

ИСТОЧНИК КАЛИБРОВАННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ГК-10

Ю. М. ФОМИЧЕВ, Ю. И. ЛАТОНОВ, А. В. СОКОЛОВ

(Представлена научным семинаром кафедры радиотехники)

В связи с расширением производства цифровых вольтметров остро встает вопрос о разработке образцовой аппаратуры, которая обеспечивала бы их калибровку и поверку в местах изготовления и эксплуатации. Эта аппаратура наряду с высокими метрологическими свойствами должна удовлетворять и жестким эксплуатационным требованиям и обеспечивать большую производительность работ.

В 1971 г. на кафедре радиотехники ТПИ была разработана полностью транзисторная модель калибратора ГК-10. Как показала эксплуатация калибраторов в условиях производства, эта модель достаточно полно удовлетворяет требованиям к образцовой аппаратуре на переменном токе.

Калибратор ГК-10 представляет собой источник калиброванных синусоидальных напряжений звуковой и ультразвуковой частоты с малым уровнем гармонических искажений и фона и высокой стабильностью выходного напряжения.

Задача получения стабильного выходного напряжения, калиброванного по действующему значению, решается путем разработки схемы ГК с совмещением стабилизации и калибровки. При этом с выхода ГК снимается определенный уровень переменного напряжения (в данном случае 10 в) с заданными погрешностью, стабильностью и нелинейными искажениями. Затем это напряжение делится с помощью индуктивного делителя до уровня 1 мв. Сравнение действующего значения перемен-

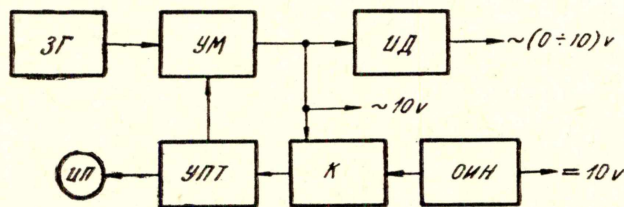


Рис. 1

ного напряжения 10 в с постоянным напряжением производится с помощью дифференциального компаратора на фотоэлектрических преобразователях.

Функциональная и принципиальная схемы генератора-калибратора приведены на рис. 1 и 2. Как видно из рис. 1, в ГК-10, как и в проведен-

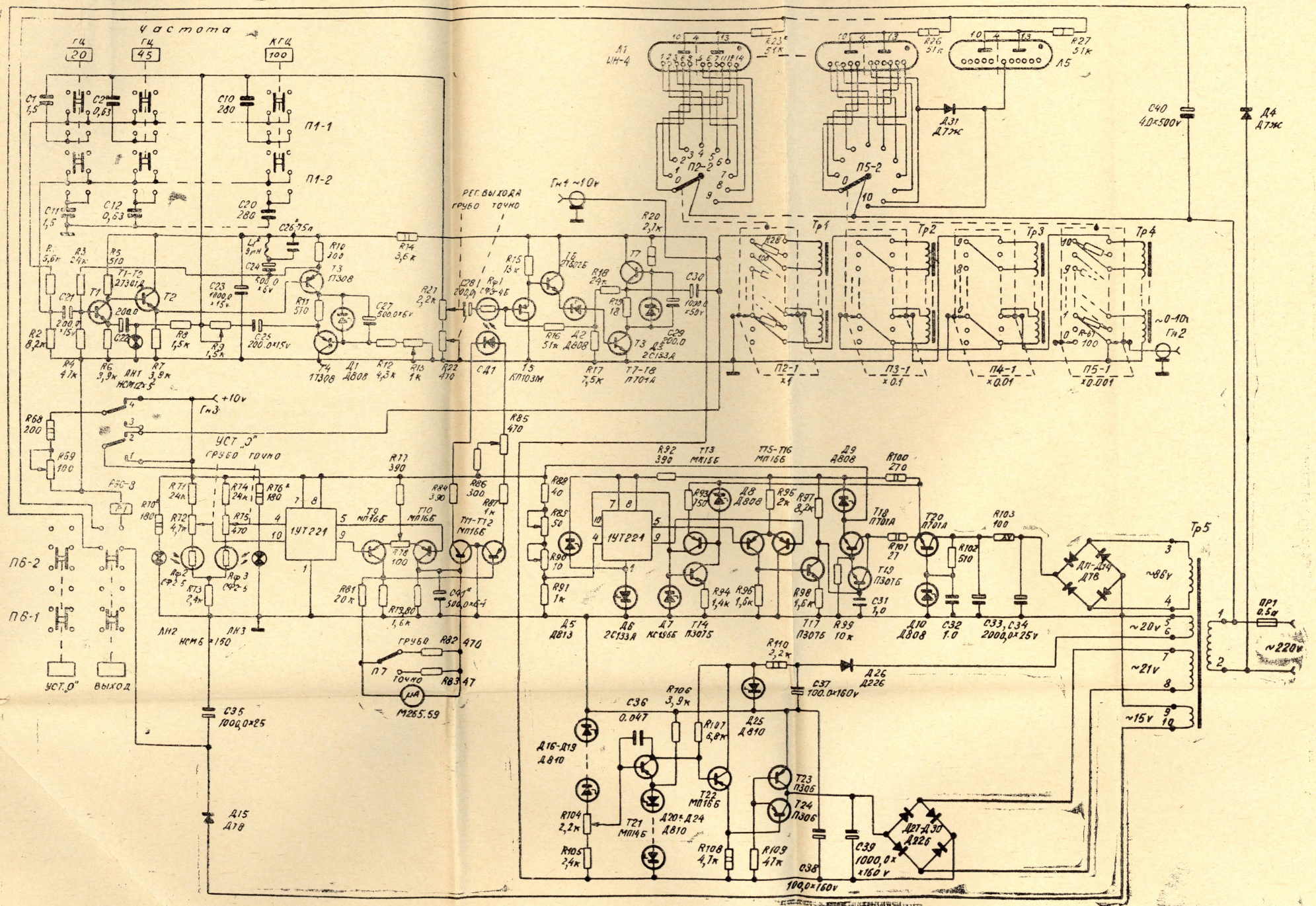


Рис. 2. Принципиальная схема ГК-10

ных ранее разработках ГК-3, ГК-4 и т. д. [1, 2], с целью уменьшения результирующей нестабильности выходного напряжения использовано включение фотоэлектрического компаратора в цепи АРУ.

Описание принципиальной схемы ГК-10

Задающий генератор (ЗГ) представляет собой RC-генератор с мостом Вина. Усилитель ЗГ собран на транзисторах $T_1—T_4$. Выходной каскад $T_3—T_4$ представляет собой усилитель с динамической нагрузкой, что позволяет получить большой коэффициент усиления и в то же время выбором режима (осуществляется с помощью R_{13}) значительно уменьшить его нелинейные искажения. Эмиттерный повторитель на T_2 предназначен для согласования выходного сопротивления первого каскада и входного оконечного. Усилитель ЗГ охвачен ООС по постоянному (R_{10}, R_3, R_4, R_6) и переменному ($R_8, R_9, ЛН_1 \parallel R_6$) токам. Для стабилизации выходного напряжения ЗГ применена миниатюрная лампа накаливания типа НСМ 12×5 (ЛН), постоянная времени которой в выбранном режиме находится в пределах $0,3 \div 0,5$ сек, что вполне приемлемо при нижней граничной частоте в 20 гц.

Усилитель мощности (УМ) собран на 4 транзисторах: $T_5—T_8$. Первые два каскада представляют собой повторители — истоковый (на левом транзисторе) и эмиттерный (T_6), что позволяет получить высокое выходное сопротивление и запитать мощный оконечный каскад. Выходной каскад является усилителем с динамической нагрузкой. Такое построение УМ позволяет получить высокое петлевое усиление при введении ООС без потери устойчивости. Для уменьшения нелинейных искажений усилитель охвачен глубокой параллельной ООС ($R_{18}, R_{17}, R_{16}, R_{\phi 1}$). Эта же цепочка является цепью ООС по постоянному току. Кроме того, выходной каскад работает в режиме, близком к двухтактному, что приводит к частичной компенсации четных гармоник.

Для усиления сигнала рассогласования используется трехкаскадный дифференциальный усилитель постоянного тока (УПТ). В качестве первого каскада использован интегральный усилитель типа 1УТ221, имеющий малую величину приведенного ко входу дрейфа. Последующие каскады ($T_9—T_{11}$) выполнены на однотипных транзисторах МП16Б. Выходным каскадом является эмиттерный повторитель, выполняющий роль согласующего звена между выходным сопротивлением УПТ и входным сопротивлением фотоэлектрического преобразователя ($CD_1, R_{\phi 1}$). Для повышения устойчивости системы авторегулирования и уменьшения нелинейных искажений в области нижних частот введена корректирующая емкость C_{41} . Источник опорного напряжения представляет собой стабилизатор, собранный по компенсационной схеме последовательного типа. Управляющий элемент состоит из транзисторов T_{18} и T_{19} , соединенных на схеме составного триода. УПТ, включенный в цепь обратной связи, выполнен на интегральном дифференциальном усилителе типа 1УТ221, имеющем малый дрейф нуля (5 мкв/ 1°C), и транзистора $T_{13}—T_{17}$. Кроме того, интегральный УПТ служит элементом для сравнения выходного напряжения стабилизатора с эталонным постоянным. В качестве опорного элемента применен стабилитрон типа КС196Б, имеющий ТКН — $0,0005\%/1^\circ\text{C}$ и гарантированный уход напряжения за 2000 часов работы не более 2 мв.

Для получения заданного диапазона выходных напряжений в ГК-10 применен широкополосный прецизионный индуктивный делитель, состоящий из четырех декад и позволяющий получать на выходе напряжения от 0 до 10 в через 1 мв. Все декады представляют собой автотрансфор-

маторы, намотанные специальным методом [3] проводом марки ПЭЛШО $\varnothing 0,23$ мм на пермалловых сердечниках типа 79НМ.

Для удобства поверки цифровых вольтметров в ГК-10 применена цифровая индикация установленного значения выходного напряжения ($L_1—L_5$).

Конструктивное оформление ГК-10 приведено на рис. 3. По основным метрологическим характеристикам — погрешность установки выходного напряжения, его временная нестабильность и гармонический

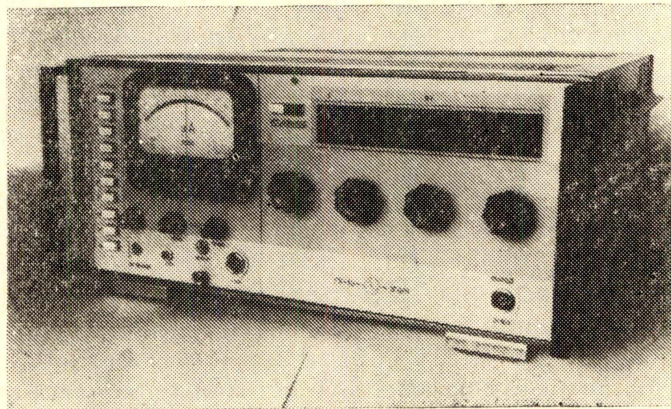


Рис. 3

состав на основном пределе (10 в) и пределах $100 \text{ мв} \div 10 \text{ в}$, три генератора-калибратора были поверены по образцовой аппаратуре ВНИИМ.

Методика поверки калибраторов на основном пределе описана в [4].

Представляет интерес примененный способ проведения испытаний ГК на пределах, меньших 10 в. Так как индуктивный делитель в ГК имеет выходное сопротивление порядка $3 \div 5 \text{ ом}$ и его нельзя нагружать непосредственно на термоэлектрический преобразователь, то используется косвенный метод с применением высокочувствительного цифрового вольтметра переменного тока в качестве нуль-индикатора. Функциональная схема поверки приведена на рис. 4. Измерения производились следующим образом. На выходе ГК-10 устанавливалось напряжение 10 в, которое затем подавалось на индуктивный делитель ГК и вспомогательный резистивный делитель. Поочередно подключая цифровой вольтметр *б* в точку *а* или *б* (рис. 4) с помощью резистивного делителя *7*, при подключенном компараторе *3* напряжение U_7 устанавливаем равным U_x , затем напряжение U_7 измеряем с помощью термоэлектрического компаратора *3* обычным путем. Очевидно, что точность поверки в этом случае в основном будет лимитироваться чувствительностью и стабильностью цифрового вольтметра, а также стабильностью напряжения $\sim 10 \text{ в}$.

Определение гармонического состава выдаваемого напряжения ГК-10 производилось методом подавления основной гармоники и измерения остальных составляющих на всех частотных точках. Функциональная схема измерения приведена на рис. 5. Вначале снимался коэффициент передачи фильтра по гармоникам $K_{f2}, K_{f3} \dots$ (рис. 5, *а*), затем собиралась схема на рис. 5, *б*, устанавливалось выходное напряжение калибратора U_f на исследуемой частоте и измерялись напряжения второй (U_{f2}) и третьей (U_{f3}) гармоник после фильтра. Коэффициент гармоник выходного сигнала равен

$$K_{r2} = \frac{U_{f2}}{U_f \cdot K_{f2}} \cdot 100\%; \quad K_{r3} = \frac{U_{f3}}{U_f \cdot K_{f3}} \cdot 100\%.$$

Ниже приведены технические характеристики ГК-10 с учетом результатов испытаний во ВНИИМ.

1. Диапазон частот 20 гц ÷ 100 кгц (10 фиксированных точек).
2. Выдаваемое напряжение 1 мв ÷ 10 в через 1 мв.

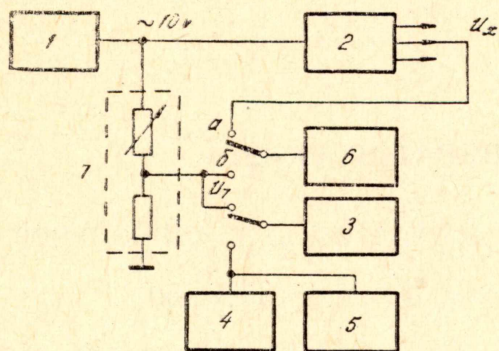


Рис. 4. 1 — источник калиброванного напряжения ГК-10, 2 — индуктивный делитель, 3 — образцовый компаратор, 4 — источник постоянного напряжения, 5 — потенциометр, 6 — цифровой вольтметр, 7 — резистивный делитель

3. Погрешность установки действующего значения переменного напряжения на основном пределе (10 в) $\delta = \pm 0,03\%$, дополнительная погрешность на пределе ниже 10 в на 1 кгц

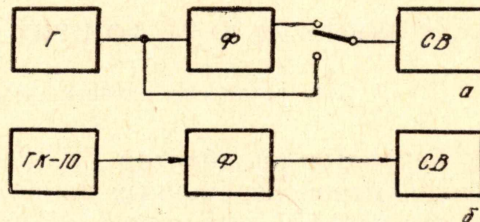


Рис. 5. Г — генератор синусоидальных колебаний, Ф — фильтр, СВ — селективный вольтметр

$$\delta = \left(2 \cdot 10^{-6} \pm \frac{5 \text{ мкв}}{U_{\text{вых}}} \right) \cdot 100\%.$$

4. Дополнительная частотная погрешность на пределах ниже 10 в: а) в диапазоне частот 1 ÷ 100 кгц не превышает значения

$$10^{-8} [(f-1)K + S(f-1)^2],$$

где

f — частота [кгц], $K = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}}$ — коэффициент деления;

- б) в диапазоне 20 гц ÷ 1 кгц не превышает значения

$$6 \cdot 10^{-4} (1-f)^2,$$

где

f — частота [кгц].

5. Коэффициент нечетных гармоник выходного сигнала калибратора в области звуковых частот не более 0,03%.

6. Нестабильность выходного напряжения менее 0,01% за 10 ÷ 15 минут.

0,2% за 8 часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Ройтман, Ю. М. Фомичев, Э. И. Цимбалист. Стабильный источник калиброванного переменного напряжения. «Автоматрия», 1968, № 3.
2. М. С. Ройтман, Ю. М. Фомичев, Э. И. Цимбалист. Образцовый источник калиброванного переменного напряжения ГК-4. Известия ТПИ, 1969, т. 171.
3. А. И. Крамнюк, М. С. Ройтман. Расширение рабочего диапазона индуктивных делителей. Известия ТПИ, 1971, т. 231.
4. Р. Ф. Акнаев, Ю. М. Фомичев, А. А. Куш. Вопросы поверки генераторов калибраторов. Известия ТПИ, 1971, т. 231.