

**ГЕНЕРАТОР ЛИНЕЙНО ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕНИЯ  
ДЛЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

В. П. БОНДАРЕНКО, В. А. БОНДАРЬ, Г. И. ПЕРЕДЕЛЬСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры вычислительной техники)

Применение генераторов ЛИН в аналого-цифровых преобразователях, а также в измерительной технике, радиолокации и радионавигации в устройствах калиброванной задержки требует очень высокой линейности выходных импульсов. Среди генераторов линейно растущего напряжения на транзисторах самыми высоко линейными считаются генераторы с положительной обратной связью (ПОС), обеспечивающие коэффициент передачи в цепи ПОС больше единицы и генераторы с нелинейной ПОС. Последние обеспечивают самый малый коэффициент нелинейности:  $\xi$  — десятки доли процента [1]. Генераторы с ПОС на лампах обеспечивают величину  $\xi$  также лишь десятки доли процента [1]. Сотые доли процента можно получить [2, 3] в генераторах с комбинированными обратными связями, разработка которых началась сравнительно недавно. Эти генераторы разрабатываются в основном на транзисторах, что ограничивает получение импульсов ЛИН повышенного напряжения (больше 100 в) и снижает их термостабильность. В настоящей работе предлагается генератор ЛИН на лампах с ПОС, в котором используется также и независимая линеаризация импульса выходного напряжения. Такая комбинация принципов линеаризации в генераторах ЛИН позволяет получить высокую линейность выходных импульсов вместе с высоким коэффициентом использования напряжения и повышенным быстродействием по сравнению с генераторами с комбинированными связями (КОС) на лампах.

Идея построения таких генераторов ЛИН родилась сравнительно недавно [4]. Физический смысл ее осуществления состоит в построении цепи независимого управления сопротивлением зарядного (разрядного) элемента емкости генератора. Эффективность от применения нового способа линеаризации особенно ощутима в указанном плане в схемах генераторов с ПОС.

На рис. 1 представлена схема такого генератора ЛИН с ПОС на лампах, аналогично которой можно построить схему на транзисторах. В таком генераторе увеличение  $\xi$  за счет входного сопротивления эмиттерного повторителя можно скомпенсировать цепью независимого управления сопротивлением зарядного элемента.

Схема на рис. 1 отличается от известных схем с ПОС наличием в зарядной цепи формирующего конденсатора управляемого нелинейного элемента-пентода. В разрядной цепи включена пассивная цепь независимого управления.

В исходном состоянии катодный ток пентода протекает через  $R_k$  и разрядный триод  $L_{1a}$ . Емкость  $C_k$  заряжается до падения напряжения на  $R_k$ . С приходом запирающего импульса на  $L_{1a}$  последняя закрывается и конденсатор  $C$  начинает заряжаться. Напряжение на катодах диодов  $L_{3a}$  и  $L_{3b}$  быстро возрастает, и они закрываются, после чего ток экранной сетки замыкается на конденсатор  $C_3$ , а конденсатор  $C_0$  становится, в свою очередь, источником питания анодной цепи  $L_2$  на все время формирования импульса ЛИН. Далее емкость  $C_k$  разряжается, так что отрицательное напряжение на сетке пентода все время уменьшается. Необходимо выбрать величину изменения напряжения на  $C_k$  такой, чтобы соответствующее изменение напряжения на сетке пентода полностью компенсировало спад анодного тока, заряжающего емкость  $C$ . Этот спад имеет место из-за неидеальности коэффициента передачи цепи ПОС —  $\gamma = 1 - K + C/C_0$  и конечности величины внутренней отрицательной обратной связи в самом пентоде —  $\beta \approx R_i/R_{ст.о.}$  Коэффициент нелинейности, определяющий этот спад, можно найти так:

$$\xi_0 = \gamma \varepsilon / \beta,$$

где  $\varepsilon = U_m/E$  — коэффициент использования напряжения.

Значение необходимого перепада напряжения  $\Delta U_k$  на сетке пентода можно определить таким образом:

$$\Delta U_k = \xi I_{a0} / S_0,$$

где  $I_{a0}$  — начальный ток заряда  $C$ .

При выполнении этого условия, определяющего выбор значения  $C_k$  при заданном  $R_k$ , зависящем от  $I_{a0}$ , результирующее значение коэффициента находится как

$$\xi \approx \xi_k \cdot \xi_0,$$

где  $\xi_k$  — коэффициент нелинейности напряжения на  $C_k$  за время импульса ЛИН.

Для указанных параметров схемы и длительности импульса ЛИН  $T_n = 100$  мксек, при частоте повторения  $f_n = 50$  гц и амплитуде выходного импульса 120 в расчетное значение  $\xi = 6,34 \cdot 10^{-4}\%$ . Измерение с помощью осциллографа С1-19Б по методике Хартуна Н. [5] показало, что у испытуемой схемы  $\xi < 0,05\%$ . Расчетное значение  $\xi$  для схемы с комбинированными обратными связями на основе, приведенной на рис. 1 (емкость  $C$  включена параллельно  $L_{1a}$ , а  $C_k$  отсутствует) с теми же параметрами, составляет 0,1%. Огромный запас по  $\xi$  для схемы такого генератора ЛИН с ПОС позволяет для некоторых применений значительно снизить время восстановления схемы. Из схемы генератора видно, что  $T_B$  определяется величинами емкостей  $C_3$  и  $C_k$ , т. е.

$$T_B \approx 3 [CR_{ст.1} + R_k (C_k + C_3)],$$

где  $R_{ст.1}$  — сопротивление открытого триода  $L_{1a}$ .

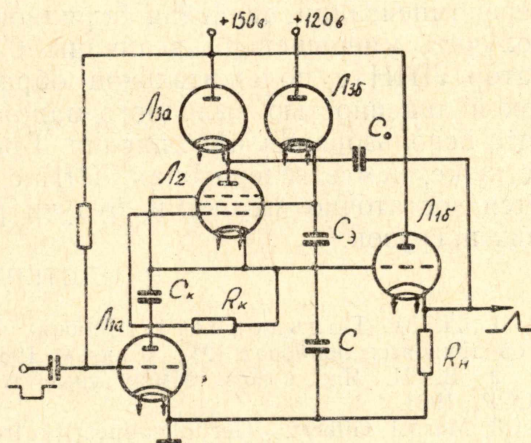


Рис. 1. Схема генератора линейно-изменяющегося напряжения с положительной обратной связью и цепью независимой компенсации нелинейности

Параметры запускающих импульсов: амплитуда  $30_{\text{в}}$ , длительность  $T_{\text{п}} = 100 \text{ мксек}$ ,  $f_{\text{п}} = 50 \text{ гц}$ .

Аналогичные результаты можно получить, устранив конденсатор и соединив экранную сетку непосредственно с анодом пентода. Это возможно для ламп, допускающих одинаковое напряжение питания указанных электродов.

В некоторых специальных условиях необходимо получать напряжение с отрицательным коэффициентом нелинейности, что соответствует перекомпенсации значения зарядного тока. В данной схеме это легко получить уменьшением величины  $C_{\text{к}}$ . Таким образом, настоящий генератор ЛИН с положительной обратной связью отличается очень высокой линейностью выходного напряжения при повышенном коэффициенте использования напряжения. Время восстановления в таких схемах не хуже, чем в генераторах ЛИН с ПОС. Параметры генератора остаются достаточно высокими, будучи рассчитаны на использование больших нагрузок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. М. Гольденберг. Теория и расчет импульсных устройств на полупроводниковых приборах. М., «Связь», 1969.
  2. В. Н. Яковлев. Импульсные генераторы на транзисторах. Гостехиздат, УССР, 1963.
  3. Marosi Gilbert. Get ultralinearly from ramps. «Electron. Design», 14, № 28, 1966.
  4. Schneider H. D. Пат. ФРГ, кл. 21 ав. 36/02 (НОЗк), № 1220887, 1967.
  5. Harthun N. Linearitätsmeßmethode für Sägezahngeneratoren nach dem Prinzip der Urstromquelle. «J. E. R.», Bd. 22 (1968), № 3.
-