

Б-272

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



655/2-76

2311-76

13 - 9344

С.Г.Басиладзе, Ли Ван Сун

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

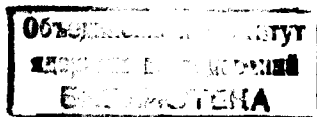
1975

13 - 9344

С.Г.Басиладзе, Ли Ван Сун

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

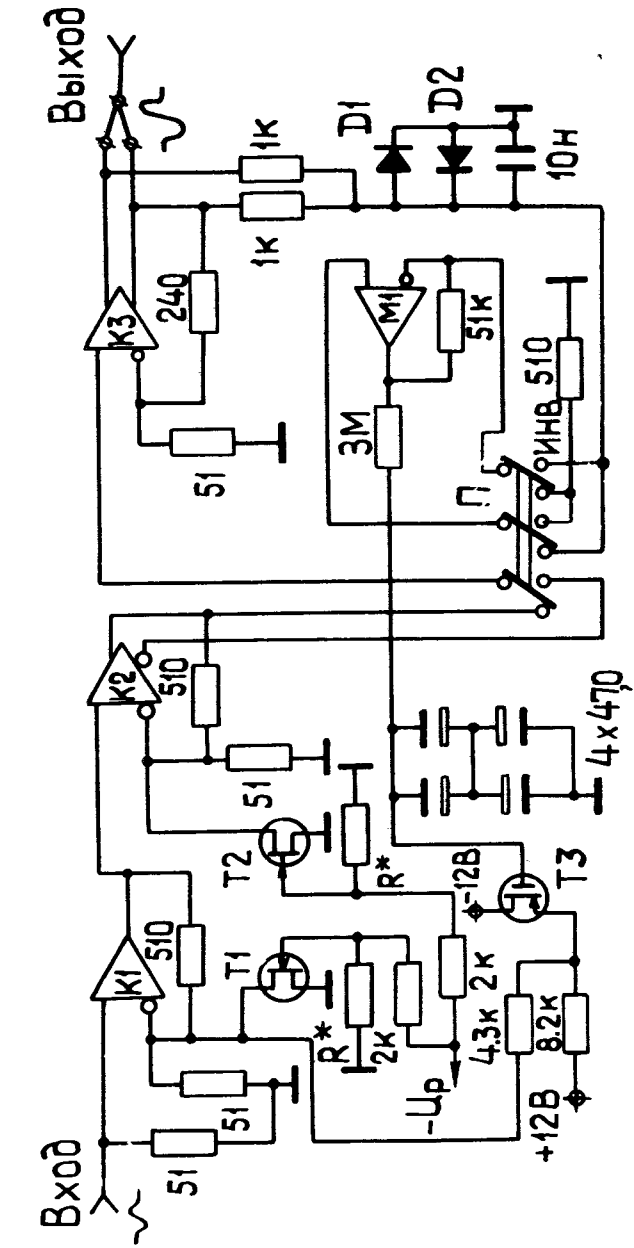
Направлено в ПТЭ



Схема, описываемая в настоящей работе, предназначена, в основном, для усиления сигналов с датчиков, связанных тем или иным образом с системами синхрофазотрона ОИЯИ. Усилитель для подобных применений должен отвечать следующим основным требованиям. Он должен иметь весьма широкую полосу пропускания для того, чтобы без искажений усиливать колоколообразные импульсы длительностью от 100 нс, следующие в пачках длиной до 0,4 с /с периодом 1/9 Гц/. Усилитель должен работать с парафазными сигналами по входу и выходу, желательна возможность изменения знака коэффициента усиления. Он должен обладать достаточно мощным выходом для работы в большом динамическом диапазоне * и с высокой линейностью на кабель с волновым сопротивлением 50 Ом. Выход, кроме того, должен быть защищен от коротких замыканий, возможных в выходном кабеле связи. Целесообразна, наконец, электронная регулировка коэффициента усиления в достаточно широких пределах.

Для удовлетворения перечисленных выше требований был выбран транзисторный вариант схемы, состоящий /рис. 1/ из трех каскадов, охваченных отрицательными обратными связями по напряжению. Каскады соединены по постоянному току и имеют усиление в номинальном режиме соответственно 10-10-5. Для достижения стабильности "нуля" по постоянному току усилитель охвачен глубокой нелинейной отрицательной обратной связью с помощью операционного усилителя М1^{/1,2/}. Для снижения

* Под динамическим диапазоном здесь понимается отношение максимальной рабочей выходной амплитуды к величине шумов на выходе усилителя.



$$R^* = 470 \div 680$$

Рис. 1. Структурная схема усилителя. T_1, T_2 - КП302В,
 T_3 - КП301Б; M_1 - МАА502 / μ А 709/; D_1, D_2 -
 КД513.

нижней граничной частоты используется интегрирующая цепочка $3 \text{ МОм} \times 47,0 \text{ мкФ}$ и истоковый повторитель на МДП-транзисторе $/T_3/$. Подобная схема позволила достичь постоянной времени спада усилителя, равной 4 с. Плавная электронная регулировка коэффициента усиления усилителя обеспечена параллельным подключением сопротивлений обратной связи 51 Ом в первом и втором каскадах полевых транзисторов с р-п-переходом T_1 и T_2 . Переключение полярности выходного сигнала производится на выходе второго каскада переключателем II, им же одновременно производится изменение фазы в цепи обратной связи.

Особенностью данного усилителя является возможность работы в режиме "разделения фаз" выходного сигнала, при котором положительная его часть будет сниматься с одного выхода, а отрицательная - с другого. Для этого выходы, содержащиеся в третьем каскаде оконечных эмиттерных повторителей, разъединяются, причем р-п-р-повторители обеспечивают передачу отрицательной части сигнала, а п-р-п-повторители - положительной /закрываясь на противоположной фазе/. В силу этого, в цепи местной и общей обратной связи в третьем каскаде /см. рис. 1/ включаются пары резисторов - 240 Ом и 1 кОм . Этот режим необходим для отдельного анализа амплитуд положительной и отрицательной частей сигналов, например, с датчиков радиального положения пучка ускорителя.

Принципиальная схема первого каскада усилителя приведена на рис. 2. Он состоит из двух неперегружающихся дифференциальных пар на транзисторах с дополняющими типами проводимости, позволившими уравнивать потенциалы входа и выхода. В коллекторных и эмиттерных цепях включены развязывающие RC-фильтры. Между коллекторами первой пары транзисторов и в цепи обратной связи включены корректирующие емкости. Режим первой пары - $U_{\text{к}} = 4 \text{ В}$, $I_{\text{г}} = 2 \text{ мА}$ - обеспечивает минимум шумов транзисторов $^{1/3}$. Фактор обратной связи в каскаде - 400, что обеспечивает высокую стабильность схемы.

Второй каскад полностью идентичен первому. Изменены лишь номиналы сопротивлений в коллекторах второй дифференциальной пары: с $1,3 \text{ к}$ на 1 к , с 390 Ом на 910 Ом

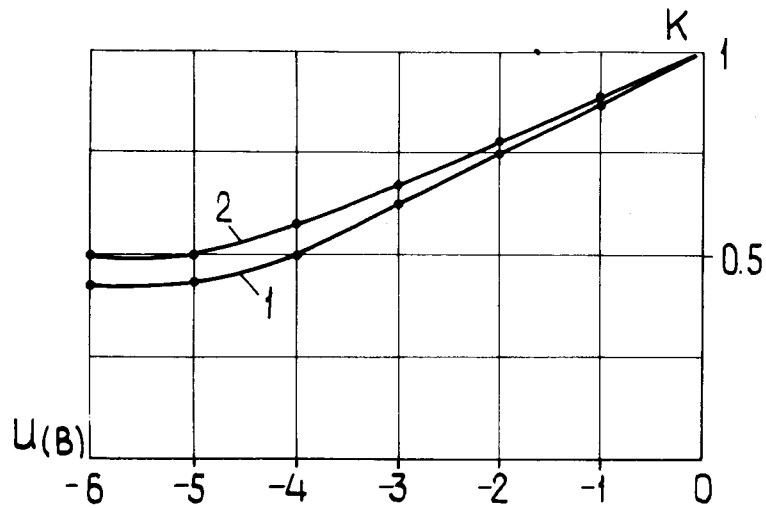


Рис. 4. Регулировочная зависимость коэффициентов усиления двух усилителей, приведенная к их максимальным величинам, от величины управляющего напряжения - U_p /см. рис. 1/.

составного эмиттерного повторителя $T_{16} \div T_{18}$ и мощных повторителей, отдельно - для положительной и отрицательной частей сигнала, на строенных транзисторах T_{19} , T_{20} , T_{21} и T_{22} , T_{23} , T_{24} . В эмиттерах их включены токовыравнивающие, а в коллекторах - защитные сопротивления - по 10 Ом и 240/3 Ом соответственно.

На рис. 4 приведен график регулирования коэффициента усиления относительно его максимальной величины ≈ 1000 для двух усилителей. Как видим, регулировочная характеристика имеет достаточно хорошую линейность в двукратном диапазоне. На рис. 5 даются графики зависимости длительности переднего ($t_{фн}$) и заднего ($t_{фз}$) фронтов усилителя, для положительных и отрицательных выходных импульсов различной амплитуды. Наибольшую величину имеет передний фронт положительного импульса из-за амплитудно-частотных ограничений $T_{19} \div T_{21}$. На рис. 6 даны графики зависимости времени восстановления

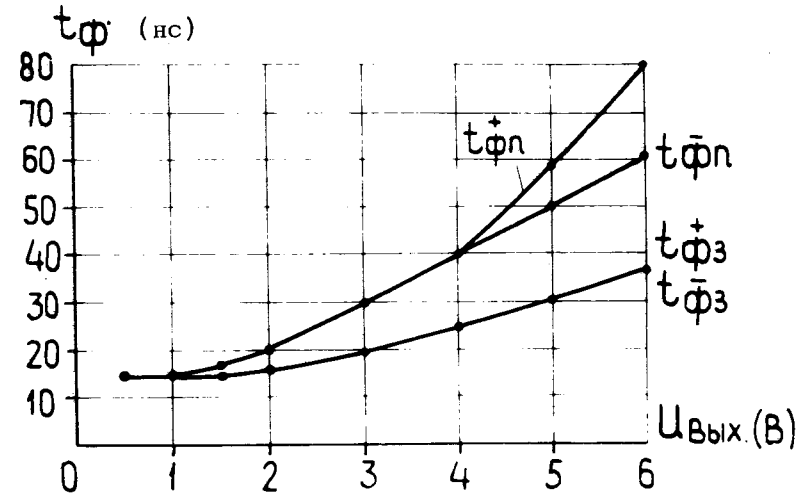


Рис. 5. Зависимости длительности переднего ($t_{фн}$) и заднего ($t_{фз}$) фронтов усилителя для положительных и отрицательных выходных импульсов различной амплитуды.

усилителя для положительных и отрицательных выходных импульсов от амплитуды входных импульсов. Как видим, время восстановления не намного больше собственных фронтов усилителя.

Краткие характеристики

Входное сопротивление	- 50 Ом
Полярность входного сигнала	- любая
Уровень шумов	- 90 мкВ / р.р./
Коэффициент усиления	
а/ номинально	- 500
б/ электронная регулировка	- до 1000
Полярность выходного сигнала	- любая
Диапазон выходных амплитуд	- 0 ± 6 В
Диапазон рабочих частот	
а/ нижняя частота	- 0,04 Гц
б/ верхняя, в 1/3 амплитудного диапазона	- > 20 МГц

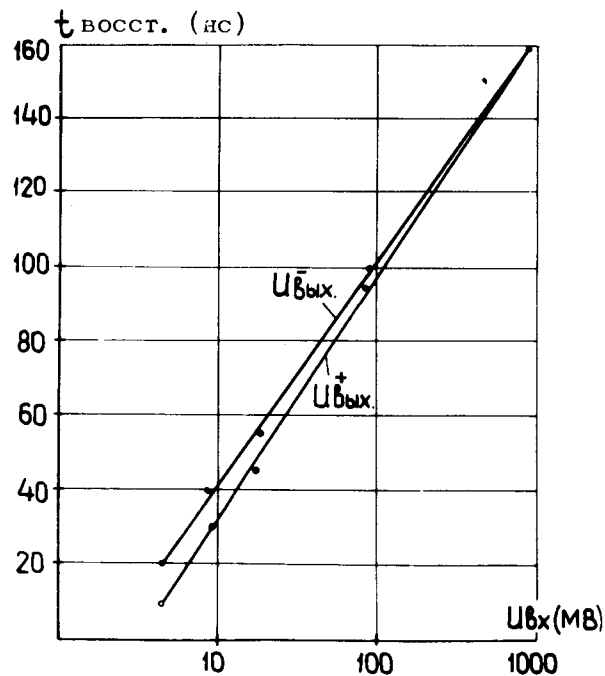


Рис. 6. Зависимость времени восстановления усилителя для положительных и отрицательных выходных импульсов от амплитуды входных импульсов.

в/ в полном амплитудном диапазоне	- ≥ 5 МГц
Интегральная нелинейность при нагрузке 50 Ом	- $\leq 0,5\%$
Время восстановления при 10-кратной перегрузке	- ≤ 100 нс
Время установления нулевого уровня после включения питания	- ≤ 1 мин
Упаковка	- два усилителя в ячейке КАМАК 1М
Токи, потребляемые блоком	- +12 В - 160 мА - 12 В - 240 мА, плюс средний ток, отдаваемый в нагрузку

Защита

- а/ от короткого замыкания на выходе,
- б/ от отключения одного из напряжений питания.

В заключение авторы считают своим долгом поблагодарить В.И.Максименкову и М.Д.Евстигнееву за техническую помощь.

Литература

1. Б.Ю.Семенов, К.Г.Херман. Сообщение ОИЯИ, 13-6975, Дубна, 1973.
2. К.Андерт, Ф.Габриэль, А.И.Калинин. Сообщение ОИЯИ, 13-7125, Дубна, 1973.
3. К.Г.Шор. Малошумящие транзисторные усилители, Энергия, 1971.
4. С.Г.Басиладзе. Сообщение ОИЯИ, 13-8296, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел 27 ноября 1975 года.