

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алешин В. И., Апапин В. Ф., Афонин А. И. и др. Препринт ИАЭ-2899. М., 1977.
2. Софиев Г. Н., Митин А. А., Арефьева Г. А. и др. ПТЭ, 1979, № 4, с. 146.
3. Мелешко Е. А., Митин А. А. Измерительные генераторы в ядерной электронике. М.: Атомиздат, 1981, с. 76.

Поступила в редакцию 27.1.1983

панели состояниями пропускателей фактически отсутствует (оно лишь подтверждает, что данный пропускатель разблокирован). Ответными сигналами блока являются сигналы X и Q. На передней панели блока предусмотрена световая индикация состояния пропускателей.

УДК 621.375.4

## ИМПУЛЬСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ НА ТРАНЗИСТОРАХ

СКИПОЧКА С. И., ШИШКАНЬ А. Н.

Описан мощный, до 100 Вт, усилитель мощности со скоростью нарастания выходного напряжения  $>30$  В/мкс. Диапазон рабочих частот  $5 \text{ Гц} \div 1 \text{ МГц}$  при неравномерности амплитудно-частотной характеристики  $<3$  дБ. Коэффициент гармоник  $\leq 0,1\%$ .

Существующие мощные импульсные усилители на биполярных транзисторах не обеспечивают высокой скорости нарастания выходного напряжения, создают затухающий колебательный процесс значительной амплитуды и длительности при работе с импульсными сигналами. Применение мощных м.д.п.-транзисторов не решает проблемы полностью, так как они имеют большое остаточное напряжение (до 20 В), что затрудняет построение мощных усилителей.

Построение мощного импульсного усилителя на биполярных транзисторах, обладающего хорошими параметрами, возможно при использовании нескольких известных правил построения схем усилителей. Классический усилитель мощности имеет следующую структуру. Входной сигнал  $U_{вх}$  поступает на неинвертирующий вход дифференциального усилителя (д.у.). На инвертирующий вход д.у. поступает сигнал обратной связи  $U_{ос}$ . Напряжение  $U_{д} = U_{вх} - U_{ос}$  усиливается д.у. и усилителем напряжения (у.н.) и поступает в выходной каскад — эмиттерный повторитель с коэффициентом усиления по напряжению  $K_u \approx 1$ . Поскольку транзисторы всех каскадов имеют ограниченную полосу частот, сигнал обратной связи  $U_{ос}$ , снимаемый с резистивного делителя, включенного параллельно выходу, поступает с запаздыванием. Вследствие этого величина сигнала  $U_{д}$  достигает недопустимо больших значений. Д.у. перегружается, в чем можно убедиться, подавая на его вход импульсные сигналы с большой скоростью нарастания.

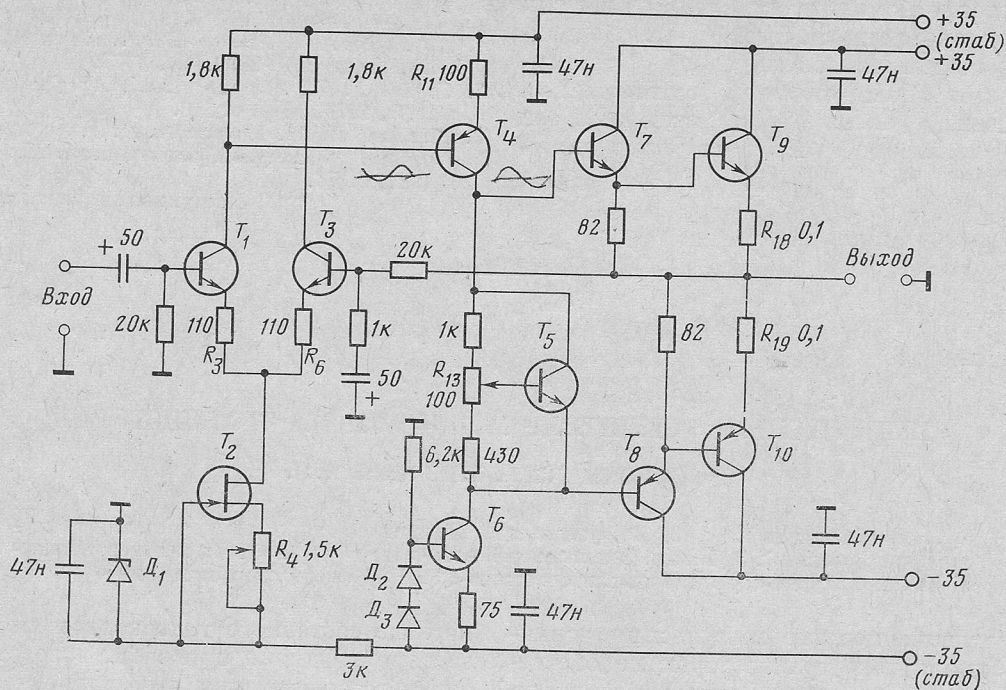
Стремление получить большую выходную мощность, т. е. большие выходные токи, приводит к необходимости применения в выходном

каскаде составного транзистора из трех транзисторов. Однако при этом, вследствие значительного увеличения коэффициента усиления, возникает самовозбуждение усилителя, для устранения которого в у.н. вводят частотно-зависимую отрицательную обратную связь, дополнительно увеличивая тем самым запаздывание сигнала обратной связи.

С учетом изложенного приходим к выводу, что построить мощный усилитель с большой скоростью нарастания выходного напряжения, обладающего хорошей устойчивостью, можно, руководствуясь следующими требованиями: 1) граничная частота  $f_{гр}$  транзисторов усилительных каскадов (д.у. и у.н.) должна быть  $\geq 45 \div 50$  МГц; лучшими параметрами будет обладать усилитель, у которого  $f_{гр \text{ д.у.}} \approx 0,7 f_{гр \text{ у.н.}}$ ; 2) составной транзистор выходного каскада должен состоять не более чем из двух транзисторов; для компенсации недостатка коэффициента усиления по току этого каскада необходимо увеличить ток покоя предыдущего каскада, применив в нем высокочастотные транзисторы, лучше сверхвысокочастотные средней мощности; 3) все каскады усилителя должны быть охвачены местной отрицательной обратной связью; 4) для симметричного усиления сигналов в выходном каскаде необходимо применять только комплементарные пары транзисторов.

С учетом этих требований построен усилитель, схема которого приведена на рисунке.

Каждый каскад усилителя охвачен местной отрицательной обратной связью, введенной соответственно с помощью резисторов  $R_3$  и  $R_6$ ,  $R_{11}$ ,  $R_{18}$  и  $R_{19}$ . Каскад у.н. выполнен на широкополосном транзисторе  $T_7$  с граничной частотой  $\geq 45$  МГц. Нагрузкой его служит



Принципиальная схема импульсного усилителя мощности.  $T_1, T_3$  — КТ3102А,  $T_2$  — КП303Е,  $T_4$  — КТ626В,  $T_5$  — КТ315Г,  $T_6$  — КТ904А,  $T_7$  — КТ815Г,  $T_8$  — КТ814Г,  $T_9$  — КТ819ГМ,  $T_{10}$  — КТ818ГМ;  $D_1$  — Д814А,  $D_2, D_3$  — КД503А

стабилизатор тока на с.в.ч.-транзисторе  $T_6$ , что также улучшает частотные свойства каскада. Переменный резистор  $R_4$  служит для балансировки усилителя, а  $R_{13}$  — для установки тока покоя усилителя. Питание предварительных каскадов усилителя производится от двухполярного стабилизированного источника питания напряжением  $\pm 35$  В. Питание окончательного каскада усилителя производится от нестабилизированного двухполярного источника питания, представляющего собой выпрямитель и емкостный фильтр, выполненный на конденсаторах емкостью  $\geq 1000$  мкФ. Питание всего усилителя от стабилизированного источника недопустимо ввиду ограниченных частотных свойств стабилизаторов, а питание от нестабилизированного источника приведет к возрастанию динамических искажений.

Усилитель обладает очень высокой устойчивостью, в нем нет ни одной запаздывающей отрицательной обратной связи. Более того, имеется возможность вводить опережающую обратную связь с помощью конденсатора емкостью

$100 \div 1000$  пФ, включаемого между эмиттерами транзисторов  $T_1$  и  $T_3$ . При этом повышается скорость нарастания выходного напряжения, но ухудшается переходная характеристика усилителя.

Без конденсатора опережающей обратной связи усилитель имеет следующие характеристики: диапазон рабочих частот  $5$  Гц  $\div$   $1$  МГц при неравномерности  $\leq 3$  дБ; выходная мощность  $100$  Вт; сопротивление нагрузки  $4$  Ом; выходное сопротивление  $0,03$  Ом; скорость нарастания выходного напряжения  $\geq 30$  В/мкс; фазовый сдвиг  $18^\circ$  на частоте  $100$  кГц; коэффициент нелинейных искажений на частоте  $60$  Гц —  $0,03\%$ , на частоте  $1$  кГц —  $0,04\%$ , на частоте  $20$  кГц —  $0,1\%$ .

При подаче на вход прямоугольных импульсов от генератора Г5-54, переходный процесс монотонен. Искажения типа «ступенька» отсутствуют при токе покоя  $30$  мА.

Институт геотехнической механики  
АН УССР, Днепропетровск  
Поступила в редакцию 15.II.1983