

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-
лительные ступени с общим коэффициентом усиления
 $K_{\text{общ}} = 80000$ ед.

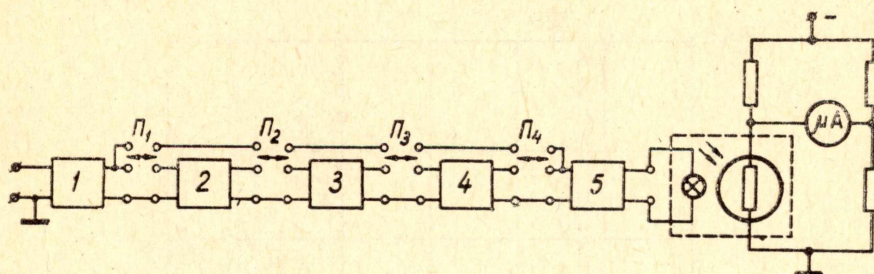


Рис. 1

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

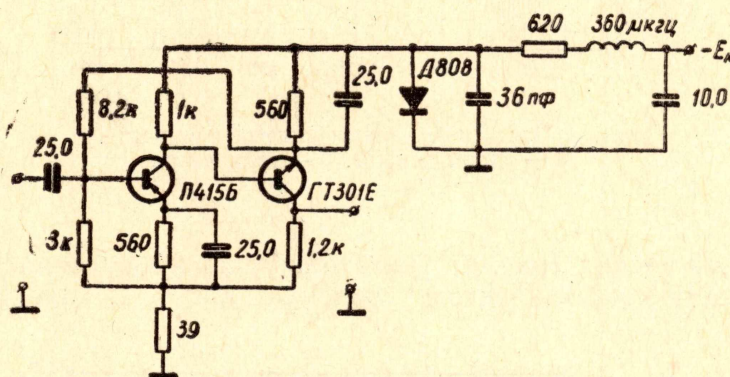


Рис. 2. Декадный усилитель

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 из 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.

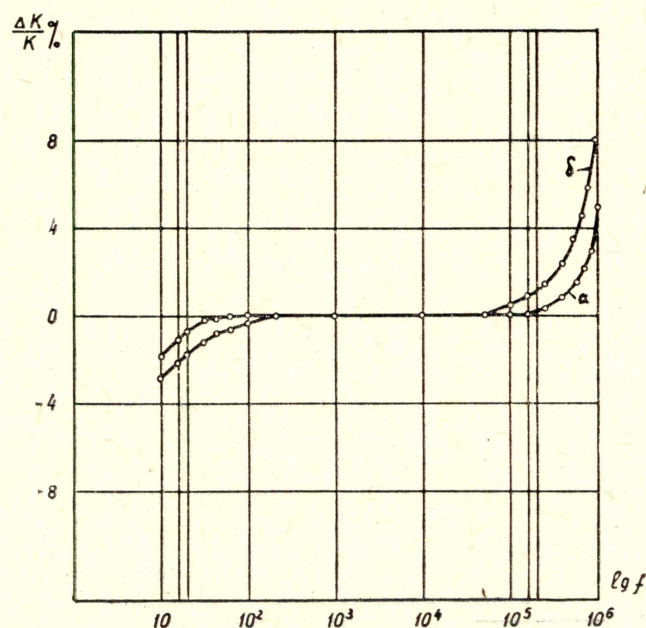


Рис. 3. Частотные характеристики усилителей:
а — одной декады, б — трех декад

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

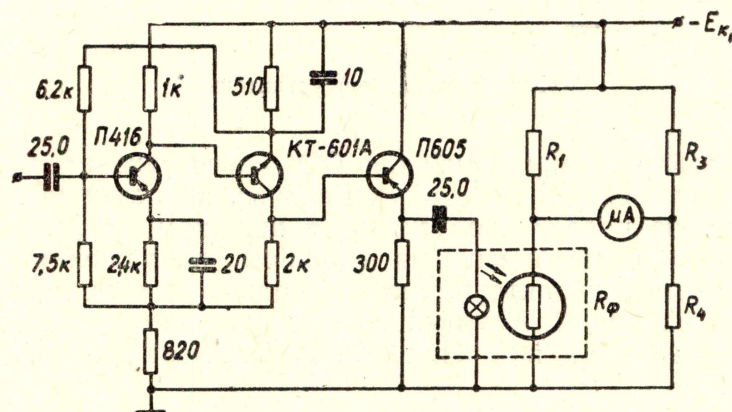


Рис. 4

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 проводят

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 четырехполюсников.

Одной из основных характеристик указателя уровня является его чувствительность, обеспечивающая измерение частотной погрешности сравниваемых четырехполюсников 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:

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

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-

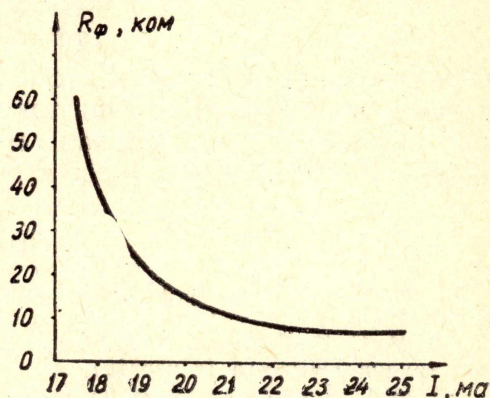


Рис. 5

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 ТИРиЭТа (в печати)	Известия ТПИ, т. 171, 1968
30	5 сверху	Т	ПТ ₂
31	5 сверху	$r_{\Sigma} +$	$r_{\Sigma} =$
34—35	во всех случаях	Δ_f	Δ_{ϕ}