

C-36

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



5076 / 2-77

19/12-77

13 - 10956

Е.А.Силаев

ЛИНЕЙНЫЙ ПРИЕМНИК - УСИЛИТЕЛЬ

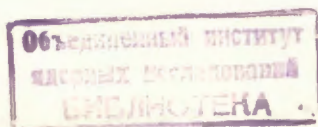
1977

13 - 10956

Е.А.Силаев

ЛИНЕЙНЫЙ ПРИЕМНИК - УСИЛИТЕЛЬ

Направлено в ПТЭ



Силаев Е.А.

13 - 10956

Линейный приемник-усилитель

Описан линейный приемник-усилитель, предназначенный для приема и усиления сигналов с симметричной кабельной линии от удаленных датчиков. Усилитель собран на интегральных микросхемах К153УД2 и имеет плавно регулируемый коэффициент усиления $1 \div 100$, входное сопротивление 2×5 МОм, выходное сопротивление 50 Ом, рабочий диапазон входного напряжения ± 12 В, относительное ослабление синфазного сигнала 90 дБ, собственный шум 5 мкВ эфф.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Описываемое устройство служит для приема и усиления сигналов постоянного тока на фоне значительных помех, имеющих перекрывающиеся частотные спектры. Такая задача возникает, например, при приеме слабых сигналов с датчиков, связанных длинной кабельной линией с измерительной аппаратурой. Типичной помехой в этом случае является разность потенциалов между точками заземления датчика и приемной аппаратуры. Это так называемая синфазная помеха, или помеха общего вида.

Для подавления этой помехи широко используются различные схемы дифференциальных усилителей /ДУ/, со входами которых датчики соединяются с помощью симметричных линий /рис. 1/. Помехоустойчивость такой системы определяется относительным ослаблением синфазного сигнала /ООСС/. Если для собственно микросхем операционных усилителей /ОУ/, на базе которых выполняются ДУ, ООСС достаточно велика $\pi_{\text{ОУ}} = 80 \div 120$ дБ/, то для реального ДУ с подключенными внешними цепями этот показатель ($\pi_{\text{ДУ}}$) значительно ниже. Он будет определяться прежде всего разбросом сопротивлений R_1, R'_1, R_2, R'_2 во входных цепях ОУ /2,3/. Максимальная разность напряжений на входах ОУ, вызванная разбалансом этих резисторов, может составить /рис. 1/

$$U'_{\text{ab}} = e \frac{4\delta K}{c(1+K)^2}, \quad /1/$$

где δ - относительное отклонение сопротивлений от номинала; K - коэффициент усиления ДУ:

$$K = R_2/R_1 \quad / \text{при } R_1 = R'_1 ; R_2 = R'_2 /.$$

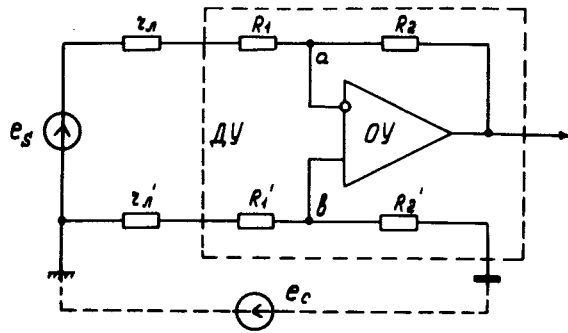


Рис. 1. Схема дифференциального усилителя /ДУ/ на базе операционного усилителя /ОУ/ - источник сигнала; e_c - источник синфазной помехи; $r_{л}, r'_{л}$ - сопротивления проводов соединительной линии/.

Отсюда ООСС внешней резистивной цепью

$$\pi_R = \frac{e_c}{U_{ab}} = \frac{(1+K)^2}{4\delta K} \quad /2/$$

Эквивалентная разность потенциалов на входах ОУ, связанная с конечным ООСС последнего,

$$U''_{ab} = e_c / \pi_{OY} \quad /3/$$

Сложив /1/ и /3/, найдем суммарную разность потенциалов на входах ОУ, вызванную действием e_c :

$$U_{ab} = e_c \left(\frac{1}{\pi_{OY}} + \frac{1}{\pi_R} \right) = e_c \frac{1}{\pi_{ДУ}} \quad /4/$$

Таким образом,

$$\pi_{ДК} = \frac{\pi_R \cdot \pi_{OY}}{\pi_R + \pi_{OY}} \quad /5/$$

Например, если $K=10$, $\delta = \pm 1\%$, $\pi_{OY} = 80$ дБ, то $\pi_R = 302 / 49,5$ дБ, $\pi_{ДУ} = 293 / 49,3$ дБ/. Видно, что даже применение сравнительно точных резисторов в цепях

дифференциального усилителя обеспечивает весьма невысокое подавление синфазной помехи дифференциальным усилителем.

Другим недостатком ДУ является невысокое входное сопротивление /особенно при большом усилении/.

И, наконец, последним серьезным недостатком ДУ является трудность широкодиапазонной регулировки коэффициента усиления при сохранении высокого подавления синфазной помехи.

Предлагаемый приемник аналогового сигнала построен по принципу так называемого измерительного усилителя ^{/2,4/}, что позволяет обойти указанные недостатки. Принципиальная схема устройства приведена на рис. 2.

Первый каскад на микросхемах операционных усилителей M_1, M_2 типа К153УД2 представляет собой дифференциальный неинвертирующий усилитель с парафазным выходом, охваченный последовательной обратной связью по напряжению. Осуществляя усиление дифференциального сигнала, этот каскад для синфазного сигнала является повторителем.

Для снижения дрейфа нулевого уровня усилителя желательно использовать микросхемы, имеющие одинаковые величину и знак дрейфа напряжения смещения нуля. В этом случае дрейф первого каскада будет в основном синфазным, что приведет к подавлению его вторым каскадом. Подбор микросхем по этому параметру целесообразно проводить не менее чем в трех точках температурного диапазона ^{/3/}.

Балансировка обоих ОУ осуществляется одним переменным резистором R_8 , сведением к нулю разности напряжений на их выходах. Это упрощает схему и облегчает настройку усилителя.

Второй каскад выполнен по схеме дифференциального усилителя на ОУ M_3 и буферном повторителе на транзисторах $T_1 \div T_4$. Он служит для подавления синфазной помехи и усиления мощности. Подстройка на максимум подавления синфазной помехи производится резистором R_{17} , а потенциометром R_{19} осуществляется установка нулевого уровня на выходе.

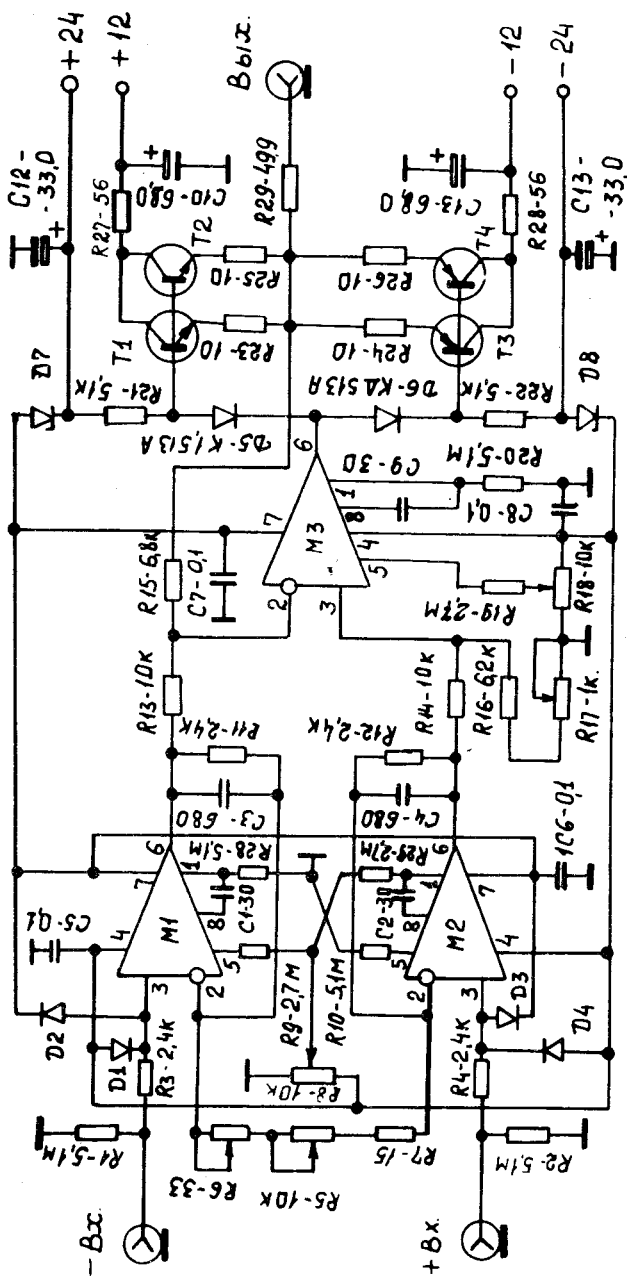


Рис. 2. Принципиальная схема приемника-усилителя /M_{1,2,3} - К153УД2, T_{1,2} - КТ315А; T_{3,4} - КТ361А; Д₁₋₄ - КД513А; Д_{7,8} - Д814Б/.

Общий коэффициент передачи усилителя определяется выражением

$$K = K_1 \cdot K_2 = \left(1 + \frac{R_{11}}{R_5 + R_6 + R_7}\right) \frac{R_{15}}{R_{13}} \quad /6/$$

Особенностью этого усилителя является применение для точной установки усиления многооборотного переменного резистора R₅/гелипот ЕР01310 производства ВНР/. Обычно эти устройства используют на постоянном токе вследствие сильного влияния паразитных реактивностей. В данном случае преобладающей является распределенная емкость. Ее влияние на переходную характеристику усилителя удалось устранить применением, помимо обычной частотной компенсации /C₁, C₂/, также корректирующих емкостей C₃, C₄.

Подстроечный резистор R₆ служит для точной установки максимума усиления.

Чтобы получить минимальный коэффициент передачи усилителя равным единице и не размыкать при этом цепи R₅/см. ф-лу /6//, коэффициент усиления второго каскада выбран меньше единицы /K₂=0,68/.

Выходные транзисторы обеспечивают работу как на высокоомную, так и на низкоомную /50 Ом/ нагрузку. В последнем случае коэффициент передачи усилителя уменьшается в 2 раза.

Схема усилителя защищена от перегрузок по входу /цепь R₃, R₄; D₁ ÷ D₄/ и от коротких замыканий на выходе.

Основные технические характеристики:

- | | |
|---|------------------------------|
| 1. Коэффициент усиления /R _H > 50 кОм/ | - 1 ± 100 |
| 2. Входное сопротивление | - 2 × 5 × 10 ⁶ Ом |
| 3. Выходное сопротивление | - 50 Ом |
| 4. Собственное время нарастания
a/K = 1 | - 0,7 мкс |
| 6/K = 100 | - 50 мкс |
| 5. Рабочий диапазон входного напряжения не менее | - ± 12 В |

- | | |
|---|--|
| 6. Допустимое входное напряжение /постоянное/ | - ± 20 В |
| 7. Диапазон выходного напряжения не менее | |
| а/ $R_H \geq 50$ кОм | - ± 6 В |
| б/ $R_H = 50$ Ом | - ± 3 В |
| 8. Интегральная нелинейность / $R_H = 50$ Ом/ | - 0,02% |
| 9. Относительное ослабление синфазного сигнала / $K = 100$; постоянное напряжение/ | - 90 дБ |
| 10. Дрейф нулевого уровня / $K = 100$ / | |
| а/ температурный /при $t = 25^\circ \text{C}$ / | - ± 8 мкВ/ $^\circ \text{C}$ |
| б/ от изменения напряжения питания /-24 В/ | - 0,2 мВ/В |
| 11. Собственный шум /0,1 ÷ 10 ⁶ Гц/ | - 5 мкВ эфф. |
| 12. Питание /в покое/ | - +24 В; 40 мА
-24 В; 60 мА
+12 В; 8 мА
-12 В; 8 мА |

Приемник-усилитель выполнен в виде 4-канального блока КАМАК шириной 2 М.

В заключение автор выражает благодарность А.Я.Андрееву и В.М.Слепневу за помощь в работе.

Литература

1. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы. "Сов. Радио", М., 1974.
2. "Burr-Brown" Catalog. Tucson, Arisona (USA), 1977.
3. Чойс. Электроника, 1972, №11, с. 39.
4. Силаев Е.А. ОИЯИ, Р13-10095, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 сентября 1977 года.