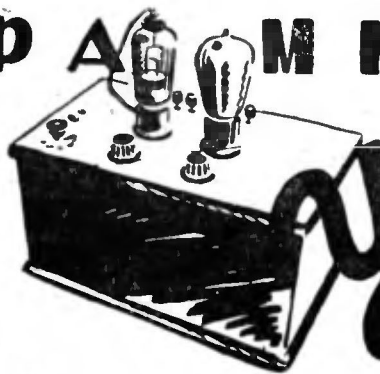


Грамммофонный усилитель



С. Герасимов

В последнее время получил большое распространение прибор для электрической передачи граммофонных записей — радиограммофон. Радиограммофон состоит как правило из следующих частей:

1. Граммофонного механизма (или мотора).
2. Адаптера.
3. Усилителя низкой частоты.
4. Громкоговорителя.

Усилитель связан непосредственно с адаптером и громкоговорителем. Назначение усилителя состоит в усилении незначительных электрических токов н. ч., даваемых адаптером. При отдаче нормальной звуковой мощности средний электромагнитный громкоговоритель потребляет мощность порядка 50 мВт при 25 В, средний электродинамический громкоговоритель — 0,5 Вт при 60 В (динамик Киевского радиозавода). Напряжение же, даваемое адаптером, равняется в среднем 0,2 — 0,5 В.

Следовательно усилитель должен иметь коэффициент усиления 100 — 120 и на выходе лампу, отдающую до 0,5 — 1 Вт. При расчете каскадов усилителя сразу же приходит мысль использовать лампу с экранированным анодом, так как такой каскад усиления н. ч. будет иметь и порядка 100 — 150.

В этом случае в усилителе будут работать всего две лампы. Первая лампа работает как усилитель напряжения, вторая лампа — мощная, с отдачей до 1 Вт.

Наиболее подходящей первой лампой будет лампа 60-124, второй — 60-104. Использование динамического громкоговорителя, имеющего хо-

рошую частотную характеристику, заставляет предъявить к усилителю повышенные требования. Нижняя полоса частот у динамика ограничивается 60—70 периодами, а верхняя 6000—8000 периодов. Адаптер дает полосу частот от 70 до 3000—7000 периодов. Считая, что усилитель с динамиком может быть использован и для передачи радиовещания, мы можем установить полосу частот для усилителя от 70 до 8000 периодов. Человеческое ухо не замечает частотных искажений при уменьшении амплитуды какой-либо полосы частот до 30 проц. от максимальной амплитуды. Поэтому частотную характеристику усилителя можно считать удовлетворительной, если западание на 7—8000 периодов не будет превышать 30 проц. от наибольшей усиливаемой полосы частот. Описываемый ниже усилитель изготовлен отделом усиления низкой частоты ЦРПОДР СССР совместно с отделом приемной аппаратуры и предназначен для питания его от сети переменного тока. Динамик Киевского радиозавода, работая от этого усилителя, может обслужить комнату с площадью до 40—60 кв. м. В качестве адаптера может быть использован любой из имеющихся типов, лишь бы его частотная характеристика была удовлетворительной в пределах 70—3000—4000 периодов и отдаваемое напряжение было не менее 0,2 В.

На рис.1 изображена схема усилителя с выпрямителем. При разработке схемы усилителя было принято во внимание следующее:

1. Усилитель должен состоять из деталей, имеющихся в продаже.



Наружный вид

2. Усилитель должен вносить минимум искажений.

3. Должен быть дешевым в эксплуатации.

Совместить эти три условия при использовании промышленных деталей чрезвычайно трудно из-за плохого качества трансформаторов и т. д. Делая усилитель на сопротивлениях, необходимо использовать несколько каскадов, так как необходим усилитель с коэффициентом усиления 100—

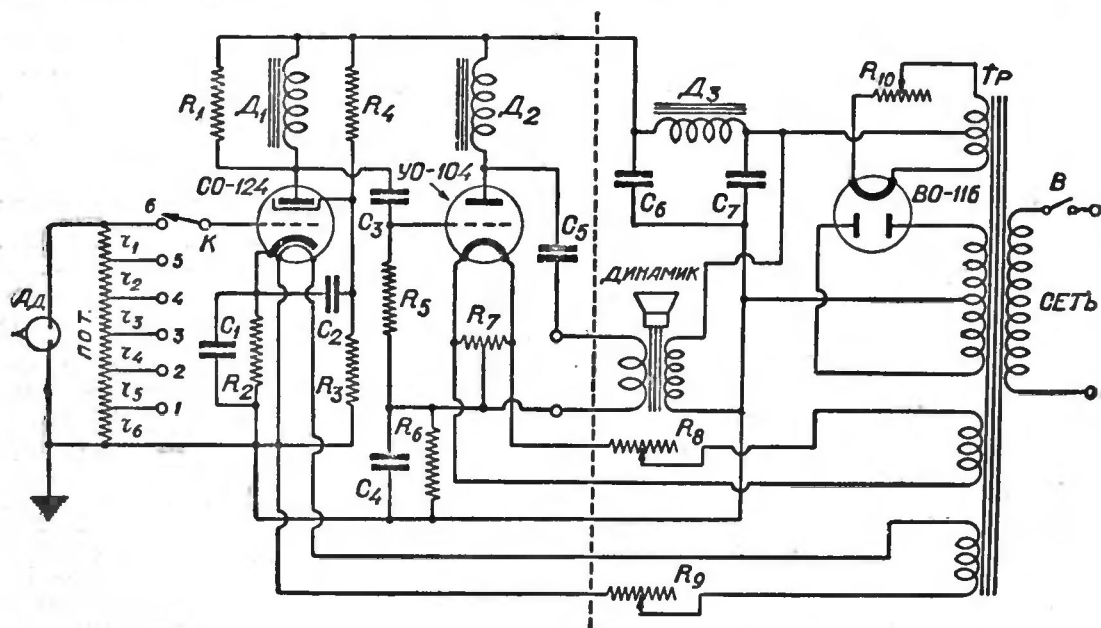
120. Усилитель же с большим числом каскадов труден в изготовлении и наладивании, а также дорог в эксплуатации. Наилучшим вариантом будет использование лампы с большим μ , например экранированной (CO-124). Экранированная лампа в настоящее время весьма часто применяется в усилителях напряжения любой частоты. Один каскад с экранированной лампой, получая 0,2—0,3 В, обеспечивает на сетке следующей лампы 20—30 В, что вполне достаточно для раскачки даже такой мощной лампы, какой является УО-104. Крупным недостатком экранированной лампы является ее большое внутреннее сопротивление (для CO-124 — 120 000—150 000 Ω). Для эффективного использования μ лампы необходимо и есть нагрузку в цепи анода R_a не меньше 3—4 R_i , так как при меньших R_a наблюдается резкое уменьшение μ каскада по сравнению со статическим μ лампы.

В качестве R_a можно использовать:

1. Омическое сопротивление.
2. Трансформатор этой частоты.
3. Дроссель низкой частоты.

Вариант с омическим сопротивлением в качестве R_a необходимо отбросить ввиду необходимости применения весьма высоковольтных (до 600 В) источников анодного напряжения. В самом деле, если $R_a = 300\,000\ \Omega$, то значительная часть напряжения упадет на R_a и лишь весьма незначительная часть упадет на лампе. Для выяснения распределения величины потенциалов необходимо знать: 1) R_a (величину мы его знаем), 2) сопротивление лампы *по токовому току* при данном токе анода. Считая неבודимой работу лампы на прямолинейном участке ее характеристики, устанавливаем величину анодного тока (CO-124) в 4—5 мА. В этом случае

R лампы будет равно $\frac{E_a}{I_a}$, где E_a напряжение на аноде лампы, при данном I_a и прочих факторах режима работы лампы, обеспечивающих необходимое μ лампы (например V_{gs}). Выбирая необходимую нам характеристику (ориентируясь по μ), находим, что при $I_a = 3\text{ мА}$ $V_a = 120\text{ В}$.



$$R = \frac{120}{0,003} = 40\,000 \text{ ом.}$$

Мы видим, что сопротивление экранированной лампы постоянному току значительно меньше R_p . Поэтому выбирая $R_p = 300 \cdot 10^3 \Omega$, считая $R = 40\,000 \Omega$ и помня, что на аноде лампы должно быть 120 В, выходим, что V_a должно быть равным 600 В.

При использовании трансформатора в качестве R_a находим, что R_a не должно быть меньше $300 \cdot 10^3 \Omega$, самоиндукция первичной обмотки должна быть равна 600 Н, так как при $f = 75$ ($\omega = 500$) $\omega L = 300 \cdot 10^3 \Omega$. Самоиндукция такого порядка с тем объемом железного сердечника,

напряжения, даваемое адаптером, бывает разным в зависимости от рода записи пластинки и различной степени громкости. Это обстоятельство делает необходимым устройство на входе усилителя специального потенциометра, выполняющего роль колумконтроля. Обмотка подмагничивания динамика питается от выпрямителя, питающего усилитель. Включение его производится до фильтра, так как в противном случае ток динамика перегрузит дроссель, что скажется на качестве фильтрации.

Следует подчеркнуть также то, что величина конденсатора C_d имеет решающее значение на усилении низких частот ($f = 75 - 250$ периодов). Величина его должна быть не меньше 10 000 см при хорошем диэлектрике во избежание утечек на сетку УО-104.

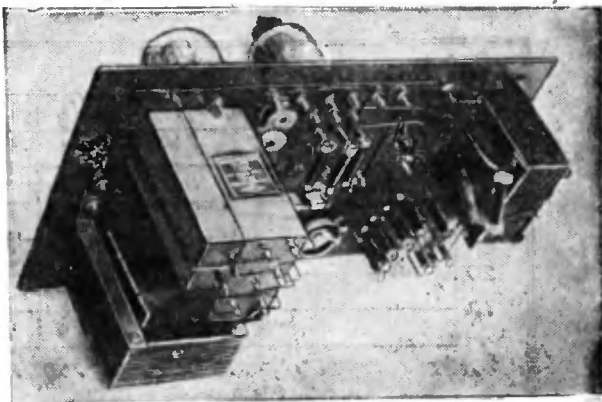
Детали

В таблице 1 дана сводка всех деталей, составляющих усилитель, за исключением дросселей Dr_1 и Dr_2 , о которых речь будет идти отдельно. Порядок величин, характеризующих отдельную деталь, может быть изменен в соответствии с наличием имеющихся у вас деталей, а также и качеством работы усилителя. Весьма возможно, что в условиях другого монтажа и качества ламп порядок величин придется изменить. Вел чин некоторых деталей все же необходимо придерживаться. Сюда относятся:

1. Дроссели Dr_1 и Dr_2 .
2. Сопротивления R_2 , R_6 .

Изготовление дросселей

Как было уже указано выше, одним из условий при конструировании усилителя было изготовление усилителя из деталей, имеющих в продаже. Некоторым исключением являются дроссели Dr_1 и Dr_2 , которые изготавливаются из дросселей «Д-2» производства «Радист», т. е. как последние не могут быть использованы без переделки. Необходимо приобрести 4 дросселя «Д-2» производства «Радист» и изготовить из них необходимые нам 2 дросселя. Железо 4 дросселей полностью используется при изготовлении дросселей Dr_1 и Dr_2 . Приобретение 4 дросселей «Радист» диктуется как раз необходимостью выбора скольконибудь подходящего железа для сердечников Dr_1 и Dr_2 . От качества железа всецело зависит самоиндукция дросселей, т. е. качество усиления низкой частоты.



Расположение деталей

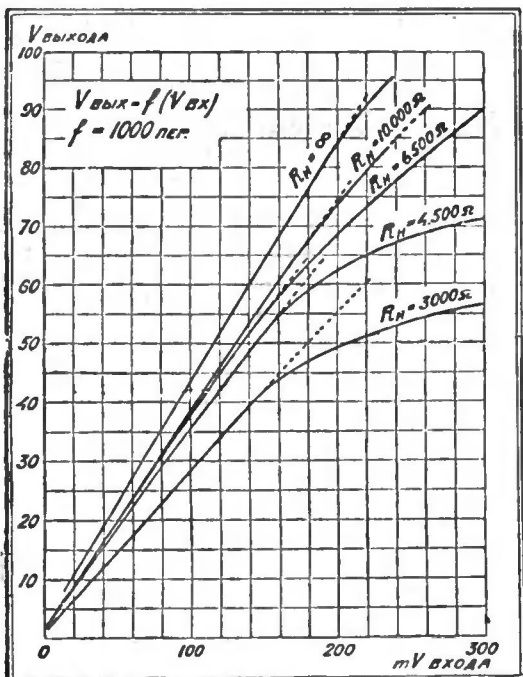


Рис. 2. Амплитудная характеристика усилителя

который практически может быть применен, получается лишь при большом числе витков (порядка 25 000 витков). Вторичная обмотка в этом случае получается весьма большой (40 000—60 000 витков). Это приводит к появлению весьма больших пик резонанса в частотной характеристике трансформатора. Получить сколько-нибудь удовлетворительную частотную характеристику в этом случае чрезвычайно трудно, что заставляет отказаться от этого вида R_a . В нашем распоряжении остается только вариант использования дросселя в качестве R_a . Дроссельная схема дает возможность получить вполне удовлетворительную частотную характеристику усилителя при достаточном для нас μ каскада и большом V_a , так как падение напряжения на дросселе составляет всего 20—30 В. Это вышеуказанное и заставило нас выбрать именно дроссельную схему усиления. Выходной лампой выбрана УО-104, так как она отдает 1 Вт при 40—60 В ($Z = 6000 \Omega$), что вполне достаточно для удовлетворительной работы динамика Киевского радиозавода. В этом каскаде применен также дроссельный выход, как наиболее простой и добротный способ перехода с оконечной лампы к говорителю.

ТАБЛИЦА 1

№ п/п	Обозначен на чертеже	Величина	Наименование
1	r_1	5 000 Ω	Сопротивления Камин-ского на фарфоровых цилиндриках
2	r_2	10 000 Ω	
3	r_3-r_6	15 000 Ω	
4	K	—	Ползунок
5	Дин	—	Динамик Киевского радиозавода
6	B	—	Выключатель
7	Tp	—	Трансформ. «Радист» Т-3
8	Dr_1	—	См. текст
9	Dr_2	—	
10	C_1	0,25 μF	
11	C_2	0,25 μF	Конденсаторы производства заводов «Красная заря» или «Мосэлектрон»
12	C_3	до 0,25 μF	
13	C_4	2 μF	
14	C_5	до 2 μF	
15	C_6	4–6 μF	
16	C_7	4–6 μF	
17	R_1	400·10 ³ Ω	Сопротивления Камин-ского на фарфоровых цилиндриках
18	R_2	400 Ω	
19	R_3	≈ 30·10 ³ Ω	
20	R_4	120·10 ³ Ω	
21	R_5	200·10 ³ Ω	
22	R_6	1 000 Ω	Проволочн. сопротивл.
23	R_7	100 Ω	
24	R_8	5 Ω	
25	R_9		
26	R_{10}	Реостаты с проводом не тоньше 0,5 мм	

Следует оговориться, что качество железа в дросселях «Радист» очень невысокое, но такое железо является единственным на рынке.

Дроссель Dr_1 является нагрузкой для лампы СО-124. Так как для СО-124 $R_i = 120 \cdot 10^3 - 150 \cdot 10^3$, то его сопротивление (ωL) должно быть достаточно велико, чтобы обеспечить равномерное усиление всей полосы частот вплоть до нижней частоты $\omega_n = 500 - 700$. Поэтому дроссель Dr_1 делается с тем расчетом, чтобы при токе I_a в 5–6 мА его самоиндукция была равна 600–400 Н. Эта самоиндукция получается при использовании двух сердечников «Радист» в 12 000 витках. Каркас для катушки придется склеить новый, вмещающий железо двух дроссе-

лей. Готовый дроссель выден на фотографии усилителя. При проводе 0,08 ПЭ внутреннее сопротивление дросселя равно 5 000 омов.

Дроссель Dr_2 является нагрузкой для лампы УО-104 У лампы УО-104 $R_i = 1000 - 1200 \Omega$. Поэтому дроссель Dr_2 должен иметь самоиндукцию всего 4 Н. Так как лампа УО-104 имеет значительный рабочий ток анода ($I_a \approx 25 \text{ мА}$), то совершенно необходимым является использование также двух сердечников «Радист». При 1200 витках и токе анода в 25 мА этот дроссель имеет самоиндукцию, равную 4 Н. Провод ПЭ-ШД 0,15, внутреннее сопротивление 115 Ω .

Монтаж. Усилитель (см. фото) и выпрямитель смонтированы порознь в двух ящиках.

Монтаж усилителя должен быть произведен аккуратно, так как каскад с лампой СО-124 склонен к самовозбуждению, что связано с появлением фона переменного тока. Следует следить за уединением проводов цепи сетки первой лампы. Дросселя Dr_1 и Dr_2 должны быть возможно удалены друг от друга и магнитные оси их должны быть сдвинуты на 90°. Сопротивления $r_1 - r_6$ монтируются непосредственно на контактах (см. фото усилителя). В случае монтажа усилителя и выпрямителя в одном ящике необходимо возможно более удалить дросселя Dr_1 и Dr_2 от дросселя Dr_3 и трансформатора Tp во избежание фона переменного тока.

Настройка усилителя сводится к подбору сопротивлений R_1 и R_3 для правильного выбора режима работы лампы СО-124. При первом включении усилитель может засвистеть (возбуждаться) и дать сильный фон переменного тока. Подбирая величины R_1 и R_3 , мы тем самым уменьшаем или увеличиваем μ первого каскада и выбираем оптимальный режим, при котором усилитель не возбуждается и дает усиление, достаточное для работы динамика. Большое значение имеет также заземление минуса анода.

При сколь угодно хорошей фильтрации выпрямленного тока фон может остаться в усилителе и будет снят окончательно лишь при заземлении нити накала СО-124. Решающее влияние на частотную характеристику усилителя имеет емкость C_3 . Ее надо подобрать в пределах от 10 000 см до 0,25 μF .

Улучшая усиление нижней полосы частот увеличением емкости C_3 , можно при неправильном подборе сопротивления утечки R_5 значительно срезать усиление верхней полосы частот. Поэтому следует придерживаться данных, приведенных в статье. При применении динамика ем-

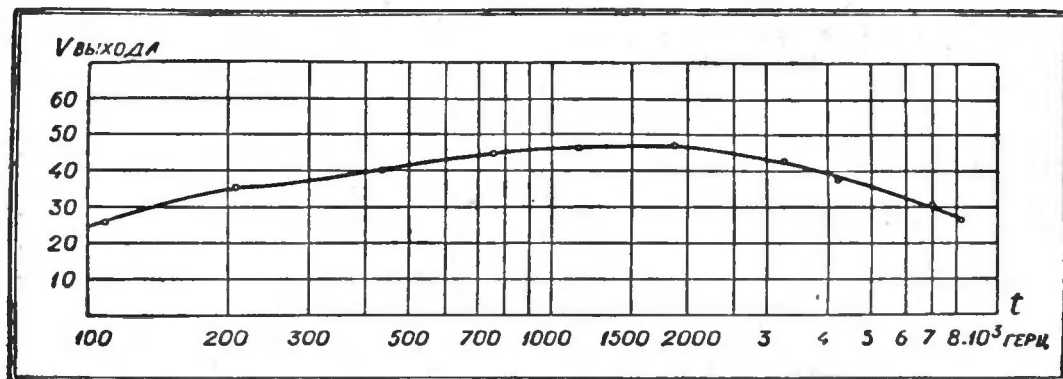
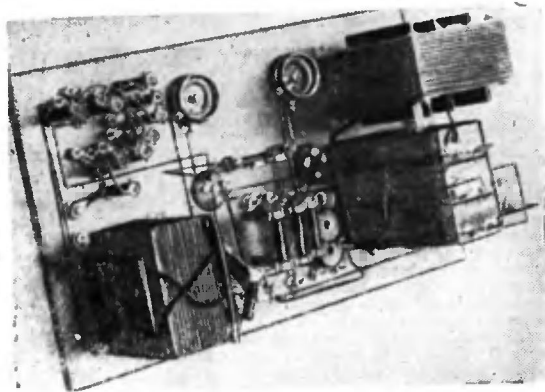


Рис. 3. Частотная характеристика граммафонного усилителя

кость C_5 может колебаться от $0.25 \mu F$ до $2 \mu F$ и в применении громкоговорителя «Рекорд 1» (и ему подобных)—от 10 000 см до 0 μF .



Монтаж усилителя

Как уже указывалось выше, усилитель предназначен для неискаженного усиления поло-

сы частот от $f=75$ до $f=8000$ периодов. Нормальной нагрузкой усилителя является динамик производства Киевского радиозавода. Для хорошего заполнения помещений среднего объема динамик Киевского радиозавода необходимо подать 40–60 В. Максимальное неискаженное напряжение, отдаваемое усилителем при 10 000 $\Omega = 80$ В, при 6 500 $\Omega = 60$ В, при 4 500 $\Omega = 50$ В при 3 000 $\Omega = 40$ В. Для заполнения больших аудиторий требуется включение push-пульного усилителя на двух лампах УО-104, так как при этом на динамик необходимо подавать значительно большее напряжение, лежащее за пределами линейным участком амплитудной характеристики настоящего усилителя.

Частотная характеристика усилителя приведена на рис. 3 и не является блестящей вследствие применения дросселей с ограниченным объемом железа. Практически при слушании грамзаписей имеющееся западание на участке нижней полосы частот не сказывается на слух. Причиной этому является, возможно, работа отражательной доски у динамика и наличие резонанса на низких частотах у применявшегося адаптера.

Центральная радиолaborатория ОДР СССР