

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ГЕНЕРАТОР-КАЛИБРАТОР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Ю. М. ФОМИЧЕВ, Ю. Н. ВАРАКУТА

(Представлена научным семинаром кафедры радиотехники)

В связи с новыми разработками широкополосных преобразователей переменного тока в постоянный потребовалось расширение частотного диапазона аппаратуры для их контроля. В настоящее время настоятельно требуется простая в обращении с высокими метрологическими свойствами аппаратура (типа ГК-10 [1]), с расширенным до 1 Мгц частотным диапазоном. Схемные решения, использованные в ГК-10 [1], на частотах выше 100 ÷ 200 кгц оказываются непригодными из-за резкого возрастания нелинейных искажений. Поэтому в новой разработке широкополосного генератора-калибратора ГК-11 пришлось изменить как функциональную, так и электрическую схему, хотя принцип построения калибратора в виде статической системы авторегулирования с компаратором действующего значения в петле обратной связи [2] остался прежним.

ГК-11 состоит из двух генераторных блоков: генератора низких частот — 10 гц ÷ 30 кгц и генератора высоких частот — 30 кгц ÷ 1 Мгц, которые работают в зависимости от выбранной частоты и общей петли автостабилизации и калибровки выходного уровня (рис. 1). В низкочастотной части ГК-11 (до 30 кгц) используются, без особых изменений, схемные решения, принятые в ГК-10 [1].

На частотах выше 30 кгц применена схема двухкаскадного LC-автогенератора с индуктивной положительной обратной связью.

Из-за высокого выходного сопротивления ВЧ-генератора*) для улучшения его нагрузочной характеристики необходим большой коэффициент передачи в петле стабилизации действующего значения выходного уровня, а это требует обеспечения запаса по устойчивости.

Для снижения порядка системы в ней регулирующее устройство выполнено на полевом транзисторе с изолированным затвором (безынерционное звено), но этого оказывается недостаточно. Рассмотрим структурную схему высокочастотного генератора совместно с петлей стабилизации действующего значения выходного уровня (рис. 2), где

$K_1(p)$, $K_2(p)$ — передаточная функция первого и второго каскадов усилителя автогенератора,

$K_{фп}(p)$ — передаточная функция фотоэлектрического преобразователя компаратора.

*) В принятой схеме нельзя ввести отрицательную обратную связь с большой эффективностью.

K_y — коэффициент передачи усилителя ошибки,
 $K_p(I, U_y)$ — коэффициент передачи регулирующего устройства,
 K_n — коэффициент передачи цепи положительной обратной связи.

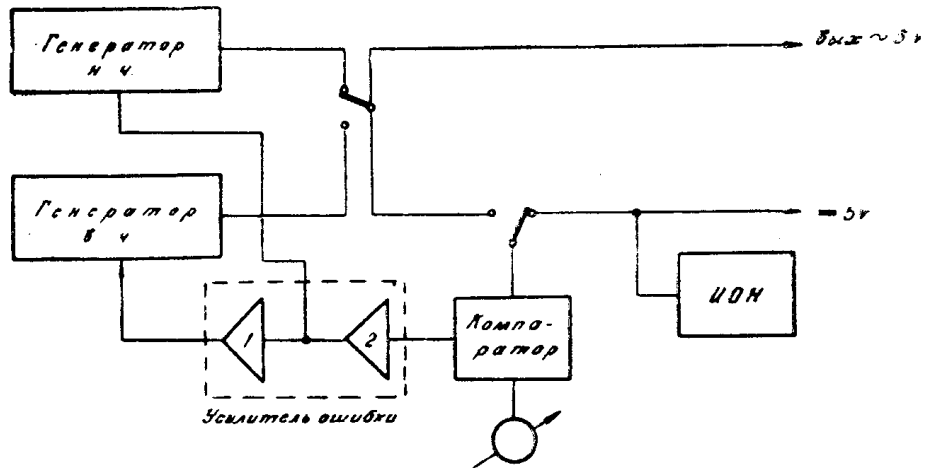


Рис. 1

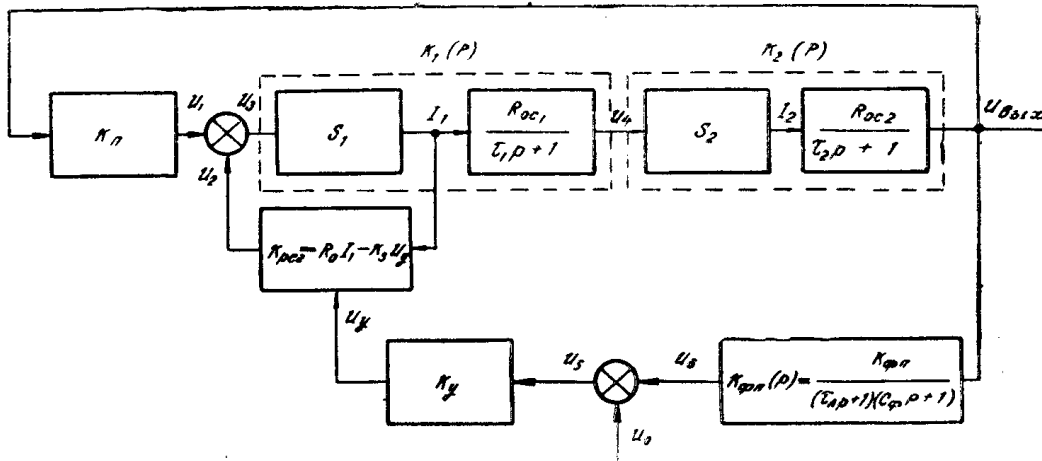


Рис. 2

Исходя из этой эквивалентной схемы, запишем характеристическое уравнение в виде

$$\begin{aligned}
 & (1 + S_1 R_0) \tau_1 \tau_2 \tau_l \tau_\phi p^4 + (1 + S_1 R_0) [(\tau_1 + \tau_2) \tau_l \tau_\phi + \tau_1 \tau_2 (\tau_l + \tau_\phi)] p^3 + \\
 & + [(1 + S_1 R_0) - K_1 K_2 K_n] \tau_l \tau_\phi + (1 + S_1 R_0) [(\tau_1 + \tau_2) (\tau_l + \tau_\phi) + \\
 & + \tau_1 \tau_2] p^2 + [(1 + S_1 R_0) - K_1 K_2 K_n] (\tau_l + \tau_\phi) + \\
 & + (1 + S_1 R_0) (\tau_1 + \tau_2) p + [(1 + S_1 R_0) - K_1 K_2 K_n + \\
 & + K_1 K_2 K_s K_y K_{\phi n}] = 0,
 \end{aligned}$$

где

τ_1, τ_2 — постоянные времени первого и второго резонансных каскадов;
 τ_l, τ_ϕ — постоянные времени лампы накаливания и фоторезистора фотоэлектрического преобразователя компаратора;

S_1 — крутизна транзистора первого каскада;

R_0 — активное сопротивление регулирующего транзистора в рабочей точке.

$K_s = \frac{dR/R}{dU/U}$ — крутизна регулирования.

По критерию Рауса-Гурвица система, описываемая уравнением четвертого порядка, устойчива при выполнении следующих условий [3,4]:

$$a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0, a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1 a_4^2 > 0. \quad (1)$$

В рассматриваемом случае

$$a_0 = (1 + S_1 R_0) \tau_1 \tau_2 \tau_n \tau_\phi,$$

$$a_1 = (1 + S_1 R_0) [(\tau_1 + \tau_2) \tau_n \tau_\phi + \tau_1 \tau_2 (\tau_n + \tau_\phi)],$$

$$a_2 = [1 + S_1 R_0 - K_1 K_2 K_n] \tau_n \tau_\phi + (1 + S_1 R_0) [(\tau_1 + \tau_2) (\tau_n + \tau_\phi) + \tau_1 \tau_2],$$

$$a_3 = (1 + S_1 R_0 - K_1 K_2 K_n) (\tau_n + \tau_\phi) + (1 + S_1 R_0) (\tau_1 + \tau_2),$$

$$a_4 = (1 + S_1 R_0) - K_1 K_2 K_n + K_1 K_2 K_s K_y K_{\phi n}.$$

Для реального случая $(\tau_n + \tau_\phi) \gg \tau_1 + \tau_2$ и $S_1 R_0 \gg 1$. С учетом этого, разрешая неравенства (1), найдем условие устойчивости и допустимый коэффициент стабилизации:

$$K_n \leq \frac{R_0}{R_{0e} \cdot K_2}, \quad (2)$$

$$G_{ст} \leq \frac{1}{2} \frac{\tau_n + \tau_\phi}{\tau_1 + \tau_2} \cdot \frac{[(1 + S_1 R_0) - K_1 K_2 K_n]^2}{1 + S_1 R_0}, \quad (3)$$

где $G_{ст} = K_1 K_2 K_s K_y K_{\phi n}$.

Из выражения (3) следует, что чем меньше K_n , тем больший коэффициент стабилизации можно получить. Уменьшать до нуля K_n нельзя, так как его величина определяется условием баланса амплитуд автогенератора. В связи с этим цепь положительной обратной связи необходимо выполнить так, чтобы она обеспечивала условие самовозбуждения автогенератора и в то же время имела малый коэффициент передачи по приращениям первой гармоники. Такой характеристикой обладает двусторонний ограничитель на диодах при глубоком ограничении.

Описание принципиальной схемы

Ранее уже отмечалось, что низкочастотная часть ГК-11 выполнена идентично ГК-10. Высокочастотный генератор представляет собой двухкаскадный избирательный LC-усилитель, выполненный на идентичных высокочастотных транзисторах 2Т602, охваченный положительной обратной связью (C_{40} , D_4 , D_5 , C_{41}) и отрицательными обратными связями по току в каждом каскаде (R_{42} , T_{10}) и (R_{45} , R_{46}) (рис. 3). Для обеспечения устойчивости положительная обратная связь сделана нелинейной (ограничитель на диодах D_4 , D_5). Уровень ограничения устанавливается переменными резисторами (R_{36} , R_{38}). Глубина отрицательной обратной связи по току в первом каскаде изменяется с помощью полевого транзистора (T_{10}) при появлении сигнала рассогласования с выхода дифференциального компаратора ($ЛН_2 R_{51}$, $ЛН_3 R_{54}$, R_{52} , R_{53} , R_{55} , R_{56}).

Выходной каскад ВЧ-генератора собран по двухтактной схеме (T_{11} , T_{12}). Связь с нагрузкой трансформаторная.

Технические характеристики ГК-II

1. Погрешность установки действующего значения выходного напряжения (5 в) менее 0,05%.

ЧАСТОТА

- С1 20
- С2 20
- С3 20
- С4 20
- С5 100
- С6 200
- С7 500
- С8 10
- С9 10
- С10 10
- С11 10
- С12 10
- С13 10
- С14 10
- С15 1000
- С16 1000
- С17 1000
- С18 1000
- С19 1000
- С20 1000
- С21 1000
- С22 1000
- С23 1000
- С24 1000
- С25 1000
- С26 1000
- С27 1000
- С28 1000
- С29 1000
- С30 1000
- С31 1000
- С32 1000
- С33 1000
- С34 1000
- С35 1000
- С36 1000
- С37 1000
- С38 1000
- С39 1000
- С40 1000
- С41 1000
- С42 1000
- С43 1000
- С44 1000
- С45 1000
- С46 1000
- С47 1000
- С48 1000
- С49 1000
- С50 1000
- С51 1000
- С52 1000
- С53 1000
- С54 1000
- С55 1000
- С56 1000
- С57 1000
- С58 1000
- С59 1000
- С60 1000
- С61 1000
- С62 1000
- С63 1000
- С64 1000
- С65 1000
- С66 1000
- С67 1000
- С68 1000
- С69 1000
- С70 1000
- С71 1000
- С72 1000
- С73 1000
- С74 1000
- С75 1000
- С76 1000
- С77 1000
- С78 1000
- С79 1000
- С80 1000
- С81 1000
- С82 1000
- С83 1000
- С84 1000
- С85 1000
- С86 1000
- С87 1000
- С88 1000
- С89 1000
- С90 1000
- С91 1000
- С92 1000
- С93 1000
- С94 1000
- С95 1000
- С96 1000
- С97 1000
- С98 1000
- С99 1000
- С100 1000

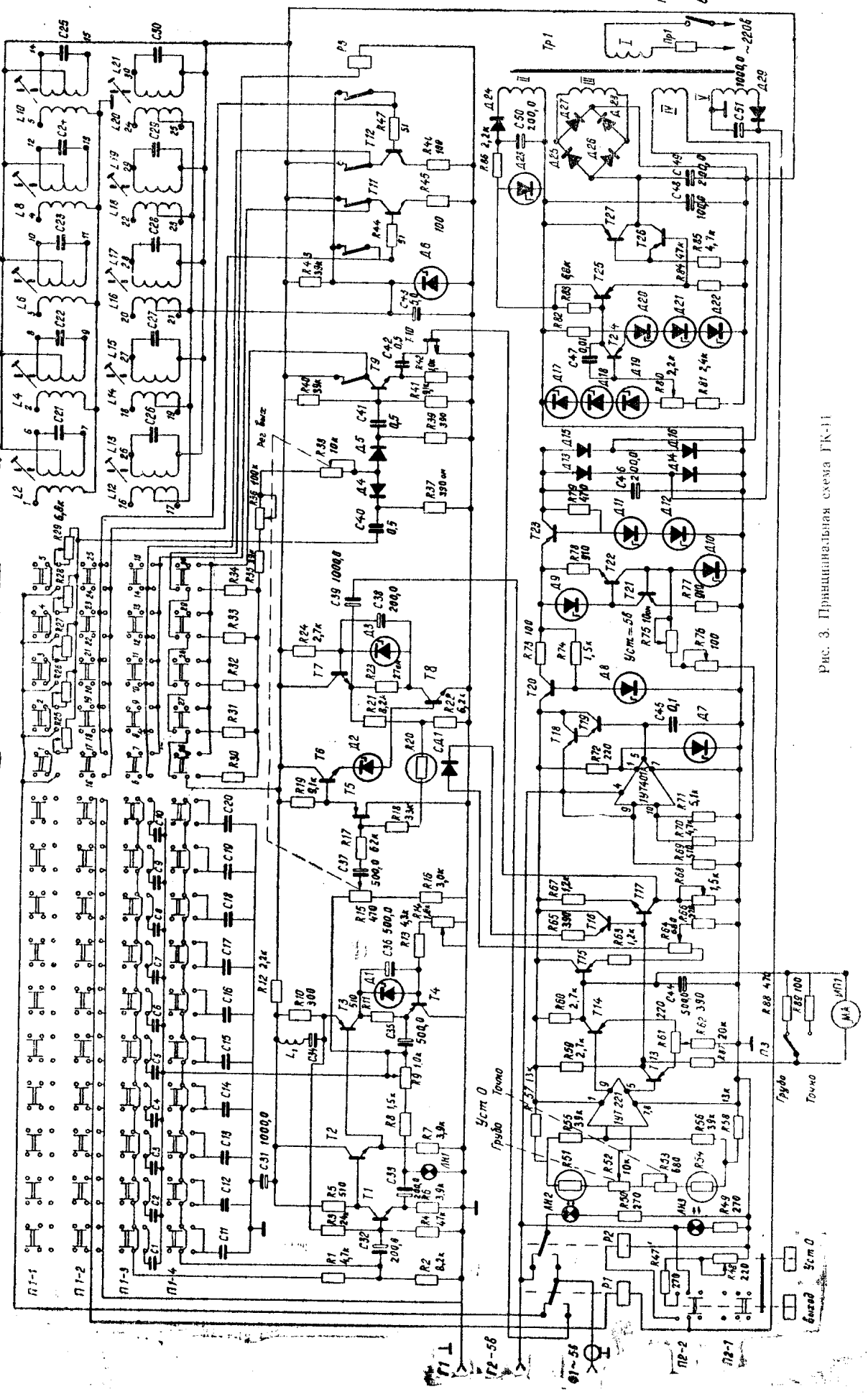


Рис. 3. Принципиальная схема ГР-11

2. Нестабильность выдаваемого напряжения:
менее 0,01% за 10—15 минут,
не более 0,1% за 2 часа.
3. Частотный диапазон 10 гц ÷ 1 Мгц (15 фиксированных точек).
4. Нелинейные искажения:
не более 0,04% на частотах 55 гц ÷ 30 кгц,
0,01% на частотах 30 кгц ÷ 1 Мгц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. М. Фомичев, Ю. И. Латонов, А. В. Соколов. Источник калиброванного напряжения ГК-10. Настоящий сборник.
2. М. С. Ройтман, Э. И. Цимбалист, Ю. М. Фомичев. Устройство для получения стабильного, калиброванного по действующему значению напряжения. Авт. свид. № 196114. Бюл. изобретений, 1967, № 11.
3. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы. М., «Советское радио», 1971, стр. 296.
4. В. С. Андреев. Теория нелинейных электрических цепей. М., «Связь», 1972, стр. 125.