

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

УСИЛИТЕЛЬ НЧ МОЩНОСТЬЮ 130 Вт

А. БАЕВ

ОФОРМЛЕНИЕ
МАРКОВА СЕРГЕЯ
SERA.LUCIFERCHIK@GMAIL.COM

Усилитель предназначен для работы в ансамбле электромузыкальных инструментов или высококачественного воспроизведения звука как от моно-, так и от стереофонических звукозаписывающих устройств, магнитофонов и радиоприемников. Он может использоваться и как квадрафонический при соответствующей расстановке и подключении звуковых колонок (см. «Радио», 1972, № 9, с. 36).

Большой запас мощности усилителя и широкие пределы регулировки уровня громкости позволяют использовать его для озвучивания помещений площадью от десятков до сотен квадратных метров и даже открытых площадей.

В комплект устройства входят усилитель НЧ и четыре звуковые колонки.

Усилитель содержит два одинаковых независимых усилительных канала; максимальная мощность каждого 65 Вт. Сопротивление нагрузки каждого канала 14 Ом. Полоса усиливаемых частот по электрическому тракту составляет 20—40000 Гц при коэффициенте нелинейных искажений не более 0,6—0,8%, полоса эффективно воспроизводимых частот акустическими агрегатами 50—18000 Гц. Чувствительность усилителя со входов 1 и 2 составляет 0,5—0,6 мВ, со входа 3 — 20 мВ, со входа 4 — 0,8 В. Общее количество входов восемь. Регулировка тембра раздельная: на частотах 40 Гц и 15 кГц, ± 15 дБ.

Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 220 В. Его размер 170x416x270 мм, масса 15 кг.

В каждой звуковой колонке номинальной мощностью 30 ВА установлено по шесть динамических головок 4ГД-28 и две ЗГД-31. Размер звуковых колонок 770x520x220 мм, масса 12 кг.

Принципиальная электрическая схема одного из двух каналов усилителя НЧ изображена на рис. 1 (блок питания общий для обоих каналов). Микрофонные усилители собраны на транзисторах $T1—T4$. Для получения хорошего отношения сигнал/шум и высокого входного сопротивления их первые каскады собраны на полевых транзисторах. Каскады охвачены отрицательной обратной связью по току (через резисторы $R3$ и $R13$), благодаря чему они обладают высоким входным сопротивлением во всем диапазоне рабочих частот. Для снижения выходного сопротивления первых каскадов ток истока выбран достаточно большим — около 0,8 мА. Несмотря на это, уровень шума на их выходах очень мал, так как шумы полевых транзисторов не зависят от тока в канале.

Со стоков транзисторов $T1$ и $T3$ сигналы поступают через разделительные конденсаторы $C2$ и $C6$ на вторые каскады усилителей, собранные на транзисторах $T2$ и $T4$. Резисторы $R4$, $R6$, $R14$ и $R16$ являются элементами обратной связи, а резисторы $R4$ и $R14$, кроме того, служат для подбора и стабилизации режима работы транзисторов. Переменные резисторы $R7$ и $R17$ служат для регулировки громкости сигналов, поступающих на микрофонные усилители.

Третий каскад усилительного канала собран на лампе по обычной схеме усилителя на резисторах. Кроме сигналов с микрофонных усилителей, на управляющую сетку лампы третьего каскада может поступать сигнал с входа 3 от звукозаписывающих устройств электрогитар или электропроигрывающих устройств. Входное сопротивление с входа 3 выбрано большим (1,5 МОм) исходя из того, что пьезо-керамические звукозаписывающие устройства имеют большую отдачу в области низких частот при большом входном сопротивлении усилителя.

С нагрузки третьего каскада ($R21$) сигналы поступают на общий регулятор громкости $R23$ и далее — на отдельные (по частотам) регуляторы тембра.

Выключатели $B1$ и $B2$ служат для отключения первых каскадов усилителя в тех случаях, когда на них не подаются сигналы. В противном случае наряду с полезным сигналом будут усиливаться и собственные шумы первых каскадов.

К входу 4 могут подключаться магнитофон, электроорган или радиоприемник.

После цепей регулировки тембра сигналы поступают на четвертый каскад усиления, собранный

ния регистров в анодных цепях триодов этой лампы выбраны так, чтобы получить максимальное неискаженное напряжение на управляющих сетках выходных ламп.

Анодные цепи ламп *Л1*, *Л2*, *Л3* питаются через развязывающие фильтры *R27C10*, *R37C17* и *R43C20*, устраняющие фон переменного тока и предотвращающие паразитную связь между каскадами усилителя.

Оконечный каскад усилителя мощности собран по двухтактной схеме на лампах *Л4* и *Л5*. Смещение на управляющие сетки ламп окончного каскада подается от отдельного выпрямителя, собранного на диоде *Д19*. Переменный резистор *R59* служит для установки величины напряжения смещения на управляющих сетках — 58 В. При этом напряжении ток покоя каждой из выходных ламп составляет 40 мА. Переменный резистор *R47* предназначен для выравнивания напряжений смещения на управляющих сетках, а резистор *R52* — для установки напряжения на экранной сетке лампы *Л5*, равного напряжению на экранной сетке лампы *Л4*. Выключатель *В3* предназначен для отключения накала выходных ламп в тех случаях, когда не требуется одновременная работа обоих усилительных каналов.

Для снижения нелинейных искажений и выравнивания частотной характеристики последние четыре каскада усилителя охвачены глубокой отрицательной обратной связью. Ее сигнал подается со вторичной обмотки выходного трансформатора *Тр1* через резистор *R53* в цепь катода левого триода лампы *Л2*. Конденсаторы *C23* и *C24* устраняют возможное самовозбуждение усилителя на ультразвуковых частотах (40—200 кГц).

Конструктивные данные выходного трансформатора *Тр1* приведены в табл.1 и на рис. 2. Он собран на магнитопроводе Ш24х57, окно 24х60 мм.

Таблица 1

Обмотка	Число витков	Провод
1-2	20	ПЭВ-2 1,25
3-4	1900	ПЭВ-2 0,31
5-6	40	ПЭВ-2 1,25
7-8	1900	ПЭВ-2 0,31
9-10	20	ПЭВ-2 1,25

Если усилитель будет использоваться с другими акустическими агрегатами, сопротивление звуковых катушек головок в которых существенно отличается от 14 Ом, следует определить новое число витков во вторичной обмотке выходного трансформатора по формулам:

$$n = 1.1 \sqrt{\frac{R_H}{10000}}$$

$$\omega_2 = n \cdot 2100$$

где *n* — коэффициент трансформации;

R_H — сопротивление звуковых катушек, Ом,

ω₂ — новое число витков вторичной обмотки трансформатора.

Данные сетевого трансформатора *Тр2* указаны в таблице 2. Он выполнен на магнитопроводе Ш32х42, окно 32х80 мм.

Таблица 2

Обмотка	Число витков	Провод
1 – 2	800	ПЭВ-2 0,8
3	Один слой	ПЭЛШО 0,1
4 – 5	1030	ПЭВ-2 0,41
6 – 7	1030	ПЭВ-2 0,41
8 – 9	47	ПЭВ-2 1,25
10 – 11 – 12	11+12	ПЭВ-2 0,8
13 – 14 – 15	22+22	ПЭВ-2 0,51
16 – 17	190	ПЭВ-2 0,18
18 – 19	80	ПЭВ-2 0,29

Дроссель *Др1* содержит 900 витков провода ПЭВ-2 0,41, магнитопровод — Ш20х20.

Смонтирован усилитель на шасси из дюралюминия размером 400х260х55 мм. Сверху на шасси установлены лампы, трансформаторы и электролитические конденсаторы (рис.3). Малогабаритные детали — транзисторы, диоды, резисторы и конденсаторы размещены в подвале шасси (рис. 4). Органы настройки усилителя установлены на передней панели. Корпус усилителя изготовлен из фанеры, фанерован и покрыт лаком. В шасси вокруг ламп ГУ-50, а также в нижней и верхней стенках корпуса для вентиляции просверлены отверстия диаметром 5—6 мм.

При монтаже усилителя нужно стремиться к тому, чтобы соединительные провода были возможно короче, в основном монтировать детали на лепестках панелей ламп и переменных резисторов. Все заземляемые цепи усилителя желательно соединить с шасси в одной точке, лучше всего — около первой лампы.

Во избежание наводок переменного тока на входные лампы накаливания цепи ламп ГУ-50 не заземляют.



Рисунок 2 – Расположение обмоток выходного трансформатора

Для экранирования входных каскадов усилителя на дне корпуса закрепляют лист луженой жести, который соединяют с шасси. Входные каскады, собранные на транзисторах, в подвале шасси отгорожены металлическими стенками.

Для удобства переноски и расширения эксплуатационных возможностей усилителя к нему было изготовлено четыре звуковых колонки закрытого типа. К каждому усилительному каналу подключаются последовательно две колонки. Схема соединения головок в колонках показана на рис. 5. Все восемь головок устанавливают на передней панели колонки, взаимное размещение их показано на рис. 6. Хотя нижняя граничная частота, эффективно воспроизводимая каждой головкой 4ГД-28

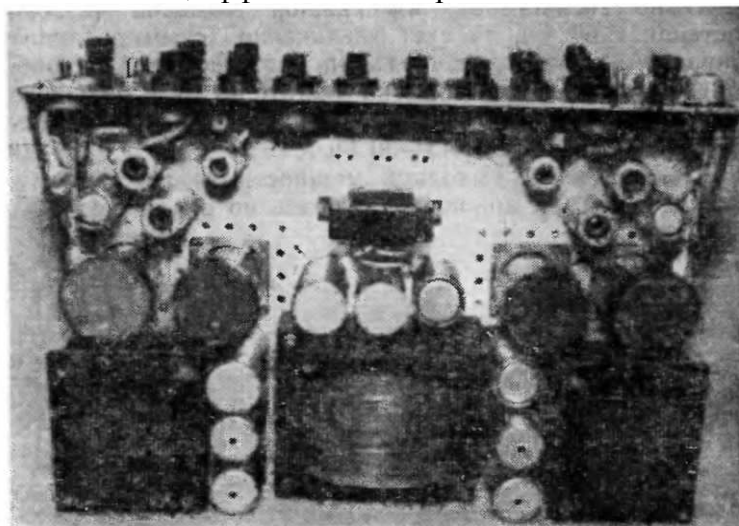


Рисунок 3 – Расположение деталей на шасси (вид сверху)

составляет 63 Гц, за счет увеличения (суммирования) площадей диффузоров, подъема частотной характеристики в усилителе на 15 дБ на частоте 40 Гц и большого запаса по мощности звуковые колонки эффективно воспроизводят частоты от 45—50 Гц.

Если большой выходной мощности не требуется, к каждому каналу можно подключать по одной звуковой колонке.

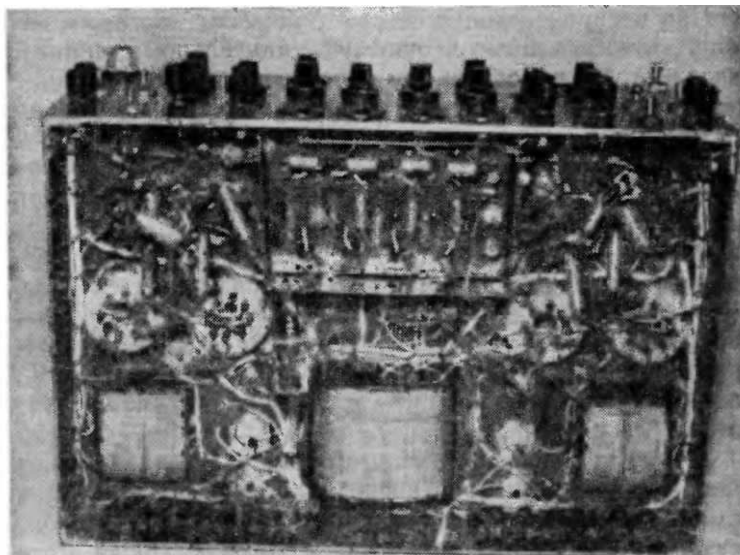


Рисунок 4 – Расположение деталей на шасси (вид снизу)

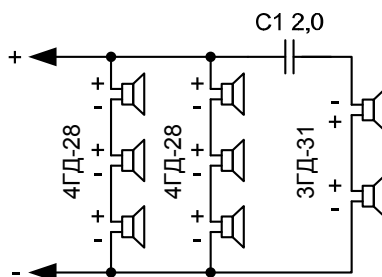


Рисунок 5 – Схема соединения динамических головок

Передние панели колонок изготовлены из фанеры толщиной 15 мм, боковые— 10 мм и задние стенки — 6 мм. Для выравнивания частотных характеристик и исключения излучения назад колонки заполнены ватой.

При воспроизведении стереофонических программ колонки, подключенные к одному усилительному каналу, ставят рядом, вплотную или одна на другую. Расстояние между парами выбирают в зависимости от помещения (3—6 м).

По окончании монтажа, не вставляя лампы, включают усилитель в сеть. При налаживании следует соблюдать меры безопасности, помня, что в усилителе применено высокое (+700 В)* напряжение. После включения проверяют наличие напряжений на выходах выпрямителей, величины которых без ламп должны быть несколько выше указанных на схеме. Затем проверяют режимы работы транзисторов и, если они отличаются более чем на 20%, подбором соответствующих резисторов устанавливают требуемый режим.

Далее переменным резистором *R59* устанавливают максимальное отрицательное напряжение, подводимое к ламповым панелям лампы ГУ-50. Движок переменного резистора *R52* ставят в среднее положение. После этого вставляют лампы. Возможно, что после прогрева лампы усилитель возбудится, тогда следует поменять местами выводы вторичной обмотки выходного трансформатора. Переменным резистором *R52* устанавливают на экранной сетке лампы *Л5* напряжение такой же величины, как на сетке лампы *Л4*. Резисторами *R59* и *R47* устанавливают на управляющих сетках лампы *Л4* и *Л5*

напряжение 58В (при этом напряжении анодный ток покоя каждой лампы будет составлять 40 мА). Проверяют режимы остальных ламп.

В заключение проверяют отсутствие возбуждения усилителя на ультранизких и ультразвуковых частотах, для чего к выходу усилителя подключают вольтметр переменного тока или электронный осциллограф. Эту проверку проводят на холостом ходу усилителя (без нагрузки). В случае самовозбуждения на ультранизких частотах, его устраняют подбором номинала конденсатора *C16*, на ультразвуковых — подбором номинала конденсатора *C23*.

Если таким путем устранить самовозбуждение не удастся, увеличивают сопротивление резистора обратной связи *R53*. При этом нужно помнить, что такое увеличение повышает нелинейные искажения и фон.

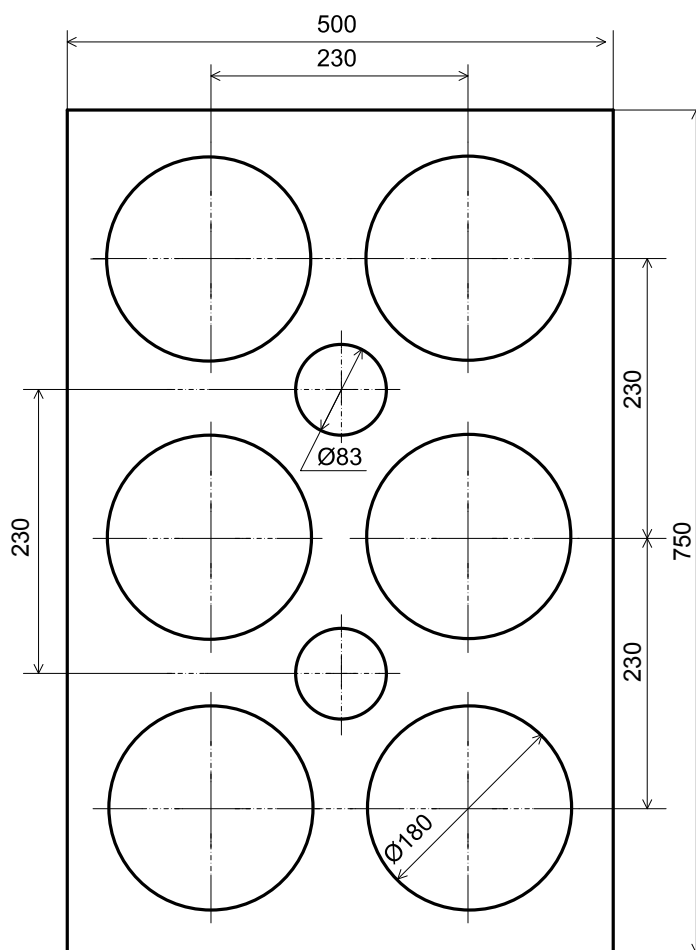


Рисунок 6 – Передняя панель акустической колонки