборы имеют квадратичный характер шкалы, что обуславливает увеличение количества пре-

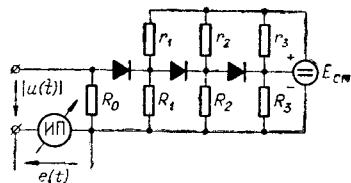


Рис. 1.

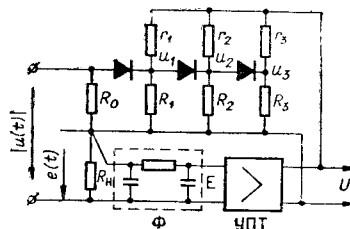


Рис. 2.

делов измерения и допустимых погрешностей вдоль шкалы прибора. Известны детекторы эффективных значений с линейной функцией преобразования [2]. Но такие детекторы обладают принципиально неустранимой методической погрешностью от формы кривой измеряемого напряжения  $u(t)$  [3] и ограниченным частотным диапазоном (до нескольких сот килогерц).

Ниже описывается детектор эффективных значений с линейной функцией преобразования, свободный от указанных недостатков. Способ линеаризации базируется на охвате квадривирующего устройства (КУ) обратной связью по фокальному параметру КУ. Пусть функция преобразования КУ по мгновенным значениям задана выражением  $e(t) = \frac{1}{2p} u^2(t)$ , где  $p$  — фокальный параметр (расстояние от фокуса параболы до ее директриссы);  $e(t)$  — падение напряжения на нагрузке детектора (на рамке магнитоэлектрического измерительного прибора ИП). Постоянная составляющая напряжения  $\bar{e}(t)$ :  $E = s_{\phi} \bar{e}(t) = s_{\phi} U^2/2p$ , где  $s_{\phi}$  — коэффициент преобразования;  $U = \sqrt{\overline{u^2(t)}}$  — эффективное значение измеряемого сигнала  $u(t)$  (черта сверху — символ

усреднения). Если фокальный параметр  $p$  линейно зависит от  $E$  ( $p = s_p E$ ), то

$$E = \sqrt{\frac{s_{\Phi}}{2 s_p}} U = s U, \quad (1)$$

т. е. функция преобразования устройства будет линейной. Здесь  $s = \sqrt{s_{\Phi}/2 s_p}$  — коэффициент передачи детектора по уровню эффективного значения. Таким образом, для линеаризации функции преобразования необходима операция деления по постоянному сигналу  $E$ .

Покажем, что необходимость в специальном делительном устройстве отпадает, если в качестве КУ используется диодный линейно-сегментный аппроксиматор, на который вместо фиксированного напряжения смещения  $E_{см}$  (см. рис. 1) подан сигнал, пропорциональный  $E$ . Для этого надо доказать, что параметр  $p$  есть линейная функция от  $E_{см}$ . Рассмотрим  $i$ -й участок аппроксимации, для которого  $e = a_i u + b_i$ , где  $a_i$  и  $b_i$  — постоянные, выбираемые из условия минимальной погрешности аппроксимации.

Прямая  $e = a_i u + b_i$  пересекает аппроксимируемую параболу  $e = \frac{1}{2p} u^2$  в двух точках  $(e_{i-1}, u_{i-1})$  и  $(e_i, u_i)$ . Для точек пересечения справедливы равенства:

$$\frac{1}{2p} u_{i-1}^2 = a_i u_{i-1} + b_i; \quad \frac{1}{2p} u_i^2 = a_i u_i + b_i.$$

Вычитая из второго уравнения первое, найдем

$$p = \frac{1}{2 a_i} (u_{i-1} + u_i) = \frac{1}{2 a_i} \left( \frac{1}{\gamma_{i-1}} + \frac{1}{\gamma_i} \right) E_{см}. \quad (2)$$

Здесь  $\gamma_i$  — коэффициенты деления напряжения  $E_{см}$ , т. е.  $u_i = E_{см}/\gamma_i$ . Равенство (2) выполняется для всех участков аппроксимации ( $i=1, 2, \dots, n$ ), т. е. можем записать

$$p = \frac{E_{см}}{2n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{a_i} \left( \frac{1}{\gamma_{i-1}} + \frac{1}{\gamma_i} \right) = k E_{см}, \quad (3)$$

где  $k = \text{const}$ . Выражение (3) показывает, что фокальный параметр с точностью до погрешности аппроксимации линейно зависит от напряжения смещения  $E_{см}$ .

На рис. 2 дана схема линейного детектора (преобразователя) эффективных значений. Здесь напряжение  $e(t)$  с нагрузки  $R_n$  после усреднения фильтром нижних частот  $\Phi$  поступает на вход усилителя постоянного тока (УПТ). Выходное напряжение  $U_v$  УПТ подается в качестве напряжения смещения на диодный линейно-сегментный аппроксиматор. Линейность функции преобразования позволяет также использовать устройство в качестве преобразователя переменного напряжения в постоянное по уровню эффективного значения для работы с цифровыми вольтметрами постоянного тока.

Рассмотрим одну интересную особенность предложенной схемы. Для линейно-сегментных аппроксиматоров с фиксированным смещением погрешность аппроксимации и погрешность от формы кривой увеличивается с уменьшением уровня сигнала. У линейно-сегментного аппроксиматора со скользящим смещением (у квадраторов с обратной связью по фокальному параметру) указанный недостаток отсутствует. Действительно, уменьшение уровня сигнала в устройстве используются все  $n$  участков аппроксимации. Указанное также означает, что схема рис. 2 позволяет существенно расширить динамический диапазон измеряемых напряжений в сторону малых уровней сигнала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Г. Кадук. Новый метод расчета квадратичного детектора на полупроводниковых диодах по схеме сегментно-линейной аппроксимации. — Радиоэлектронная промышленность, 1959, вып. 13.
2. С. G. Wahman. True RMS Instrument. — Brüel ja Kjar Technical Review, 1958, № 3.
3. Л. И. Волгин. К вопросу определения методической погрешности линейного детектора эффективных значений со скользящим смещением. — Изв. АН ЭССР, серия физ.-мат. и техн. наук, 1963, т. XII, № 2.

Поступило в редакцию  
22 июня 1970 г.