

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ

М. С. РОЙТМАН, В. Н. СТУДЕНИКИН, В. М. СЕРГЕЕВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры радиотехники)

Для оценки частотной погрешности симметричных делителей напряжения (магазинов затухания) необходимо иметь высокочувствительный широкополосный указатель уровня.

Обычно такие приборы, применяемые в технике измерения, представляют из себя устройства, подобные вольтметрам, и имеют градуировку шкалы индикатора в единицах передачи (неперах или децибелах). В качестве измерительной ступени применяется выпрямительная схема на диодах или мостовая — на термосопротивлениях.

Недостатком указателей уровня, выполненных на детекторах, является их сравнительно низкая чувствительность (не выше 2,5—4 неп), влияние окружающей температуры и целый ряд дополнительных факторов [1].

Указатели уровня, в которых используются термосопротивления, хотя и способные обеспечить более высокую точность измерения, но к конструкции этих приборов применяют жесткие требования по термостатированию управляемого элемента.

Известные указатели уровней имеют коэффициент усиления $K \leq 30000$ ед. в полосе частот до 0,6 МГц и позволяют измерять входной сигнал, ослабленный не более 7—8 непер с высоким уровнем шумов. Изменение пределов измерения производится с помощью ступенчатых делителей на активных сопротивлениях. В связи с этим из-за реактивных проводимостей наблюдается заметная дополнительная частотная погрешность.

При разработке нижеописываемого указателя уровня были учтены дополнительные требования, особенно по увеличению коэффициента усиления и уменьшению уровня шумов при больших затуханиях (свыше 7 непер), повышение чувствительности схемы и устранение паразитных связей через цепи питания усилительных блоков.

Функциональная схема указателя уровня представлена на рис. 1.

Подлежащий усилению входной сигнал через симметрирующий трансформатор поступает на плавный низкоомный делитель и далее на усилительные блоки, коэффициент усиления каждого из которых равен 30. С помощью сдвоенного переключателя Π осуществляется ступенчатая регулировка общего коэффициента всего усилительного тракта и поддерживается постоянный уровень сигнала на фотоэлектрическом преобразователе.

Широкополосный указатель уровня имеет три идентичные уси-
 тельные ступени с общим коэффициентом усиления
 $K_{общ} = 80000$ ед.

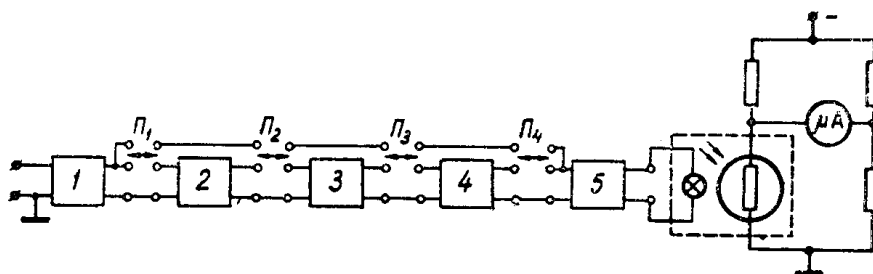


Рис. 1

Принципиальная схема одной декады усиления показана на
 рис. 2. Как видно из схемы, декада выполнена на двух транзисторах
 типа П 415-Б и ГТ 301-Е с различной проводимостью и представляет из
 себя двухкаскадный усилитель, охваченный глубокой отрицательной

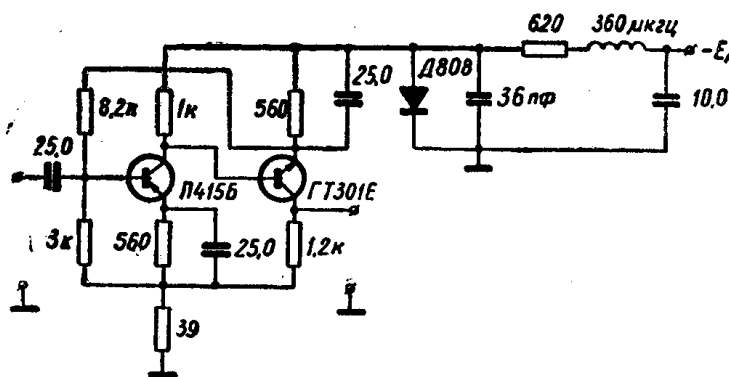


Рис. 2. Декадный усилитель

обратной связью по току. Глубокая ООС обеспечивает высокую ста-
 бильность работы схемы без дополнительных корректирующих элемен-
 тов, равномерную полосу пропускания в широком диапазоне частот,
 а также малое влияние изменения величины напряжения источников
 питания. Частотные характеристики для одной и трех декад усиления
 представлены на рис. 3. Коэффициент усиления отдельной декады без
 учета базового делителя на средних частотах имеет следующий вид [2]:

$$K_0 = \frac{r_{\kappa_2} + r_0}{r_0},$$

где r_{κ_2} — сопротивление в цепи коллектора второго транзистора,
 r_0 — сопротивление в цепи обратной связи.

Глубина отрицательной обратной связи в рабочем диапазоне
 частот составляет приблизительно 4,3 *непера*.

Порог чувствительности отсчетного устройства в значительной сте-
 пени определяется уровнем шумов и наводок первого каскада усилителя.

Для уменьшения их влияния симметрирующий трансформатор по-
 мещен в двойной экран и подобран номинальный режим для схемы

первой декады усилителя. Кроме этого предусмотрена развязка по коллекторным цепям питания. Такие меры предосторожности обеспечили уровень шумов первой декады, не превышающий 4 мкВ.

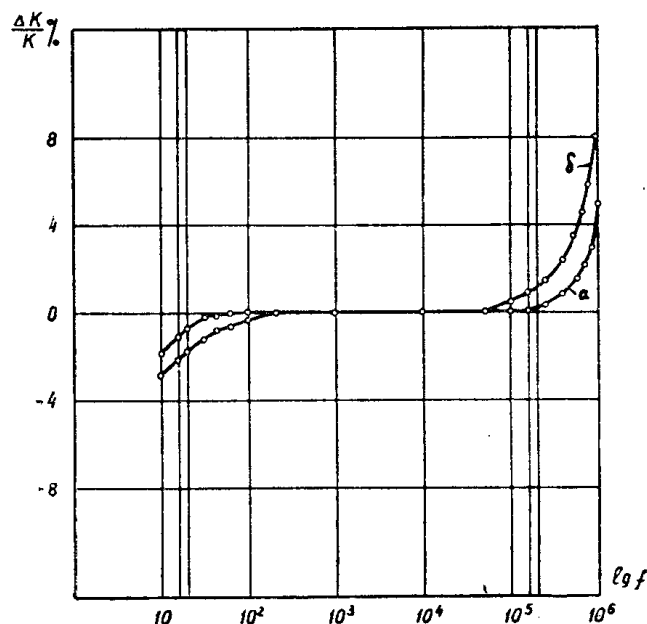


Рис. 3. Частотные характеристики усилителей:
а — одной декады, б — трех декад

Выходной каскад (рис. 4) указателя уровня собран на трех транзисторах с общим коэффициентом усиления $K \ll 3$. В качестве нагрузки

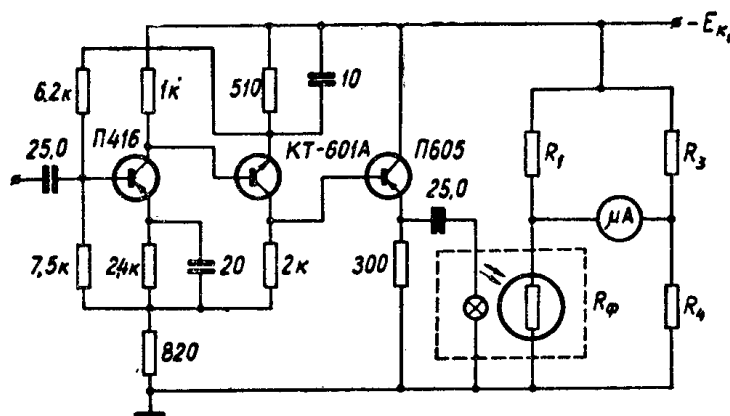


Рис. 4

используется фотоэлектрический преобразователь ФП, включающий в себя лампочку накаливания и фотосопротивление. Величина выходного сигнала, снимаемая с нагрузки эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе П605, преобразуется в изменение проводимости фотосопротивления. Из-за определенных трудностей построения теоретических характеристик фотоэлектрических преобразователей его анализ проводит-

ся на основе экспериментально снятых кривых [3]: Как видно из рис. 5, ом-амперная характеристика ФП обладает значительной нелинейностью и, следовательно, высоким коэффициентом передачи. Его величина для заданного режима работы схемы приблизительно равна 3 ед.

В качестве индикаторного устройства применяется высокочувствительный микроамперметр с линейной шкалой, включенной в одну из диагоналей одинарного моста постоянного тока.

Условие равновесия мостовой измерительной схемы, соответствующее значению фотосопротивления $R_{\phi} = 15 \text{ ком}$, поддерживается с помощью изменения общего коэффициента усиления путем переключения усилительных каскадов для определенных значений затуханий четырехполосников.

Одной из основных характеристик указателя уровня является его чувствительность, обеспечивающая измерение частотной погрешности сравниваемых четырехполосников с заданной точностью. Необходимо, чтобы достаточно малое изменение измеряемой величины вызывало бы заметное отклонение нулевого индикатора от положения равновесия.

Под относительной чувствительностью указателя уровня S_{yu} будем понимать отношение изменения показаний индикатора $d\alpha$ к вызывающему его относительному изменению измеряемой величины.

В связи с тем, что измеряемой величиной является напряжение, то относительная чувствительность указателя уровня имеет следующий вид:

$$S_{yu} = \frac{d\alpha}{\frac{dU}{U}} = \frac{d\alpha}{dU} \cdot \frac{\partial U_m}{\partial R_{\phi}} \cdot \frac{\partial R_{\phi}}{\partial U_{\text{вых}}} \cdot U_{\text{вых}} = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot U_{\text{вых}},$$

где S_1 , S_2 , S_3 — соответственно чувствительности гальванометра, мостовой схемы и фотоэлектрического преобразователя.

При условии, что сопротивление источника питания моста очень мало, чувствительность мостовой схемы определяется следующим выражением:

$$S_2 = E \frac{R_2}{(R_{\phi} + R_2)^2},$$

где R_{ϕ} и R_2 — сопротивление фотоэлектрического преобразователя и верхнего плеча моста.

Чувствительность фотоэлектрического преобразователя

$$S_3 = \frac{dR_{\phi}}{dU_{\text{вых}}} = - \frac{R_{\phi} |K_i|}{I_{\text{л}}} \cdot \frac{dI_{\text{л}}}{dU_{\text{вых}}},$$

где $I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{вых}}}{R_{\text{л}}}$ — ток, протекающий через измерительный преобразователь.

Преобразовывая выражение для тока $i_{\text{л}}$ и вводя коэффициент $m = \frac{dU_{\text{л}} \cdot i_{\text{л}}}{di_{\text{л}} \cdot U_{\text{л}}}$, характеризующий степень нелинейности лампочки нака-

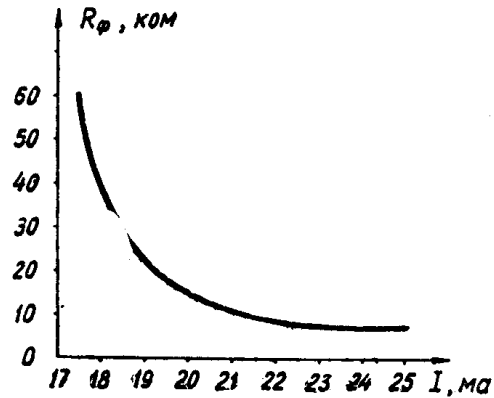


Рис. 5

ливания, получаем окончательное выражение для чувствительности ФП

$$S_3 = - \frac{1}{m} |K_i| \frac{R_\Phi}{U_{\text{вых}}}.$$

Относительная чувствительность указателя уровня составляет одно деление на 0,02% изменения тока от номинального (в качестве указателя равновесия использован микроамперметр типа М-26 со шкалой +50—0—50 мка, $R_{\text{пр}} = 2,5 \text{ ком}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Соловьев. Основы измерительной техники в проводной связи. Связь-издат, 1957.
 2. М. С. Ройтман, В. М. Сергеев. Декадный измерительный усилитель. Сборник трудов ТИРиЭТа (в печати).
 3. М. С. Ройтман, Э. И. Цимбалист, Б. А. Перминов, Н. П. Фефелов. Лампочка накаливания и фотосопротивление как управляемый элемент электрической цепи. Известия ТПИ, т. 141, Томск, 1966.
-

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
3	18 сверху	10 Мгц и до $5 \cdot 10^{-4}$ — $5 \cdot 10^{-3} \%$	10 Мгц до $5 \cdot 10^{-4}$ — $5 \cdot 10^{-3}$
3	7 снизу	2	3
3	7 снизу	3	2
16	4 снизу	Сборник трудов ТИРЭТА (в печати)	Известия ТПИ, т. 171, 1968
30	5 сверху	T	ПТ ₂
31	5 сверху	$r_2 +$	$r_2 =$
34—35	во всех случаях	Δ_f	Δ_ϕ