

А. С. Храмушин
Hi-end-усилители на «военных» лампах



Аннотация

Книга Александра Сергеевича Храмушина «Hi-end-усилители на военных лампах» написана для всех любителей «лампового» звука, как умеющих держать в руках паяльник, так и тех, кто только пользуется ламповой аудиотехникой. Не секрет, что ламповая аудиотехника, имеющаяся в продаже, стоит совсем недешево. Расходы можно существенно снизить, если собрать усилитель самому или заказать его изготовление частному лицу. Именно с этой целью и была создана эта книга.

Hi-end-усилители на «военных» лампах

А. С. Храмушин

Командирам и начальникам, воспитателям и преподавателям Воронежского Высшего Военного Инженерного Училища Радиоэлектроники посвящается

© А. С. Храмушин, 2017

ISBN 978-5-4485-6613-4

Преждесловие

(пролог по-нашему)

В среде любителей лампового звука не утихают споры о том, какая лампа и (или) сочетание ламп дают наилучший «самый правильный» звук. Очень часто в интернете происходят самые настоящие баталии, иногда с переходом на личности. Причем самые злые спорщики на поверку зачастую оказываются чистыми теоретиками, не собравшими за свою жизнь ни одного усилителя. Особую нишу в спорах занимает вопрос о том, что лучше: пентод или триод. Цель моего скромного труда заключается не в том, чтобы кого-то переспорить, а лишь дать практические рекомендации о том, как собрать из ламп, которые я и несколько моих единомышленников считают лучшими по звуку, достойный усилитель.

Наша концепция в результате почти десятилетних поисков, экспериментов с разными топологиями схем, разными лампами, разными типами пассивных элементов выглядит так:

Пентод (тетрод) должен быть включен штатно т.е. пентодом (тетродом)

Пентод (тетрод) звучит лучше. Если уйти в область субъективных оценок, это значит, что он передает музыку лучше, особенно ее эмоциональную составляющую, что, собственно говоря, и является сутью музыки – непосредственная передача эмоций, чувств. В общем, мы за ПЕНТОДНЫЙ ЗВУК. Но ничего против не имеем, если в схеме присутствуют хорошие триоды. Даже (О, крамола!) если пентод включен триодом, что для некоторых пентодов не является ухудшающим обстоятельством.

Топология схемы усилителя мощности – однотактный (кому нравится – можно двухтактный) усилитель с непосредственными связями и кенотронным двуполярным нестабилизированным источником питания. В среде «ламповиков» такой усилитель часто называют Лофтин-Уайт по Комиссарову. Да не соблазнится никто, что я намекнул на двухтактный усилитель с непосредственными связями. Такие бывают, и я их делал. Да и не только я.

Резисторы, используемые при построении усилителя, только проволочные. Конденсаторы – бумажно-масляные для предельно аудиофильского исполнения, но можно и электролитические для бюджетного варианта. О типах резисторов и конденсаторов будет сказано отдельно при описании практических конструкций. Монтаж всех цепей (кроме накальных у косвенно-накальных ламп) производится только одножильным медным эмалированным проводом.

Для винил-корректоров принципиально нестабилизированный однополупериодный кенотронный выпрямитель с, как минимум, трехзвенным LC фильтром.

Вот, собственно говоря, наши нехитрые отправные постулаты. Приписывать себе изобретение схем я не дерзну, так как все существующие схемотехнические решения были придуманы уже к середине XX века. В книге нет теории по расчету усилителей и частотно избирательных цепей, т. к. нет смысла повторять то, что описано во множестве разнообразной технической литературы. Желающий может воспользоваться ею, либо своими знаниями, полученными в учебных заведениях, или освоенных самостоятельно. Идущий да одолеет путь. Я лишь сложил из этих кирпичей конкретные схемы, провел расчет элементов и режимов под определенные типы ламп и попытался изложить в форме, которую «поймет не только взрослый, но даже карапуз» алгоритм практической сборки усилителя на лампах. А теперь о лампах.

Лампы

Конечно же, речь пойдет, как я говорил ранее, только о тех лампах, ради которых все остальные были задвинуты на дно ящика (иногда, правда, достаются оттуда). Вот список этих ламп в порядке возрастания выходной мощности:

12ж1л (4ж1л) – универсальный маломощный пентод с короткой характеристикой. Эти два пентода отличаются только напряжением накала

12.6 Вольт и 4.2 Вольт соответственно. В остальном они идентичны. Накал косвенный.

4П1Л – усилительно генераторный выходной пентод. Накал прямой 4.2 Вольт.

12П17Л – косвенно-накальный аналог 4П1Л. Накал косвенный 12.6 Вольт.

ГУ-15 – генераторный выходной пентод. Накал прямой 4.4 Вольт.

ГУ-50 – генераторный выходной пентод. Накал косвенный 12.6 Вольт.

Зарубежных аналогов (за исключением ГУ-50) данные лампы не имеют. Существуют прототипы (кроме 12П17Л), выпущенные в фашистской Германии для нужд Вермахта. Но они имеют другой цоколь и вид баллона и практически недоступны. Да и надо ли их искать?

Кенотроны можно применять любые, подходящие по токам и напряжениям. Но в книге описаны те, которые были использованы в практических схемах. Как театр начинается с вешалки, так усилитель начинается с источника питания. Поэтому начнем по порядку, сначала с описания кенотронов, а затем блока питания винил-корректора. Итак,

6Ц4П – двуханодный кенотрон косвенного накала. Напряжение накала 6.3 В. Лампа пальчиковая семиштырьковая. Существует разновидность этого кенотрона с буквой Е (повышенной надежности). Так вот, при выборе, какой кенотрон использовать 6Ц4П, 6Ц5С или 6Ц4П-Е, предпочтение следует отдать последнему по двум причинам:

а) выше надежность,

б) звук с ним лучше, чем при применении первых двух.

Существует импортные аналоги – например, 6Х4.

6Ц5С – двуханодный кенотрон косвенного накала. Напряжение накала 6.3 В. Лампа имеет октальный восьмиштырьковый цоколь. А значит, занимает больше места. Но зато смотрится солиднее, эдакий пузанчик. Иногда внешний вид является значимым фактором. Имеются импортные аналоги 6Х5GT, EZ90.
6Ц5С- двуханодный кенотрон косвенного накала. Напряжение накала 6.3 В. Лампа имеет октальный восьмиштырьковый цоколь.

5Ц4С – двуханодный кенотрон косвенного накала. Напряжение накала 5 В. Лампа имеет октальный восьмиштырьковый цоколь. Баллон лампы бывает трех типов: «кобра», обычный цилиндрический и цилиндрический уменьшенного размера. В последнем случае лампа маркируется как 5Ц4М. Обладает великолепным звучанием. Импортные аналоги: 5Z4,5Y4,5W4.

5Ц3С – двуханодный кенотрон прямого накала. Напряжение накала 5 В. Лампа имеет октальный восьмиштырьковый цоколь. Имеет существенный недостаток – ухудшает динамические характеристики усилителя. Проявляется это в «вялом» звучания быстрых мелодий, рока. Импортные аналоги: 5U4G, GZ32,GZ34.

5Ц9С – двуханодный кенотрон косвенного накала. Напряжение накала 12,6 В. Лампа имеет баллон и цоколь как у ГУ-15. Обладает великолепным звучанием. Импортных аналогов не имеет.

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

6Ц4П

В новых разработках не применять

По ГОСТ 8347—66

Основное назначение — выпрямление переменного напряжения.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.
Оформление — стеклянное миниатюрное.
Вес наибольший 15 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ

1 — анод второго диода
2 — не подключен
3 — подогреватель
4 — подогреватель

5 — катод
6 — не подключен
7 — анод первого диода

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (≈ или =)	6,3 в
Ток накала	600±60 ма
Выпрямленный ток ○	75 ма
Сопротивление изоляции катод-подогреватель	не менее 2,7 Мом
Долговечность (при годности 90%)	не менее 1500 ч
Критерий долговечности: сохранение вентильной прочности ○	

○ При фазовом напряжении анода 350 в (эфф.), сопротивлении нагрузки 5,2 ком и емкости фильтра 8 мкф.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (∼ или =)	
наибольшее	7 в
наименьшее	5,7 в
Наибольшая амплитуда обратного напряжения	
анода	1000 в
Наибольший выпрямленный ток	75 ма
Наибольшая амплитуда тока анода	300 ма
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем (=):	
при положительном потенциале подогревателя	100 в
при отрицательном потенциале подогревателя	400 в
Наибольшая температура баллона	160° С

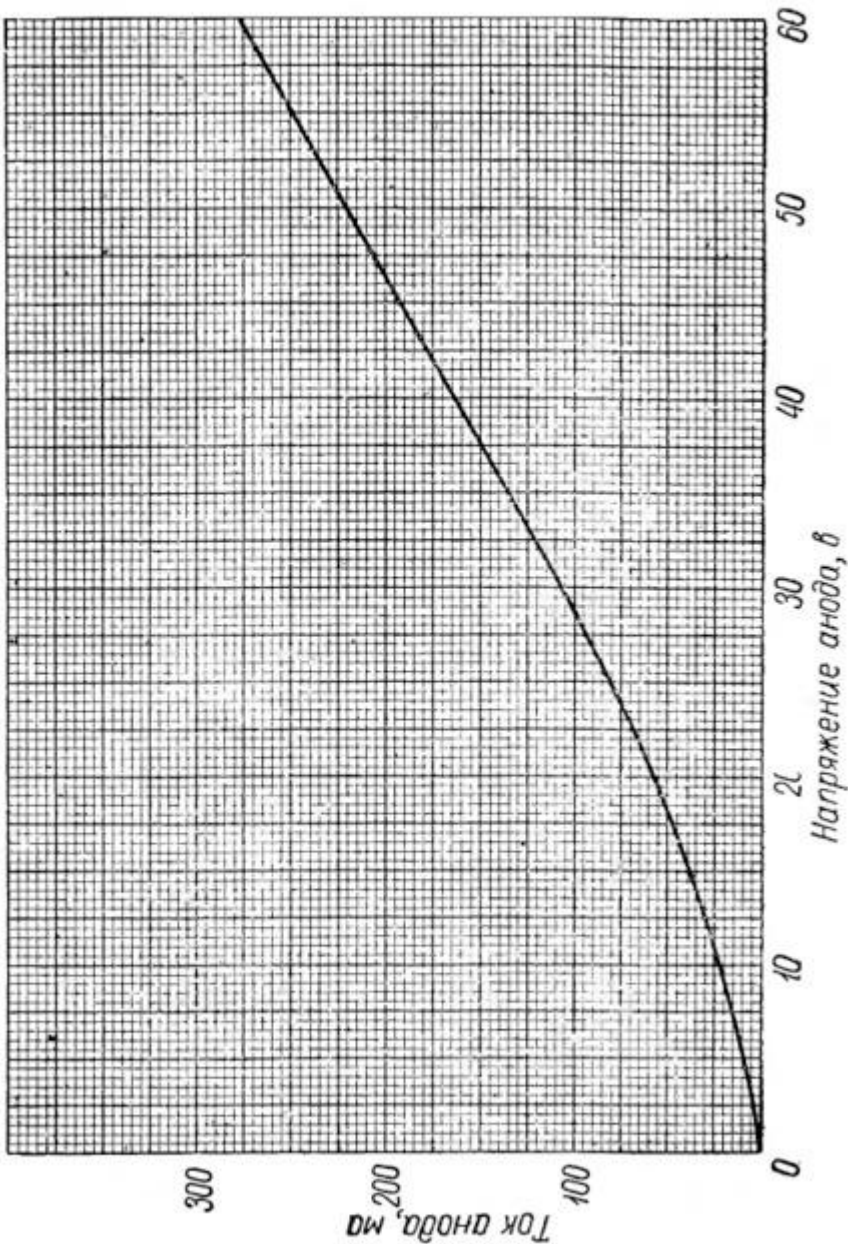
УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 70° С
наименьшая	минус 60° С
Относительная влажность при температуре 40° С	
Вибропрочность	95—98%
Виброустойчивость	2,5 g
Ударные нагрузки многократные	2,5 g
	35 g

Гарантийный срок хранения в складских условиях	4 года
--	--------

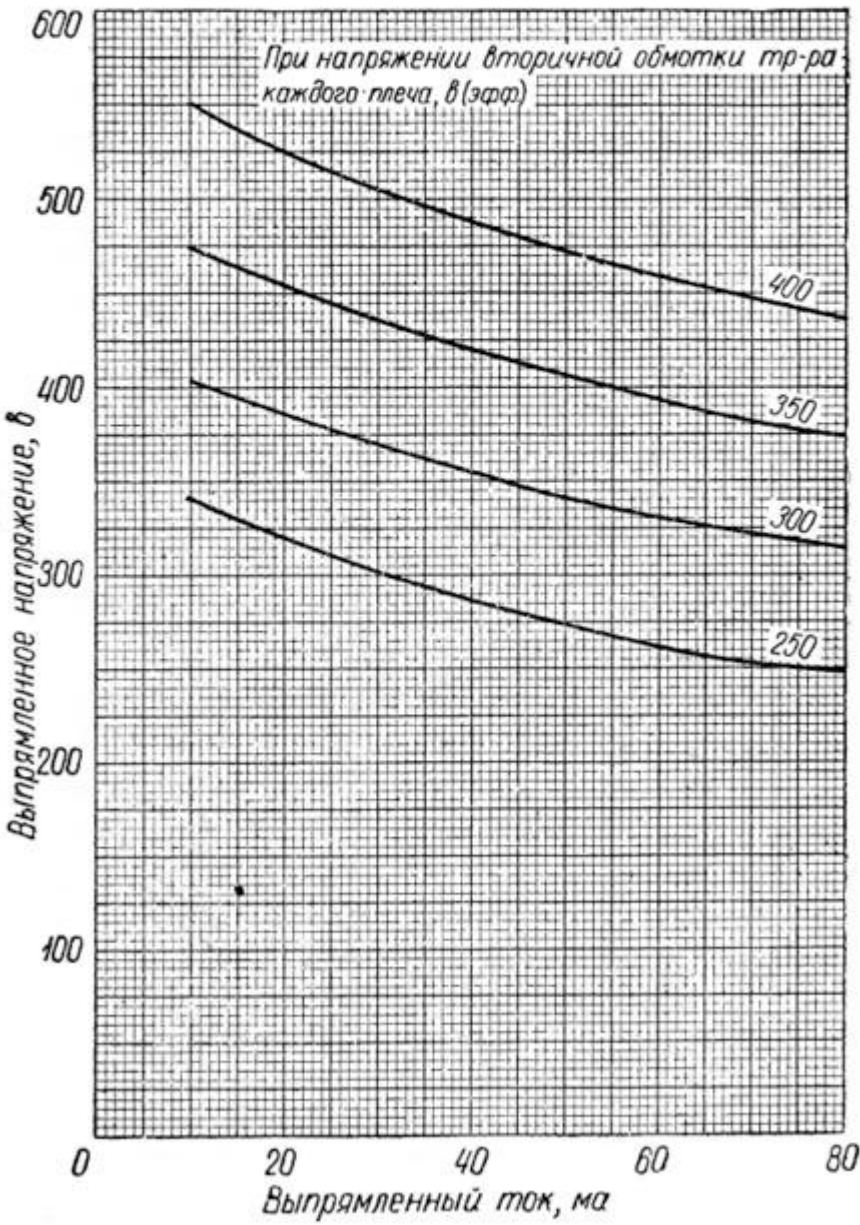
УСРЕДНЕННАЯ АНОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Напряжение накала 6,3 в



УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА

Напряжение накала 6,3 в
Емкость фильтра 8 мкф
Активное сопротивление в цепи каждого анода 200 ом

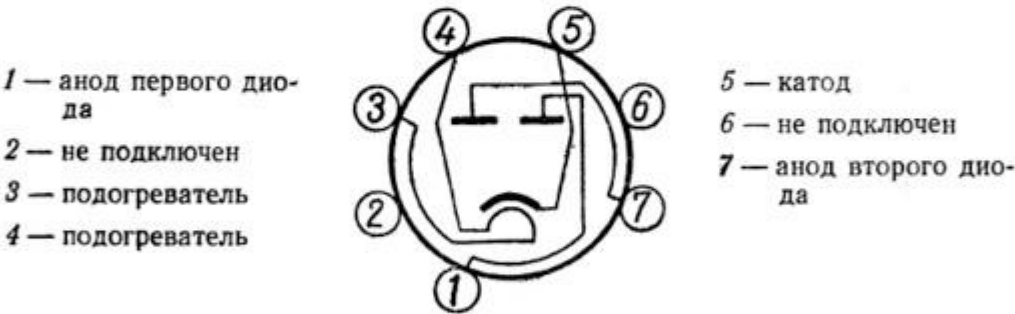


Основное назначение — выпрямление переменного напряжения.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.
Оформление — стеклянное миниатюрное.
Вес наибольший 15 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (~ или =) 6,3 в
Ток накала 600±60 ма
Выпрямленный ток ○ не меньше 72 ма
Долговечность (при годности 98%):
 при температуре окружающей среды 125° С не менее 500 ч
 при нормальной температуре не менее 500 ч
Критерий долговечности:
 сохранение вентильной прочности при выпрямленном токе не менее 68 ма ○

○ При напряжении вторичной обмотки трансформатора 350 в (эфф.), сопротивлении нагрузки 5,2 ком и емкости фильтра 8 пф.

6Ц4П-В

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН
ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (\sim или $=$):	
наибольшее	7 в
наименьшее	5,7 в
Наибольшее обратное напряжение анода . .	1000 в
Наибольший выпрямленный ток	75 ма
Наибольший ток анода в импульсе	300 ма
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем ($=$):	
при положительном потенциале подогревателя	200 в
при отрицательном потенциале подогревателя	400 в
Наименьшее защитное сопротивление	200 ом
Наибольшая температура баллона	190° С
Время готовности	30 сек

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 125° С
наименьшая	минус 60° С
Относительная влажность при температуре 40° С	95—98%
Давление окружающей среды:	
наибольшее	3 атм
наименьшее	5 мм рт. ст. Δ
Линейные нагрузки	100 g
Вибропрочность:	
диапазон частот	5—600 гц
ускорение	10 g
Виброустойчивость:	
диапазон частот	5—600 гц
ускорение	10 g
Ударные нагрузки:	
многократные	4000 ударов, ускорение 75 g
одиночные	ускорение 500 g

Δ При обратном напряжении или анода не более 450 в.

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН
ДОЛГОВЕЧНЫЙ

6Ц4П-Е

Основное назначение — выпрямление переменного тока.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.

Оформление — стеклянное миниатюрное.

Вес наибольший 15 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ СО ШТЫРЬКАМИ

1 — анод первого диода

2 — не подключен

3 — подогреватель

4 — подогреватель

5 — катод

6 — не подключен

7 — анод второго диода

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (\sim или $=$) 6,3 в

Ток накала 450 ± 45 ма

Напряжение анода при токе анода 150 ма
(для каждого диода) не более 50 в

Вентильная прочность при выпрямленном токе
не менее 72 ма *

Долговечность

при температуре окружающей среды 125°C

при годности 98% 500 ч

при нормальной температуре

при годности 98% 1000 ч

при годности 90% 5000 ч

6Ц4П-Е

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН
ДОЛГОВЕЧНЫЙ

Критерий долговечности:
сохранение вентильной прочности при выпрямленном токе не менее 68 ма *.

* При переменном напряжении вторичной обмотки трансформатора 2×350 в (эфф.), сопротивлении нагрузки 5,2 ком, емкости фильтра 8 мкф.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

	При долговечности	
	500 ч	5000 ч
Напряжение накала (~ или =) в:		
наибольшее	7	6,6
наименьшее	5,7	6
Наибольшая амплитуда обратного напряжения анода, в	1000	900
Наибольший выпрямленный ток, ма	75	75
Наибольшая амплитуда тока анода, ма	300	250
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем (=), в:		
при положительном потенциале подогревателя	200	90
при отрицательном потенциале подогревателя	400	400
Наименьшее защитное сопротивление в цепи анода, ом	300	300
Наибольшая температура баллона, °С	190	150
Время готовности	30 сек	

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 125° С
наименьшая	минус 60° С
Относительная влажность при температуре 40° С	95—98%
Давление окружающей среды:	
наибольшее	3 атм
наименьшее	5 мм рт. ст.
Линейные нагрузки	100 g
Вибропрочность:	
диапазон частот	5—600 гц
ускорение	10 g

Основное назначение — выпрямление переменного тока.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.
Оформление — стеклянное.
Вес наибольший 40 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (~ или =) 6,3 в
Ток накала 600±60 ма
Выпрямленный ток ○ не менее 70 ма
Сопротивление изоляции каждого анода . . не менее 10 Мом
Долговечность (при годности 90%) не менее 1000 ч
Критерий долговечности:
выпрямленный ток ○ не менее 60 ма

○ При напряжении анода 400 в (эфф.), сопротивлении в цепи катода 5,7 ком, емкости в цепи катода 8 мкф.

6Ц5С

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (~ или =):	
наибольшее	6,9 в
наименьшее	5,7 в
Наибольшее обратное напряжение анода . .	1100 в
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем (=)	400 в
Время разогрева катода	15 сек

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 70° С
наименьшая	минус 60° С
Относительная влажность при температу- ре 20° С	95—98%
Вибропрочность	5 g
Виброустойчивость	2,5 g

Гарантийный срок хранения в складских условиях	4 года
---	--------

По ГОСТ 8528—66

Наибольшее напряжение накала (~ или =)	7 в
Наибольший, выпрямленный ток	75 ма
Наибольшее напряжение между катодом и по- догревателем при отрицательном потенциале по- догревателя	450 в
Наименьшее фазовое сопротивление источника переменного напряжения	225 ом
Наибольшая температура баллона	120° С
Относительная влажность при температу- ре 40° С	95—98%
Вибропрочность	2,5 g

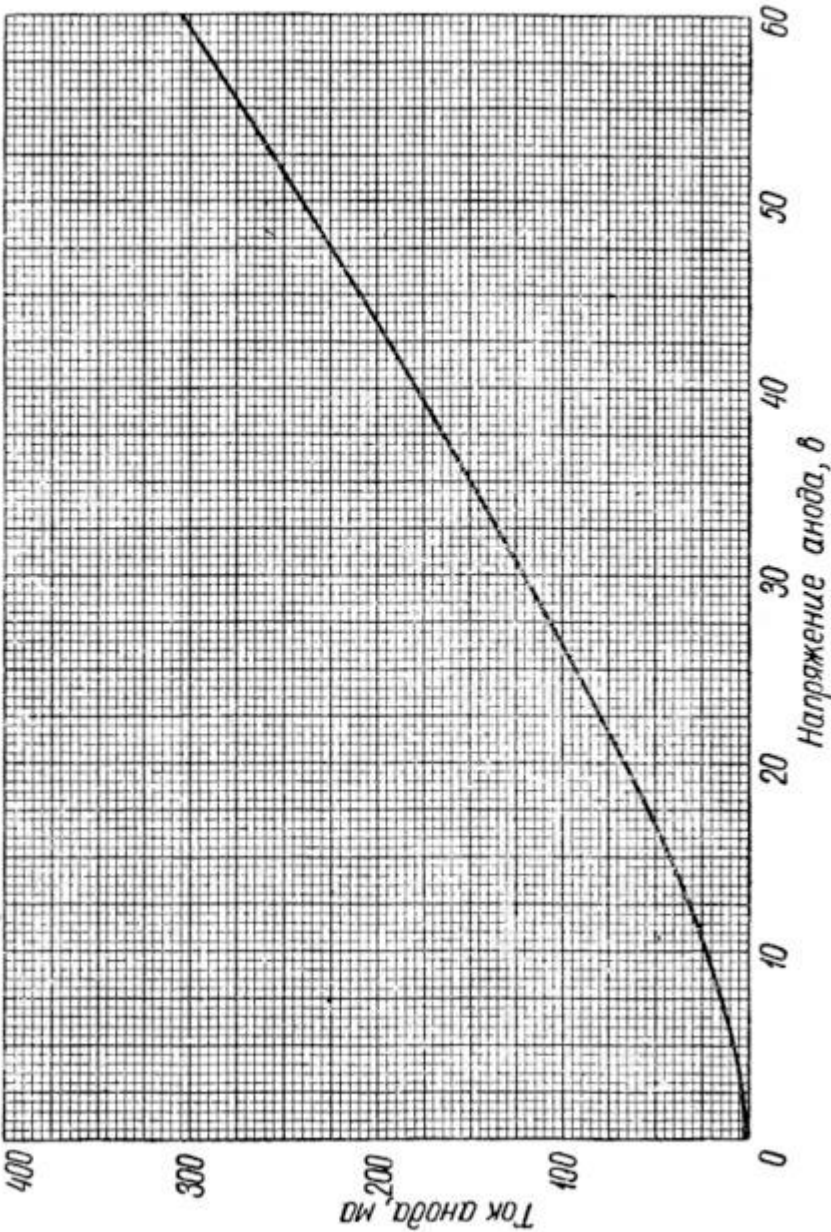
Примечание. Остальные данные такие же, как у 6Ц5С по СДЗ.348.009 ТУ.

6Ц5С

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

УСРЕДНЕННАЯ АНОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Напряжение накала 6,3 в

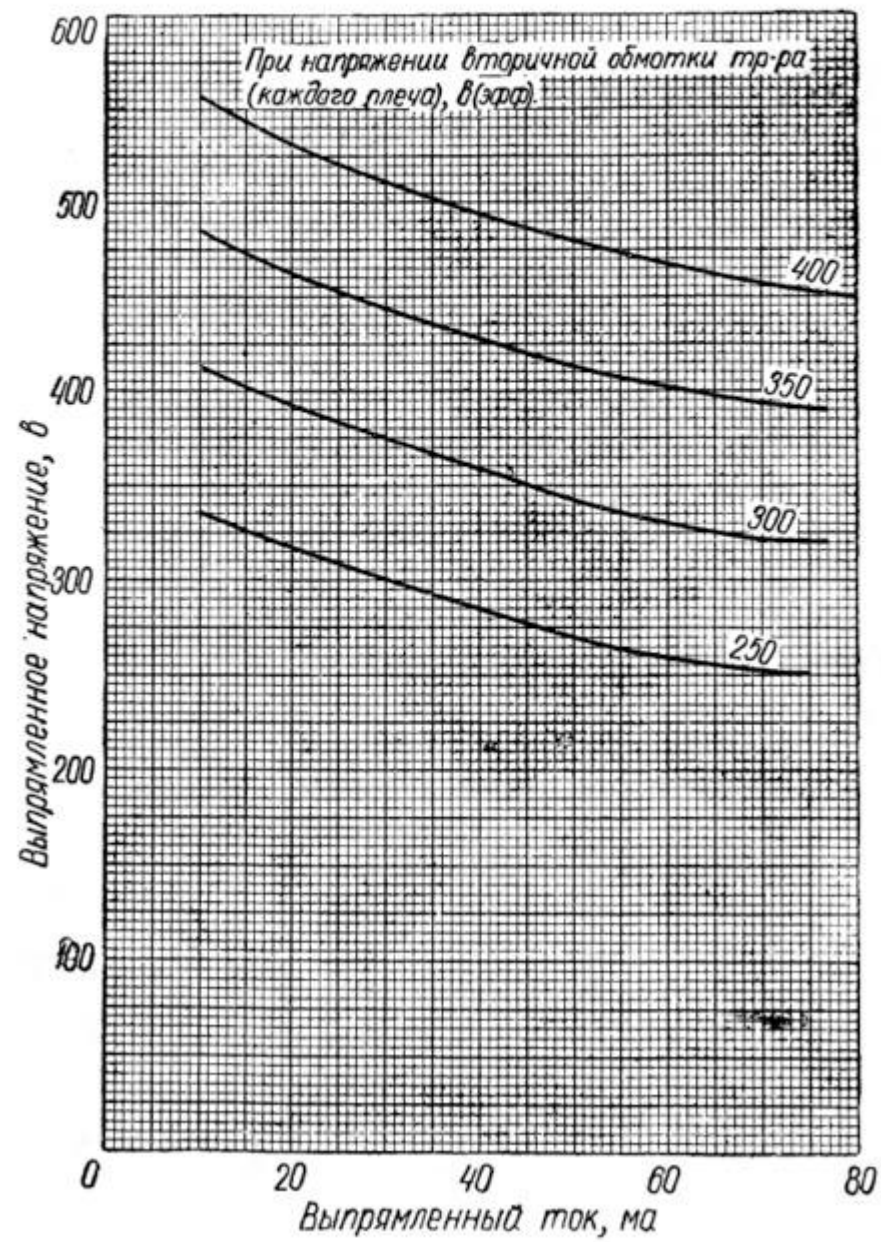


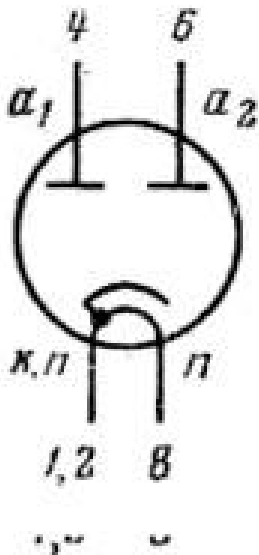
УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМЛЕННОГО
НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА

Напряжение накала 6,3 в

Емкость фильтра 8 мкф

Активное сопротивление в цепи каждого анода 300 ом





5Ц9С

Кенотрон двуханодный для выпрямления переменного напряжения.
Оформление — в стеклянной оболочке, бесцокольное (рис. 8С). Масса 95 г.

Основные параметры

при $U_{\text{н}}=5\text{ В}$

Ток накала	$(3\pm0,3)\text{ А}$
Ток анода (при $U_{\text{а}}=75\text{ В}$)	$\geq 180\text{ мА}$
Выпрямленный ток (при $U_{\text{а}}=500\text{ В}$, $R_{\text{п}}=22\text{ кОм}$, $C=4\text{ мкФ}$)	$\geq 190\text{ мА}$
Наработка	$\geq 1000\text{ ч}$
Критерий оценки:	
выпрямленный ток	$\geq 150\text{ мА}$

Предельные эксплуатационные данные

Напряжение накала	4,5—5,5 В
Обратное напряжение	1,7 кВ
Выпрямленный ток (среднее значение)	205 мА
Ток анода (амплитудное значение)	600 мА
Мощность, рассеиваемая анодом	12 Вт
Температура баллона лампы	200 °С
Интервал рабочих температур окружающей среды	От —60 до +70 °С

Источник питания винил-корректора

Источник предназначен для питания винил-корректора собранного на лампах 12Ж1Л (4Ж1Л). Описание и схема будут предоставлены в следующей главе (Рис.1). Поскольку лампы взаимозаменяемы, предусмотрен переключатель напряжения питания накала 4 или 12 Вольт. Потребление тока по цепи анода у данного винил-корректора не превышает 15 мА, по цепи накала 300 мА для 12 Вольт, и 880 мА для 4 Вольт. Накал кенотрона источника питания потребляет 450 мА для 6Ц4П-Е. и 600+-60 мА для 6Ц4П и 6Ц5С. Исходя из этих данных, выбираем готовый промышленный трансформатор. Вполне подходит достаточно широко распространенный на просторах нашей Великой Родины ТАН16–127/220–50. Главное, чтобы высоковольтная обмотка имела 270 – 280 вольт переменного напряжения. Можно, конечно, потрудится и намотать трансформатор самому, предварительно рассчитав его параметры. На страницах этой книги позволю себе этим не заниматься. Ниже приведены справочные данные на ТАН16–127/220–50.

Трансформатор ТАН-16-127/220-50.

Сердечник: ШЛ20х25

Мощность: 50 Вт

Ток первичной обмотки: 0,5/0,29 А

Масса: 1,45 кг

Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
7-8	80	0,09
9-10	80	0,09
11-12	56	0,15
13-14	56	0,15
15-16	24	0,15
17-18	24	0,15
19-20(21)	5(6,3)	1,05
22-23(24)	5(6,3)	1,05

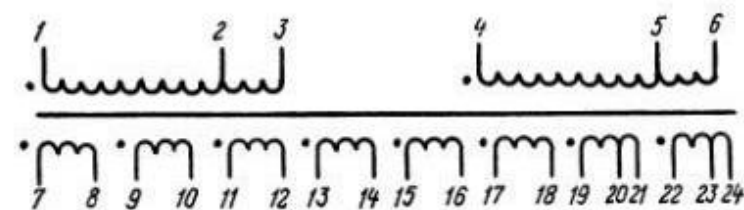
Таб.1. Электрические параметры трансформатора ТАН16

Трансформаторы ТАН16 на 220 В выпускаются начиная с 1979 г., они имеют одну первичную обмотку и такую же нумерацию выводов, как у трансформаторов на 127/220 В.

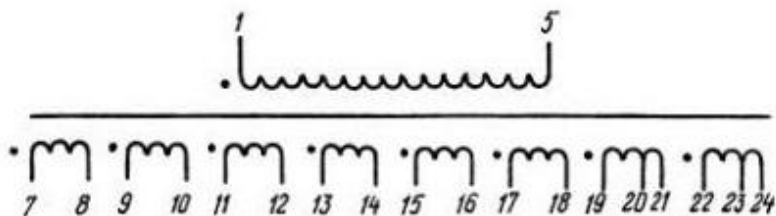
Напряжение на отводах первичных обмоток трансформаторов ТАН16 на 127/220 В:
между выводами 1 и 2, 4 и 5 – 110 В;
между выводами 2 и 3, 5 и 6 – 7 В.

При использовании трансформаторов ТАН16–127/220 на 127 В необходимо:
соединить выводы 1 и 4, 3 и 6, при этом первичные обмотки 1 – 3 и 4 – 6 соединяются параллельно;
подать напряжение 127 В на выводы 1 и 3 или 4 и 6.

При использовании трансформаторов ТАН16–127/220 на 220 В необходимо:
соединить выводы 2 и 4;
подать напряжение 220 В на выводы 1 и 5.



Электрическая принципиальная схема анодно-накального трансформатора ТАН16 на 50 Гц, 127/220 В



Электрическая принципиальная схема анодно-накального трансформатора ТАН16 на 50Гц, 220 В

В трансформаторах ТАН16 возможно последовательное и параллельное согласное соединение вторичных обмоток. Накальные обмотки можно соединять параллельно для увеличения тока накала.

Анодные обмотки можно соединять последовательно для получения необходимого выходного напряжения, а также параллельно для увеличения нагрузочной способности обмоток.

При последовательном соединении обмоток с разными допустимыми токами нагрузочный ток не должен

превышать минимального допустимого. Параллельное соединение может осуществляться тех анодных обмоток, напряжение на зажимах которых одинаковое.

В авторском варианте источник питания сделан отдельным блоком, конденсаторы использованы в анодных цепях бумажно- масляные типа МБГО, в цепях выпрямителя накала, естественно, электролитические. Их марка не имеет принципиального значения. Для уменьшения габаритов никто не воспрещает использовать электролитические конденсаторы в анодных цепях, но, как говорил один персонаж из кинофильма «Напарник», это – не наш метод. В смысле, что не для маститого аудиофила.

Ниже представлена таблица, в которой, по мере убывания их положительных характеристик с точки зрения звука, расположены типы конденсаторов. Таблица составлена на основании специально проведенных тестов.

Марка конденсатора	Тип диэлектрика	Особенности
КБГ-МН	Бумажно-масляный	Очень большие габариты
КБГ-МП	Бумажно-масляный	Очень большие габариты
МБГО	Бумажно-масляный	
К40-У9	Бумажно-масляный	Максимальный номинал емкости 1 мкф
МБГП	Бумажно-масляный	При равной емкости размер больше чем МБГО
МБГЧ	Бумага+ вазелин	При равной емкости размер больше чем МБГО

Вместе с этими конденсаторами тестировался конденсатор JENSEN с медными обкладками. Габариты большие, по звуку едва отличим от КБГ-МН. Разница заметна только если сравнивать их между собой быстрым переключением. Выигрыш при этом на стороне JENSEN. Только вот цена... При сравнительном прослушивании конденсаторов одной марки сделано следующее наблюдение: конденсаторы 40-50-ых годов звучат лучше, чем их собратья более позднего выпуска. Естественно, этот ряд субъективен. С данными одних источников он совпадает, с другими разнится в некоторых пунктах. В любом случае – выбор за Вами.

Провод, используемый в кабеле, соединяющем винил-корректор с источником питания, типа МГТФ. Для получения 270 Вольт переменного напряжения на силовом трансформаторе соединяются перемычками выводы 8 и 9, 10 и 11, 12 и 13. Напряжение 272 Вольт снимается с выводов 7 и 14. В качестве дросселей питания можно использовать первичные обмотки трансформаторов ТВ31–9, ТВ3-Ш и ТВК-90, ТВК-110 и т. п. Причем никакой переделки этих трансформаторов не требуется. Существуют промышленные унифицированные дроссели индуктивностью не менее 5 Генри. Например, Д7, Д40 и т. д. Главное, чтобы дроссели Др3 и Др4 (см. схему) были одинаковыми.

Переключение напряжения накала ламп корректора производится двухсекционным переключателем SA1.Одна секция переключает переменное напряжение 6.3–12.6 в, вторая изменяет сопротивление в цепи регулирования микросхемного стабилизатора. Благодаря такому решению облегчается тепловой режим стабилизатора. Микросхему стабилизатора необходимо установить на радиатор, либо использовать в качестве такового корпус блока питания, если он металлический.

Принципиальная схема источника питания винил-корректора на лампах 4Ж1Л (12Ж1Л)

Некоторые рекомендации по монтажу корректора. Общие провода, экраны ламп соединяются в одной точке вблизи входных гнезд. Если корпус корректора сделан из изоляционного материала, то никаких особенностей нет, если же корпус металлический, то входные гнезда должны быть изолированы от корпуса. Точка соединения металлического корпуса корректора с общей шиной питания подбирают экспериментально. В случае применения ламповых панелей в виде стакана она образуется автоматическим контактом стакана с шасси.

При триодном включении 4Ж1Л (12Ж1Л) Соединить между собой анод, сетки вторую, третью и внутренний экран!!!

При пентодном включении – активное сопротивление в цепи первой сетки не должно превышать 100 кОм во избежание появления токов утечки.

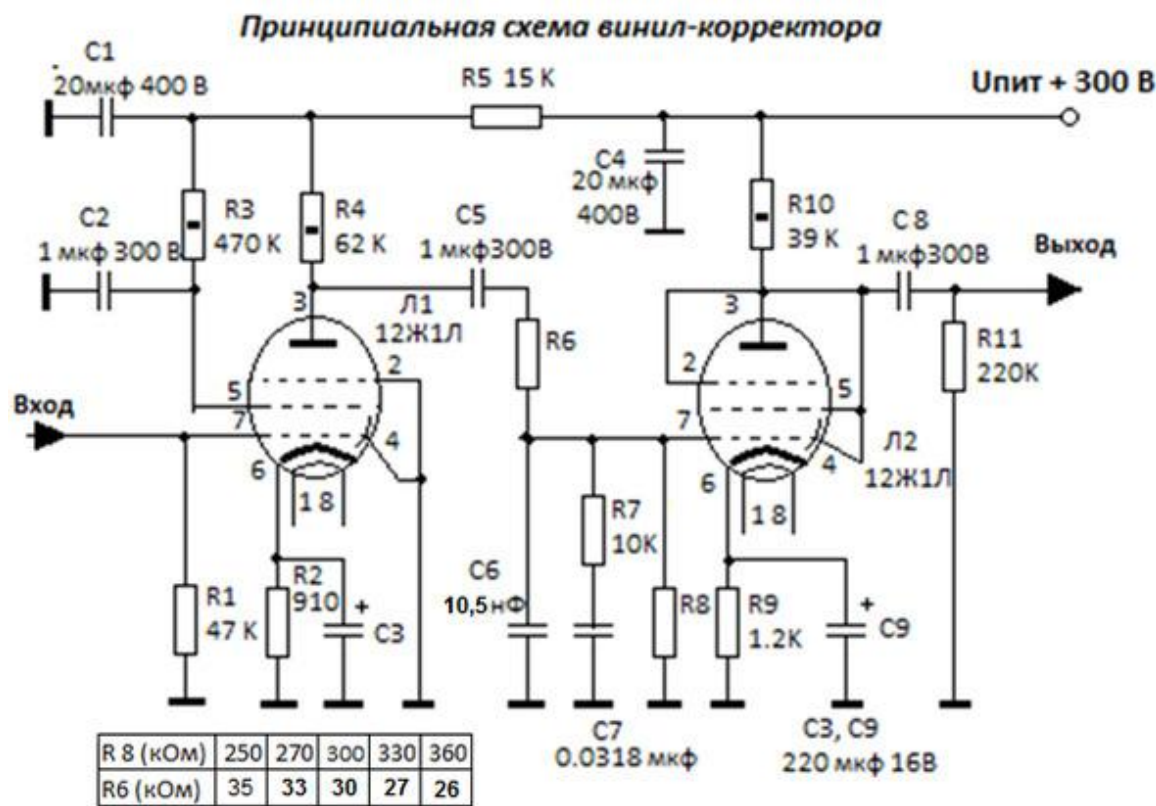


Рис.2. Принципиальная схема винил-корректора. От номиналов резисторов R6 и R8 зависит АЧХ устройства. В таблице приведены возможные сочетания их сопротивлений.



Рис.3 Лампа 12Ж1 и панельки к ней.

Краткое отступление по поводу воспроизведения грамзаписей

В настоящее время считается, что основную массу грамзаписей (после 1967) года составляют носители, записанные в стандарте RIAA. Однако, многие фирмы продолжали записывать пластинки в форматах отличных от указанного. Так Deutsche Grammophon Gesellschaft (DGG) и после 1967 года делала записи в стандарте TELDEC. Записи, сделанные в Великобритании, имеют формат TELDEC (основная масса записей БИТЛЗ), LONDON LP M33 или BBC. А в 60-ые годы 20 века, когда во множестве имелись пластинки для проигрывателей со скоростью вращения 78 оборотов, количество разнообразных форматов доходило до двух десятков. С 1955 года в нашей стране, Великобритании и США для 78-оборотных пластинок действовал в основном стандарт IEC N78 (ГОСТ 5289–50). Поэтому, для любителей старинных записей имеет смысл собрать винил-корректор, как минимум, с двумя типами коррекции: RIAA и IEC N78. Чтобы при многословии не впасть в ошибки, ниже приводится таблица наиболее распространенных стандартов.

Стандарты грамзаписи

- 1 Европейский стандарт: "250"**
HMV N78 (His Masters Voice) и
Columbia N78 для записей по заказу E.M.I.
England. CETRA N78, Italy.
Этот стандарт принят для записи в фирмах Parlophon, Brunswick, ...
Постоянная времени: 636 μs (250 Hz).
- 2 Европейский стандарт: "500"**
Европейский стандарт, действовавший до 1950, а также в США в компаниях
RCA Victor, Columbia.
Постоянная времени: 318 μs (500 Hz).
- 3 Columbia N78**
Постоянные времени: 530 μs (300 Hz) и 100 μs (1,590 Hz).

4 Columbia LP M33

HMV M33, Произведенный в Великобритании.

Vanguard, Bach Guild, Cetra M33, Vox.

Постоянные времени: **1,590 μ s (100 Hz), 318 μ s (500 Hz), и 100 μ s (1,590 Hz).**

5 NAB National Association of Broadcasters.

Постоянные времени: **318 μ s (500 Hz) и 100 μ s (1,590 Hz).**

6 NARTB National Association of Radio and TV Broadcasters, взамен стандарта NAB. Применялся Artist, Capitol, MGM, Westminster

(смотри надпись на ярлыке пластинки) и, вероятно, **Tempo M33**

Постоянные времени: **2,720 μ s (60 Hz), 318 μ s (500 Hz), and 100 μ s (1,590 Hz).**

7 AES Audio Engineering Society, созданный в 1951 стандарт для возможного общего употребления в США.

Постоянные времени: **398 μ s (400 Hz) и 64 μ s (2,500 Hz).**

8 London London Gramophone Corporation:

London M33 & M45, Decca (возможно применялся).

Постоянные времени: **1,590 μ s (100 Hz), 318 μ s (500 Hz), и 57 μ s (2,800 Hz).**

9 CCIR рекомендация No. 134 для 7-го пленарного заседания 1953года.

ФРГ 1952-1955: DGG 33 1/3 LP.

Постоянные времени: **450 μ s (350 Hz), и 50 μ s (3,180 Hz).**

10 IEC N78

рекомендованный в 1955 для проигрывания дисков на 78 оборотов,

рекомендация **B.S. No. 128 (Английский стандарт).**

Постоянные времени: **3180 μ s (50 Hz), 450 μ s (350 Hz), и 50 μ s (3,180 Hz).**

11 RCA Victor и IEC No.98

принятый **"New Orthophonic" стандарт 1952.**

Рекомендован в 1953 для **NARTB**, с 1955 для **IEC No.98, и B.S. No. 128.**

Является мировым стандартом с 1967. Более известен как **RIAA.**

Постоянные времени: **3180 μ s (50 Hz), 318 μ s (500 Hz), и 75 μ s (2,120 Hz).**

12 TELDEC

Объединенный стандарт фирм грамзаписи **Telefunken и Decca** применялся в Германии(ФРГ) как **DIN-Standard от июля 1957: DIN45533, DIN45536, DIN45537.**

Постоянные времени: **3180 μ s (50 Hz), 318 μ s (500 Hz), и 50 μ s (3,180 Hz).**

Таблица АЧХ форматов грамзаписи												
f Гц	1 250 dB	2 500 dB	3 Col.M78 dB	4 Col.M33 dB	5 NAB dB	6 NARTB dB	7 AES dB	8 London dB	9 CCIR dB	10 IEC N78 dB	11 RCA dB	12 TELDEC dB
30	+18.2	+23.5	+21.1	+14.1	+25.0	+18.0	+22.5	+13.2	+21.3	+15.5	+18.6	+18.1
40	+15.7	+21.0	+18.7	+13.9	+22.5	+17.3	+20.0	+13.0	+18.8	+14.7	+17.8	+17.3
60	+12.3	+17.5	+15.2	+13.2	+19.0	+16.0	+16.6	+12.3	+15.3	+13.1	+16.1	+15.6
120	+7.0	+11.6	+9.7	+10.8	+13.1	+12.2	+10.9	+10.0	+9.7	+9.0	+11.8	+11.3
250	+2.7	+6.0	+4.9	+6.7	+7.4	+7.1	+5.5	+5.9	+4.6	+4.5	+6.7	+6.2
500	+0.7	+2.0	+2.0	+2.9	+3.1	+3.0	+2.0	+2.3	+1.5	+1.5	+2.6	+2.3
1 кГц	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 кГц	-0.2	-0.7	-2.9	-3.4	-3.4	-3.4	-2.0	-1.9	-1.4	-1.4	-2.6	-1.8
4 кГц	-0.3	-0.9	-7.5	-8.1	-8.1	-8.1	-5.5	-5.1	-4.2	-4.2	-6.6	-4.7
6 кГц	-0.3	-1.0	-10.7	-11.3	-11.3	-11.3	-8.3	-7.9	-6.7	-6.7	-9.6	-7.2
8 кГц	-0.3	-1.0	-13.1	-13.7	-13.7	-13.7	-10.5	-10.0	-8.8	-8.8	-11.9	-9.3
10 кГц	-0.3	-1.0	-15.0	-15.6	-15.6	-15.6	-12.3	-11.8	-10.5	-10.5	-13.8	-11.0
12 кГц	-0.3	-1.0	-16.5	-17.1	-17.1	-17.1	-13.8	-13.3	-11.9	-11.9	-15.3	-12.4
15 кГц	-0.3	-1.0	-18.4	-19.0	-19.0	-19.0	-15.7	-15.1	-13.8	-13.8	-17.2	-14.3

Если не предполагается прослушивание пластинок 30-40-ых годов, то для мультисистемного винил-корректора следует выбрать следующие шесть стандартов: **IEC N78, Columbia LP M33, London M33&M45, NARTB до 1953, TELDEC, RIAA.**

То есть потребуется Переключатель на 6 положений и 3 направления. Для того, чтобы во время переключения типов коррекции не было громких щелчков, переключатель должен быть с перекрытием соседних контактов во время переключения (такие применялись в магазинах сопротивлений и разнообразной измерительной технике). Но чаще встречаются такие переключатели на пять положений. Поэтому, в случае применения переключателя на 5 положений, каким- то из стандартов придется пожертвовать. Лично я склоняюсь пожертвовать **Columbia LP M33**, но сохранить **IEC N78**, так как долгоиграющие пластинки на 78 оборотов достаточно широко распространены, и очень много в нашей стране пластинок шестидесятых и начала семидесятых годов прошлого века диаметром 17 см, с записями, перенесенными с 78-оборотных пластинок. А они как раз и были записаны в этом стандарте. В этом случае понадобится переключатель на три направления.

Вообще, **Columbia LP M33** и **NARTB** стандарты американские. И весьма похожи. Существенно отличаются они друг от друга только в низкочастотной области (на частотах ниже 200 Гц). Поэтому, прежде чем решить, какой стандарт не включать, надо провести статистический анализ на предмет, какого стандарта записи пластинки у вас встречаются чаще. И, исходя из полученного результата, определить стандарт, подлежащий забвению. В случае, если будет отвергнут **NARTB**, достаточно иметь переключатель на два направления, упрощается схема коммутации.

Принципиальная схема винил-корректора на 6 типов коррекции приведена на *рис. 4*.

Принципиальная схема двух вариантов винил-корректора на 5 типов коррекции приведена на *рис.5* и *6*.

Безусловно, никто не мешает собрать корректор на 2, 3 или 4 стандарта грамзаписи. Каждый да определит сам, чего он желает и воплотит свои идеи в жизнь.

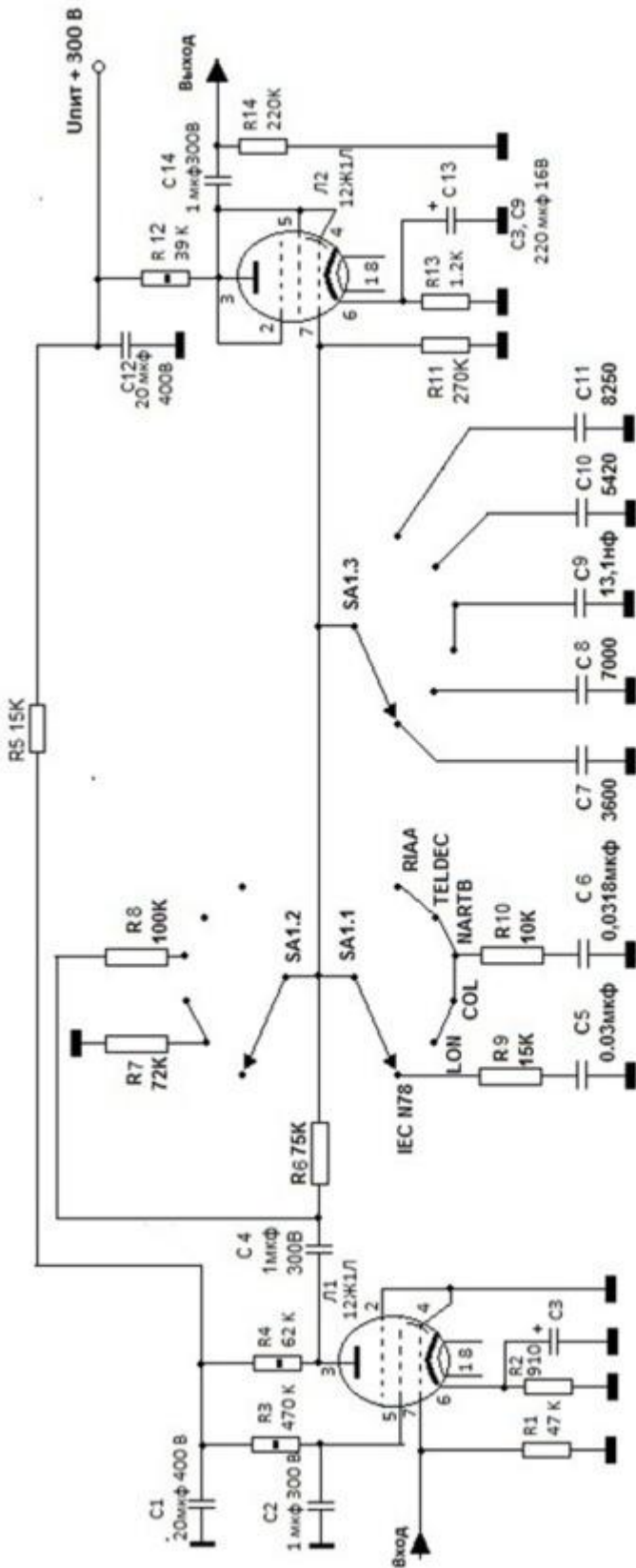


Рис. 4 Принципиальная схема винил-корректора на шесть типов коррекции

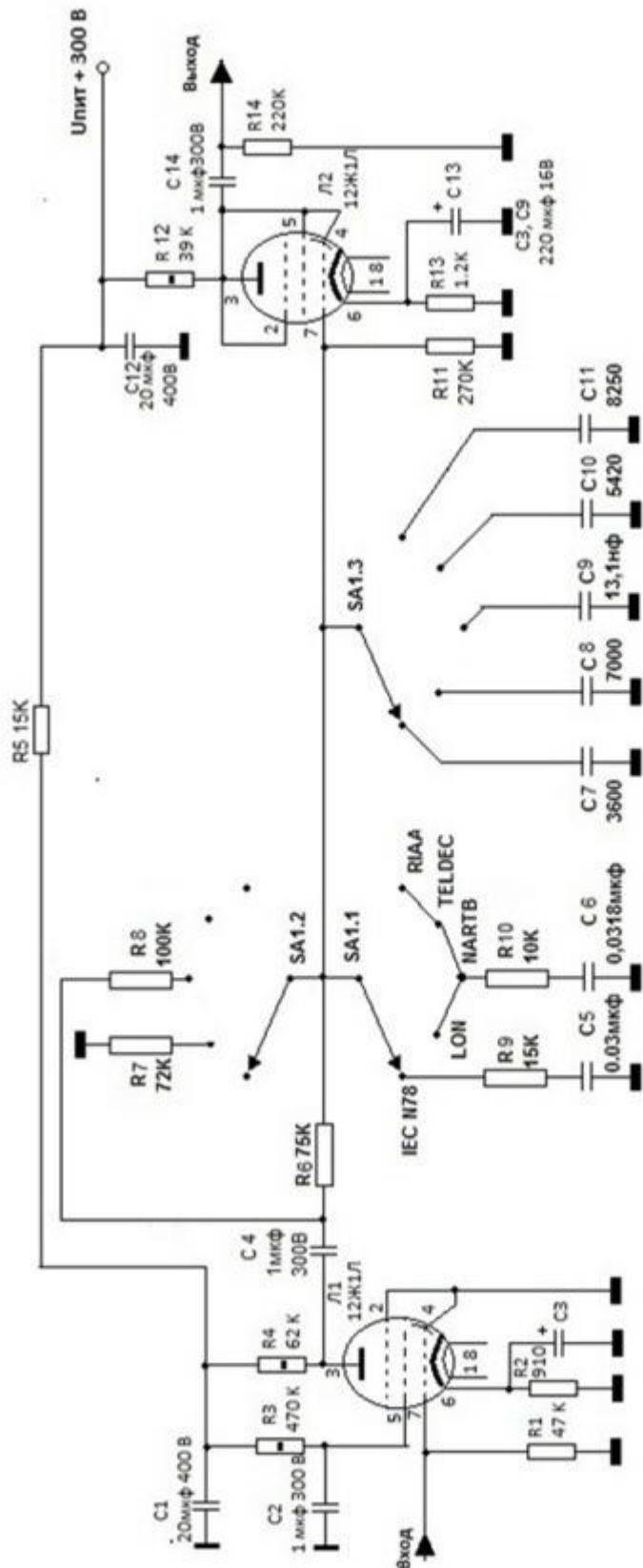


Рис. 5 Принципиальная схема винил-корректора на пять типов коррекции
(Отсутствует стандарт COL M33)

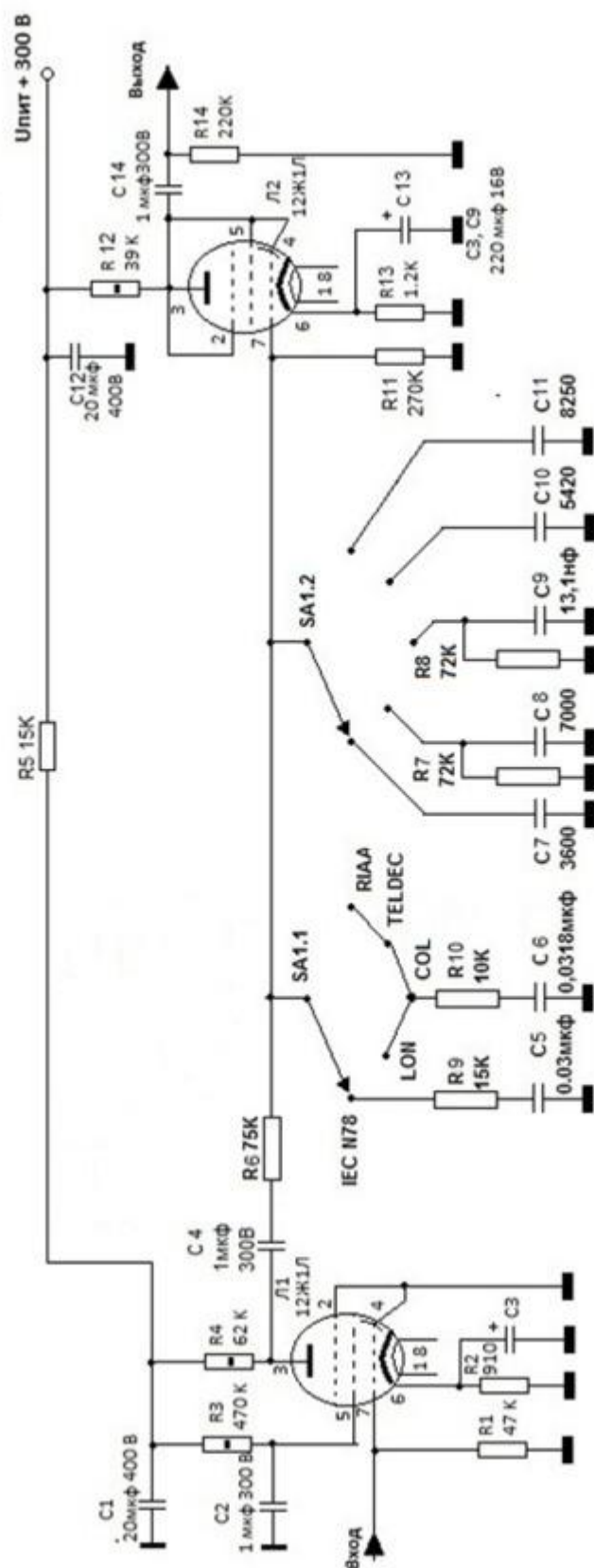


Рис. 6 Принципиальная схема винил-корректора на пять типов коррекции (Отсутствует стандарт NARTB)

Методика расчета цепей коррекции для винил-корректоров без обратных связей

Отдельной строкой стоит пропеть дифирамбы двум одесским парням, написавшим великолепную работу по расчету усилителей-корректоров для воспроизведения грамзаписи. Называется эта чудная работа:

Евгений Бабиченко, Игорь Гапонов. Усилители RIAA- коррекции на вакуумных триодах для «скоростных» (электродинамических) звукоснимателей. Некоторые принципы построения схем без обратных связей. Расчёт и настройка корректирующих цепей.

На просторах Интернета она имеется. В этой статье на высоком уровне проработаны математическая модель расчета и практические советы по созданию винил-корректоров. Язык изложения может кому-то показаться странным, но, в конце концов, это не диссертация и не учебник для ВУЗов и техникумов. Лично меня порадовало в этой работе и то, что среди первоисточников авторы указали труд начальника кафедры ТЭРЦ Воронежского Высшего Военного Инженерного Училища Радиоэлектроники полковника Змия Бориса Федоровича. «А причем тут Воркута? А я сидел там». Точнее, я там учился, в смысле в ВВВИУРЭ. Но моя задача, как оговаривалось ранее, состоит в том, чтобы предоставить методики расчетов и построения усилителей, доступные даже призывнику из Узбекистана. Обвинять меня в расизме не надо, лучшие армейские повара, как правило, были узбеками. Ну, когда еще был СССР. Посему ниже будет представлена методика упрощенного расчета для нескольких типовых видов цепей коррекции без обратных связей. Поскольку методика упрощенная, объяснений, что откуда берется, в ней не будет. Чисто практическая методика, рассчитанная на человека, владеющего арифметикой и знакомого с законами Ома (в пределах школьной программы), дающая удовлетворительный результат на практике. Будут рассмотрены:

- 1. Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в классической схеме усилителя-корректора
- 2. Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в схеме усилителя-корректора с непосредственными связями
- 3. Расчет усилителя-корректора с формированием постоянной времени t1 на собственной индуктивности головки звукоснимателя.
- 4. Расчет усилителя-корректора с коррекцией, распределенной по каскадам

1.Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в классической схеме усилителя-корректора

Это наиболее часто применяемая цепь коррекции, позволяющая формировать три постоянные времени коррекции. См. рис.7.

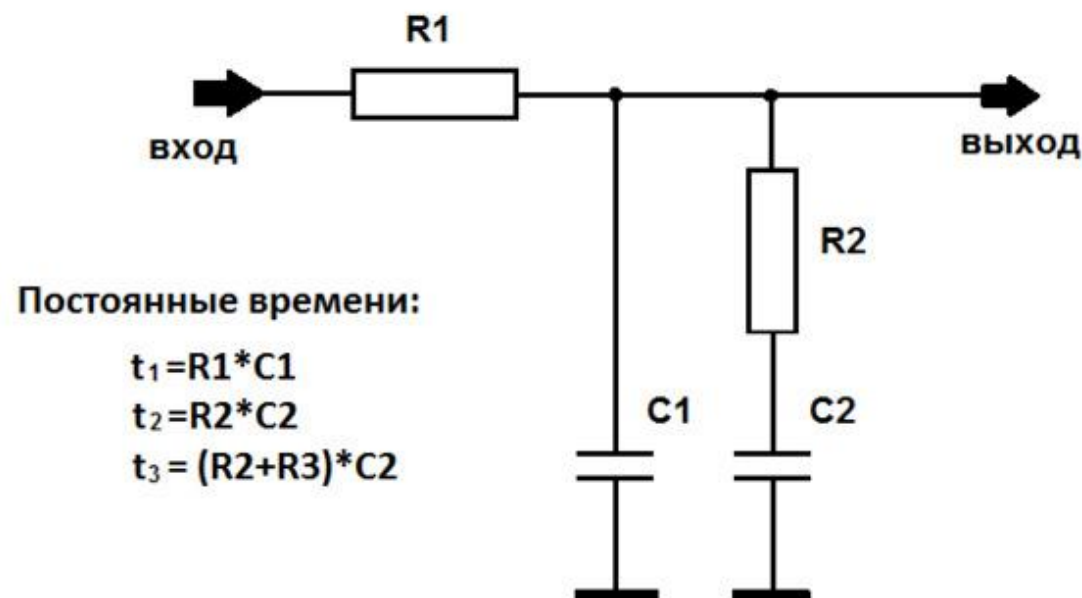


Рис.7. Принципиальная схема идеальной цепи коррекции.

Посмотрев на схему, можно увидеть, что постоянная времени τ_1 формируется цепочкой $R1C1$, а цепочка $R1R2C2$ формирует две постоянных времени: τ_2 и τ_3 . В качестве примера расчета возьмем стандарт IEC N78 в котором:

$$\tau_1 = 50 \text{ мкс}$$

$$\tau_2 = 450 \text{ мкс}$$

$$\tau_3 = 3180 \text{ мкс}$$

И, вот, мы стоим перед уравнением с четырьмя неизвестными $R1$, $R2$, $C1$, $C2$. Извечный вопрос русской интеллигенции: «Что делать»? Извечный ответ ей русского народа: «Э-э, интеллигенция... Одно слово, узок их круг и страшно далеки они от народа. Принимаем волевое решение!» Правда, про круг сказал не народ. В общем, волюнтаристски назначаем (исходя из имеющихся в запасе номиналов) емкость конденсатора $C2$, так как расчет будет вестись от наибольшей потоянной времени $t3=3180$ мкс, а она связана с $C2$.

– Вычисляем сопротивление $R2$:

$$R2 = \tau_2 / C2$$

$$2. \text{Вычисляем } R1: R1 = R2 (\tau_3 - \tau_2) (\tau_2 - \tau_1) / \tau_2^2$$

3.Вычисляем $C1$: Если бы цепь $R1C1$ была отдельной, то $C1 = t1/R1$. Но в реальности она включена в более сложную систему. Поэтому формула расчета $C1$ усложняется и принимает вид:

$$C1 = \tau_1 \tau_3 C2 / ((\tau_3 - \tau_2) (\tau_2 - \tau_1))$$

Подставляем в формулы реальные значения элементов:

– Принимаем равным **0.03 мкф** (постоянные времени берем в мкс, емкости в мкф), тогда:

$$R2 = 450 / 0,03 = 15000 \text{ Ом} = 15 \text{ кОм},$$

$$R1 = (3180 - 450) (450 - 50) * 15 / 450^2 = 80,88 \text{ кОм},$$

$$C1 = 0,00005 * 0,00318 * 0,03 / (0,00273 * 0,0004) = 4368 \text{ пф}.$$

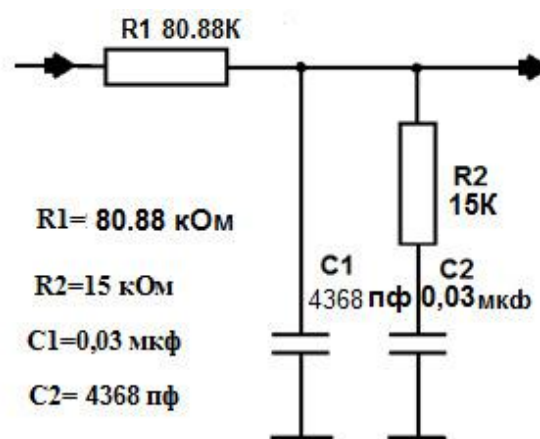


Рис.8 Принципиальная схема идеальной цепи коррекции стандарта IEC N78.

Все было бы хорошо с приведенным выше расчетом, если бы не: цепь коррекции, приведенная выше, представляет собой идеальный случай, когда цепь эта живет сама по себе, не включенная ни в какие другие каскады и цепи. В реальной жизни ее ставят между первым и вторым каскадами усилителя-корректора. См. рис.9.

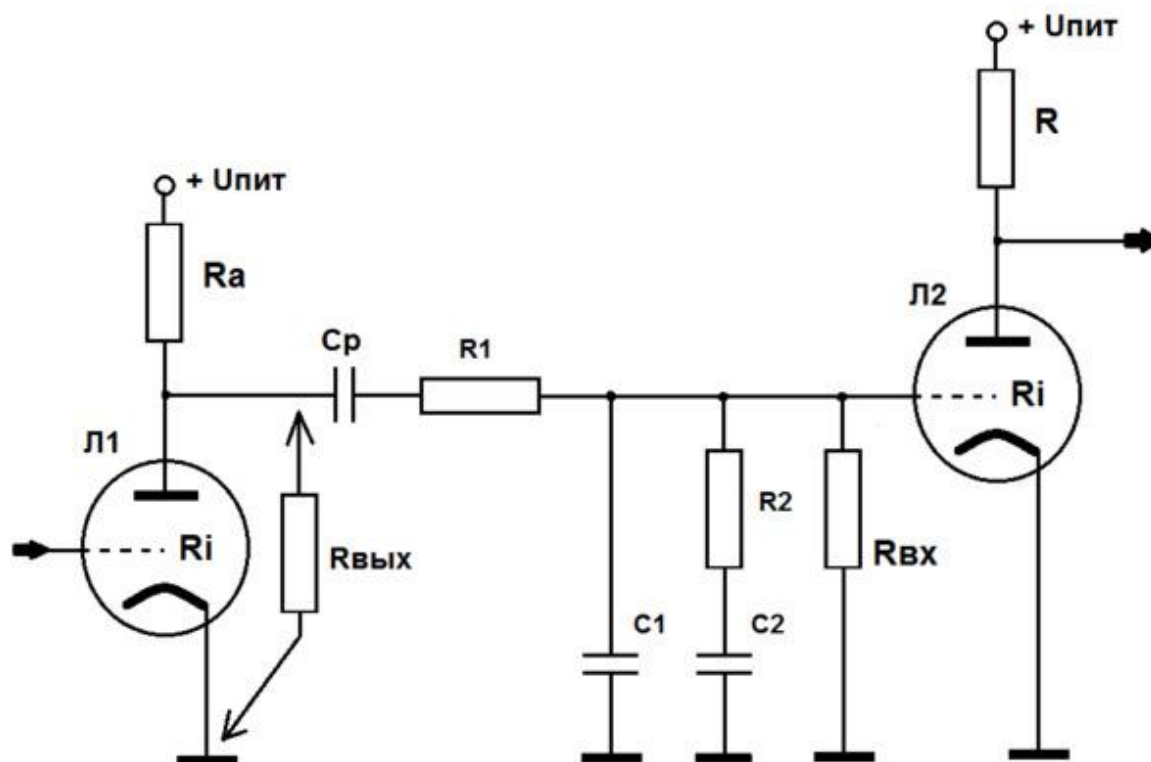


Рис.9. Включение узла коррекции в реальную схему.

Первый каскад усиления на лампе Л1 имеет свое выходное сопротивление $R_{\text{вых}}$, последующий каскад на лампе Л2 имеет входное сопротивление $R_{\text{вх}}$ (это сопротивление в цепи первой сетки Л2), которые становятся неотъемлемой частью узла коррекции и искажают всю, ранее рассчитанную, картину. В принципиальной схеме, учитывающей новые условия, сопротивление, обозначенное на рис.9 как R_1 , обозначим $R_{\text{реал}}$. Сделаем это, чтобы не путаться и помнить, что в макете будет впаян резистор с сопротивлением $R_{\text{реал}}$. См. рис 10.

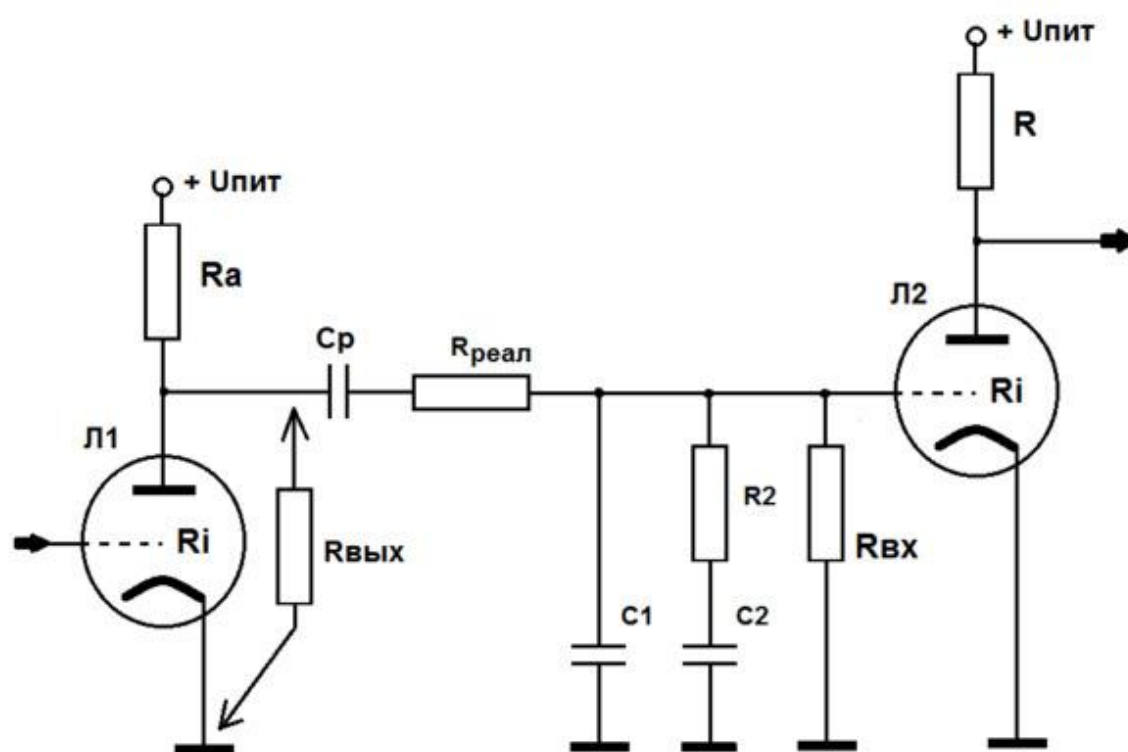


Рис.10

Чтобы рассчитать сопротивление $R_{\text{реал}}$, которое необходимо установить в реальный макет усилителя, нужно составить эквивалентную схему цепи коррекции. Разделительный конденсатор C_p имеет сравнительно большую емкость (порядка 1 мкф), т.е. малое сопротивление по переменному току, поэтому при составлении эквивалентной схемы мы его игнорируем, считая, что он замкнут накоротко. См. рис. 11.

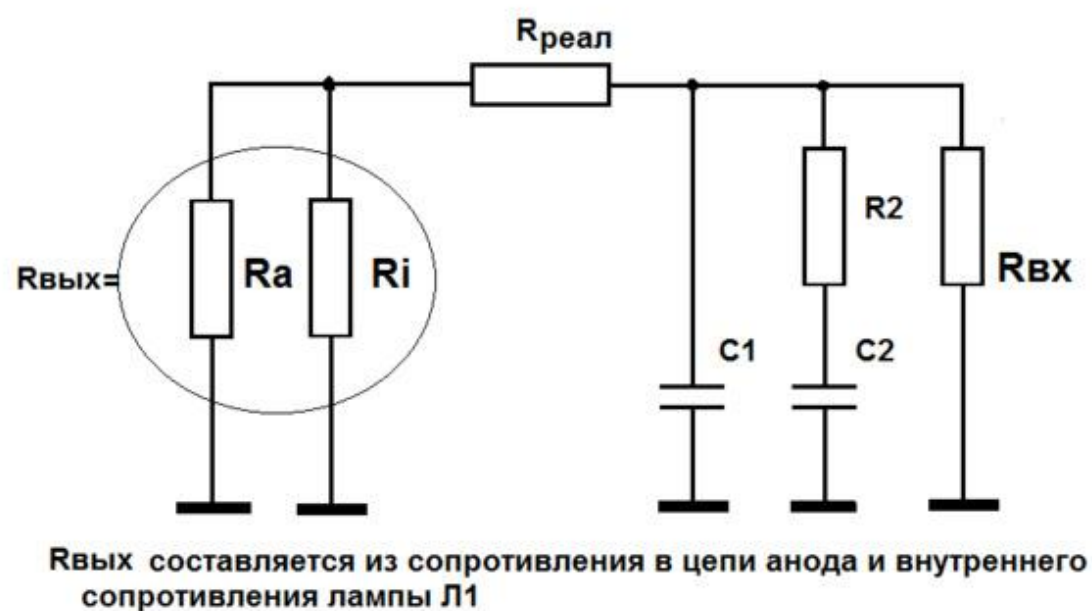


Рис.11

Далее полагаем, что цепочки C1, C2R2 сохраняют свои значения и их пересчитывать не надо (по постоянному току цепь разорвана). Значение $R_{вх}$ мы задаем сами, исходя из имеющихся в запасе номиналов сопротивлений. В нашем случае выбираем $R_{вх}=270\text{кОм}$.

Выходное $R_{вых}$ сопротивление первого каскада равно (внутреннее сопротивление лампы R_i соединяется параллельно с сопротивлением в цепи анода R_a через источник питания)

$$R_{вых} = R_i R_a / (R_i + R_a)$$

Сопротивление R_a в цепи анода Л1 выбирается по нагрузочной прямой построенной на ВАХ лампы и в нашем случае для лампы 12Ж1Л равно **62 кОм**. Значение R_i берется из справочника и составляет **800 кОм**. Итак, подставляя эти значения в формулу получаем:

$$R_{вых} = 62 \cdot 800 / (800 + 62) = 57.5 \text{ кОм}.$$

Для сохранения расчетных характеристик цепи коррекции необходимо, чтобы сопротивление цепочки $R_{вх}R_{вых}R_{реал}$ равнялось $R1$

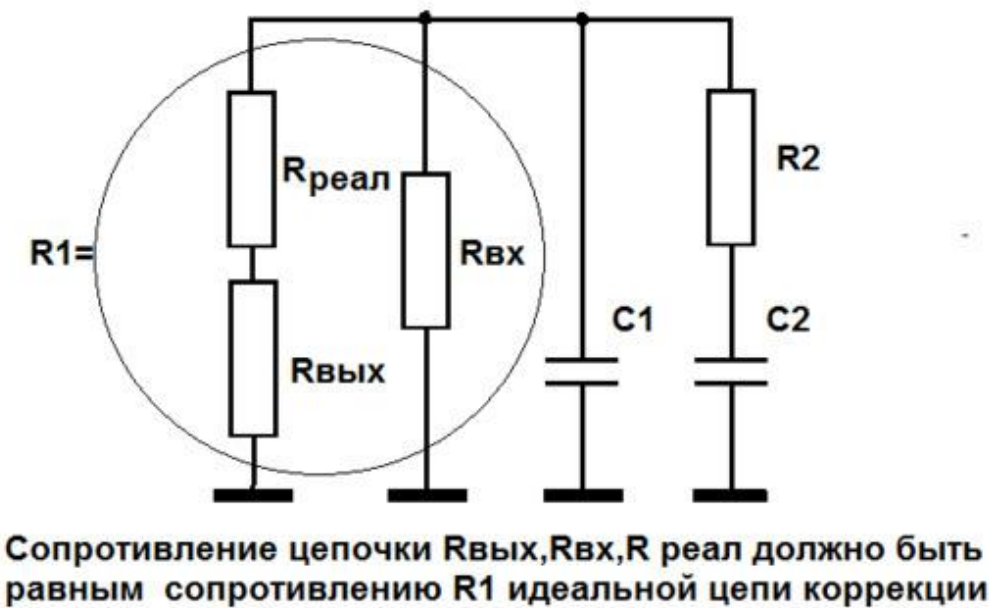


Рис 12.

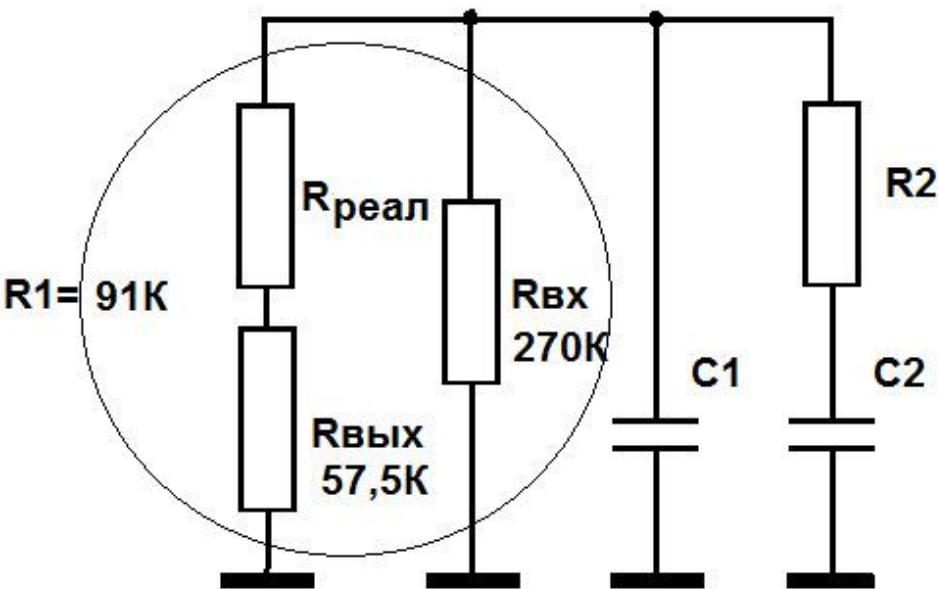


Рис.13

По эквивалентной схеме, составляем уравнение:

$$R1 = (R_{реал} + R_{вых}) R_{вх} / (R_{реал} + R_{вых} + R_{вх})$$

В рассматриваемом случае вычисленное ранее значение R1 составляет 80,88 кОм. В итоге, подставив известные значения сопротивлений в формулу, получаем уравнение: $80,88 = (R_{реал} + 57,5) \cdot 270 / (R_{реал} + 57,5 + 270)$ (Все сопротивления даны в килоомах). Решив его, получаем значение $R_{реал}=57.97 \text{ кОм}$. В итоге принципиальная схема цепи корректора на лампе 12Ж1Л для стандарта IEC78 приобретает вид, показанный на рис.14:

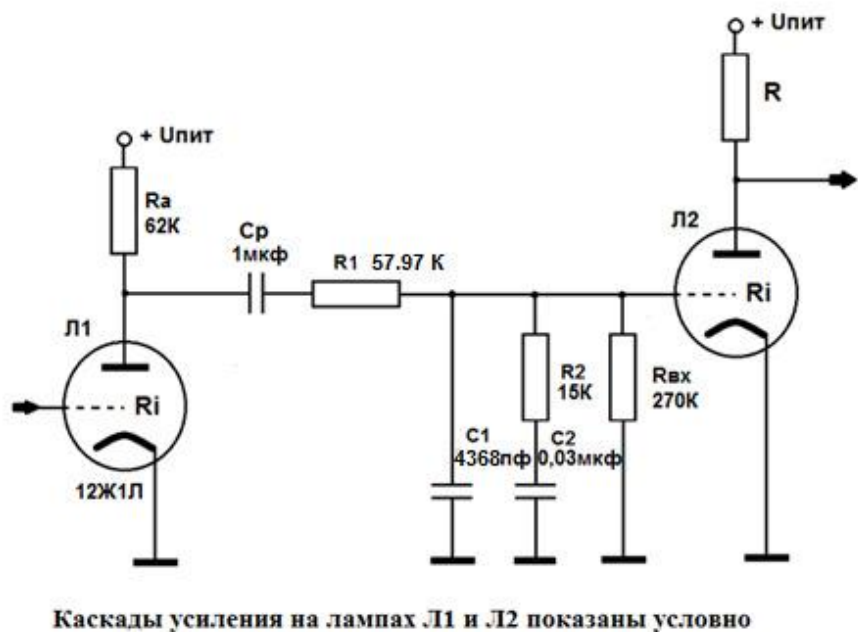


Рис.14

При сборке макета можно попытаться точно подобрать вычисленные значения элементов цепи, но на практике это лишь усложнит работу. Мало того, в реальном макете присутствуют такие неприятные вещи как паразитные емкости, индуктивности и сопротивления монтажа. Они, безусловно, малы, но в некоторых случаях ощутимы. Так, например, паразитная емкость монтажа находится в диапазоне 50–200 пф. Что уже ощутимо для постоянной времени $\tau_l = 50$ мкс. Значит, при подборе емкости C1 можно выбрать конденсатор с меньшей, чем расчетная, емкостью. Примерно 4368–68=4300 пф. Т.е. стандартный номинал. Сопротивление R1 близко к 58 кОм, но выбор в сторону увеличения от вычисленного номинала, как показывает практика, вреднее, чем в сторону уменьшения. Ближайший стандартный номинал – 56 кОм. При выборе такого номинала расхождение с расчетными характеристиками составит:

$$R1 = (R_{реал} + R_{вых}) R_{вх} / (R_{реал} + R_{вых} + R_{вх}) = (57,5 + 56) * 270 / (57,5 + 56 + 270) = 79.9 \text{ кОм}$$

Что составляет 98,7% от 80.88 кОм расчетных. Учитывая, что внутреннее сопротивление ламп величина справочная и не является точной, то допуск 1.3% на практике вполне приемлем. Принципиальная схема тогда принимает привычный для радиолюбителя-пионера вид (рис.15)

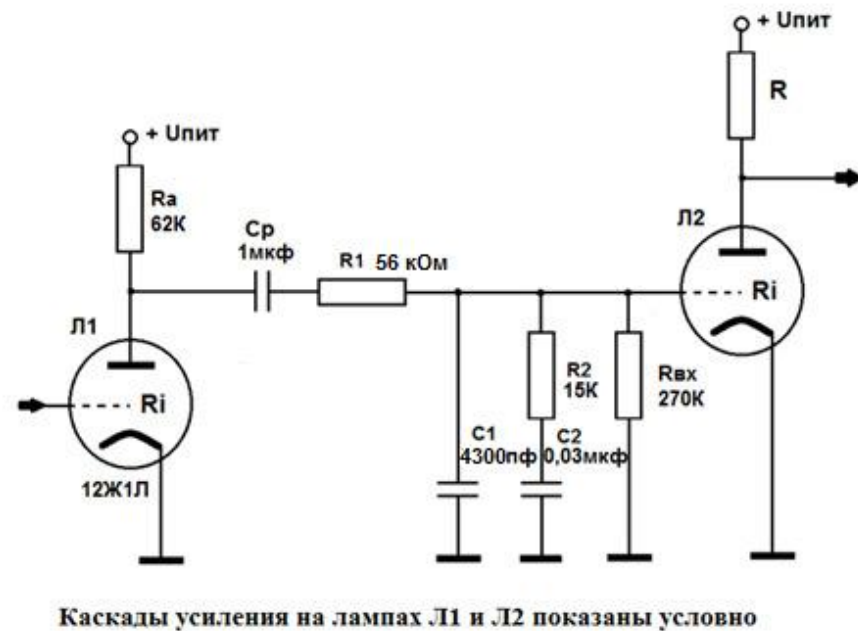
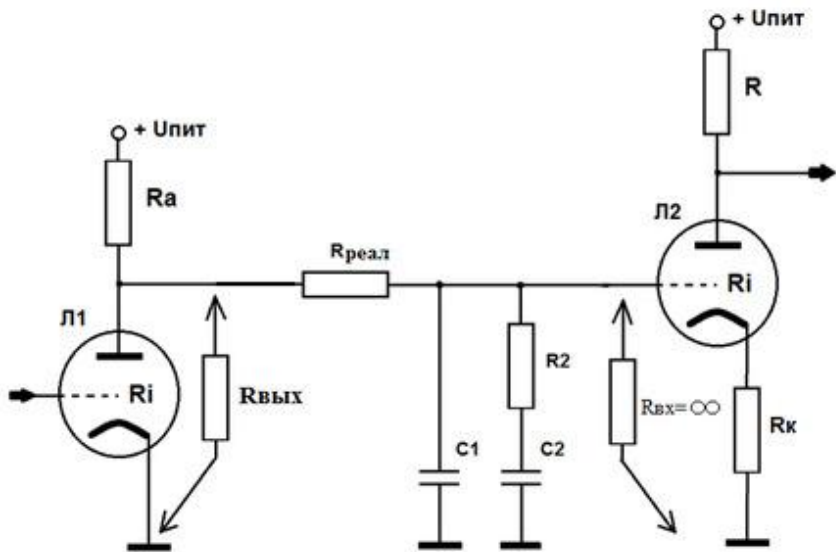


Рис.15. Принципиальная схема узла коррекции IEC N78 со стандартными значениями номиналов радиокомпонентов.

2. Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в схеме усилителя-корректора с непосредственными связями

Начальные условия:

Расчет идеальной цепи (не включенной в устройство) рассмотрен главой выше. Все расчеты производятся применительно к стандарту грамзаписи **IEC N78**, ламповому каскаду на лампе 12Ж1Л. Принципиальная схема приведена на рис.16



Принципиальная схема корректора с непосредственной связью между каскадами

Рис.16

Поскольку резистор в цепи первой сетки лампы Л2 отсутствует, то $R_{\text{вх}}=\text{бесконечность}$. Эквивалентная схема упрощается см. *рис.17*.

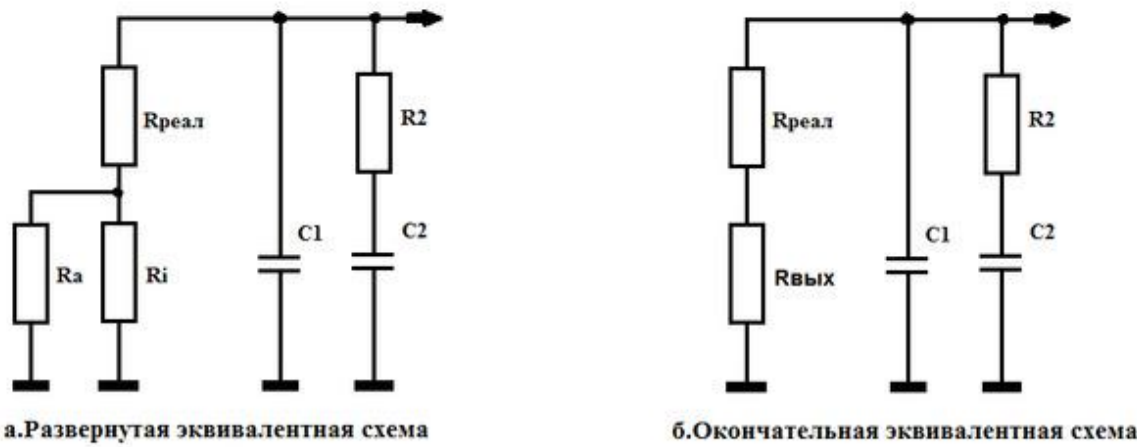


Рис.17

Значение R_1 вычислено ранее и равно 80,88 кОм. Формула для вычисления $R_{\text{реал}}$, исходя из эквивалентной схемы, приобретает вид:

$R_{\text{реал}} = R_1 - R_{\text{вых}}$, где $R_{\text{вых}} = R_i R_a / (R_i + R_a)$

вычислено ранее и составляет 57,5 кОм

в схеме $R_{\text{реал}} = 80,88 - 57,5 = 23,38$. Ближайший к 23,38 кОм типовой номинал сопротивления – 24 кОм. В результате полная принципиальная схема примет вид, показанный на *рис.18*.

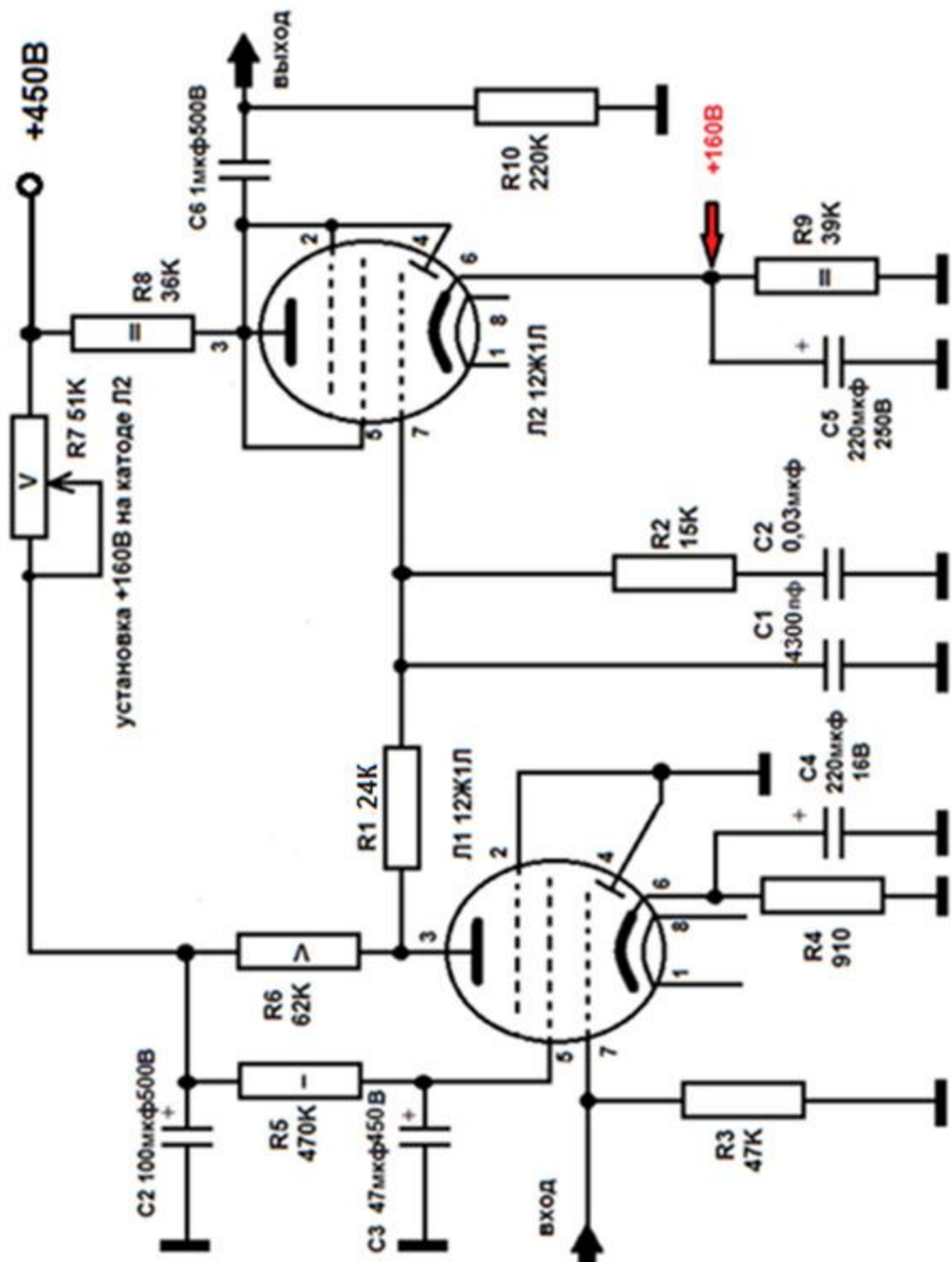


Рис.18.Винил-корректор с непосредственными связями для стандарта грамзаписи IEC N78.

3.Расчет усилителя-корректора с формированием постоянной времени τ_1 на собственной индуктивности головки звукоснимателя

На *рис.19* представлена принципиальная схема корректора постоянная времени τ_1 которого формируется при помощи собственной индуктивности головки звукоснимателя и сопротивления в цепи первой сетки лампы Л1 усилителя.

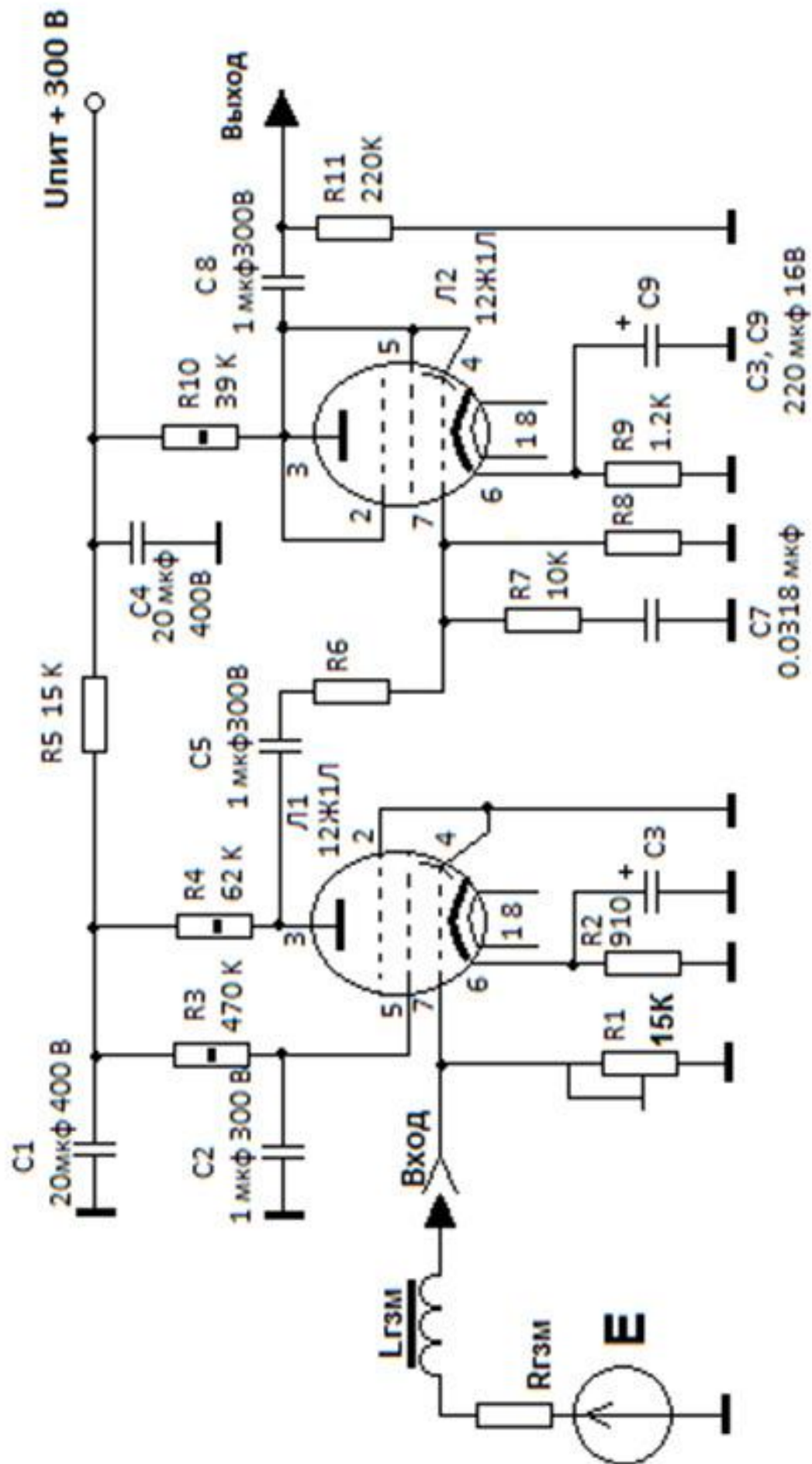


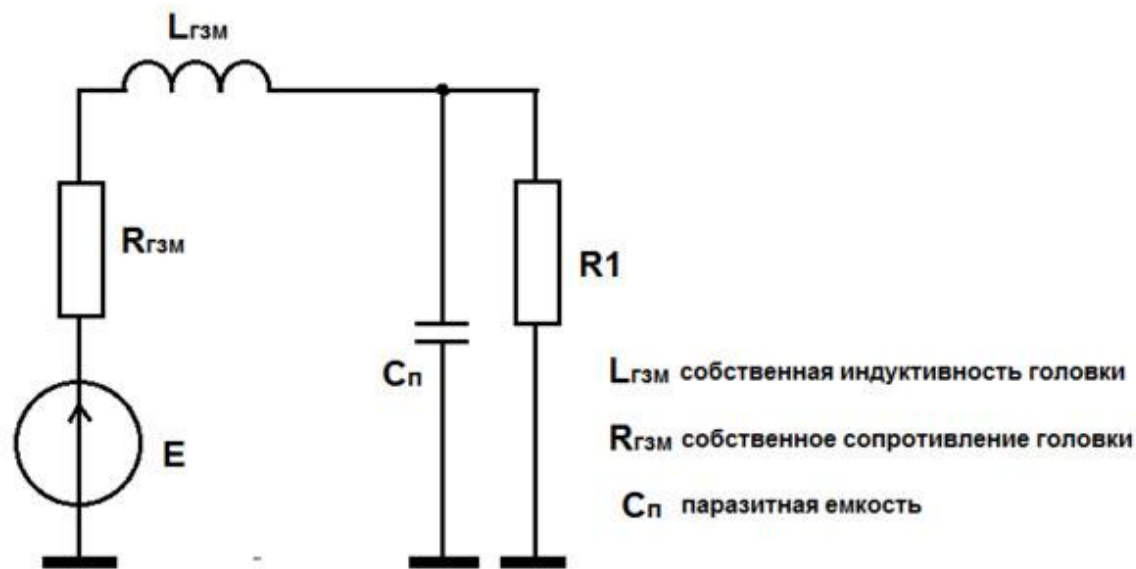
Рис.19. Винил-корректор стандарта RIAA с формированием τ_1 на собственной индуктивности ГЗМ.

Указанные на схеме $R_{гзм}$ и $L_{гзм}$ – это собственные сопротивление и емкость головки звукоснимателя.

Сразу следует оговориться (ссылаясь на И. Гапонова и Е. Бабиченко), что делать такой корректор имеет смысл при следующих ограничивающих условиях:

1. $R1 / (R1 + R_{гзм}) > 0,5$

2. Емкость $C_{п}$ (см. рис20) должна быть минимальна, т. е. если параллельно выходу проигрывателя включен конденсатор (такое бывает в промышленной аппаратуре), его надо удалить, или сделать отключаемым. $C_{п}$ – суммарная ёмкость «кабель+ катушка+ усилитель+ монтаж+ и т.д.», имеющаяся на входе усилителя-корректора.



Эквивалентная схема цепи формирования t_1

рис.20

В качестве примера проведем расчет для стандарта **RIAA** (RCA Victor):

$\tau_1=75\text{мкс}$, $\tau_2=318\text{мкс}$, $\tau_3= 3180\text{мкс}$.

Постоянные времени τ_2 и τ_3 формируются цепочкой $R_6R_7C_7 R_8$. Значения **C7** и **R8** задаем волевым решением и считаем:

R8 = 270 кОм, C7= 0.0318 мкф

Далее расчет ведется по методике, изложенной в главе «Сосредоточенная цепь коррекции, рекомендованная RIAA в классической схеме усилителя-корректора».

R_{вых}=57.5 кОм (посчитано ранее),

R_{вх}=R8=270 кОм (задано).

Сопротивление R7 по постоянному току отключено и потому входное сопротивление второго каскада и выходное сопротивление первого каскада на него не влияют. Без всяких оглядок находим его значение:

R7= $\tau_2/C7= 3.18 \cdot 10^{-4}/31.8 \cdot 10^{-9}= 10000 \text{ Ом}=10 \text{ кОм}$.

Для не включенной в реальный усилитель цепи коррекции сопротивление R6 рассчитывают по формуле

R6= $\tau_3/C7-R7$.

R6= $\tau_3/C7-R7= 3.18 \cdot 10^{-4}/31.8 \cdot 10^{-9}-10000=$
=90000 Ом= 90 кОм.

Теперь рассчитываем реальное значение **R6_{реал}** с учетом влияния **R8** и **R_{вых}**. Применив формулу:

R6= $(R_{вых}+ R6_{реал}) R8/ (R_{вых}+ R6_{реал}+R8)$

И, подставив известные величины, получим уравнение:

90= $(57,5+ R6_{реал}) \cdot 270/ (57,5+ R6_{реал}+270)$.

Решив его, получим **R6_{реал}=77,5 кОм**. Стандартный номинал – **75 кОм**. При сборке корректора ставим **R6=75 кОм**.

Собственно говоря, на этом расчет можно было бы и закончить, а величину сопротивления **R1** установить экспериментально, собрав установку, описанную у Гапонова И. и Бабиченко Е. в [7].

Ниже предлагается другой способ, на практике дающий такой же результат. Для этого необходимо иметь измеритель индуктивности (например, Е7–22) и омметр (измеряющий сопротивление постоянному току, подойдет любой мультиметр). Почему, спросите, нельзя использовать в качестве омметра тот же Е7–22. Потому, что он измеряет сопротивление на переменном токе и покажет большее значение из-за влияния индуктивности головки звукоснимателя.

Переходим к расчету цепи, формирующей $\tau_1=75 \text{ мкс}$. Собственно вычисляем значение R1.

Постоянная времени τ_1 цепи **R1R_{гзм}L_{гзм}** определяется по формуле

$\tau_1=L_{гзм} / (R1+R_{гзм})$, где

R_{гзм} – активное сопротивление головки звукоснимателя,

L_{гзм} – собственная индуктивность головки звукоснимателя.

1. При помощи мультиметра измеряем активное сопротивление катушки ГЗМ, и индуктивность ее прибором Е7–22 (на частоте 1 кГц). Значения запоминаем.

2. Используя вышеприведенную формулу вычисляем R1.

Пример:

$\tau_1=75 \text{ мкс}$, имеется ГЗМ Корвет-008. **L_{гзм}= 0,62 Гн**,

R_{гзм}= 1002 Ом.

R1= $(L_{гзм} - R_{гзм}\tau_1) / \tau_1=$

= $(0.62-1002 \cdot 0.000075) / 0.000075=7264 \text{ Ом}$.

3. Подключив омметр ко входу корректора, вращением шлица подстроечного резистора R1 устанавливаем сопротивление равное вычисленному.

4. Подключаем к корректору проигрыватель и оконечный усилитель, подаем на все это питание, и слушаем музыку. Или тестовый диск.

4. Расчет усилителя-корректора с коррекцией, распределенной по каскадам

У корректора с распределенной по каскадам коррекцией есть как свои достоинства, так и недостатки. К достоинствам следует отнести легкость настройки постоянных времени, так как цепи коррекции разделены между собою каскадами усиления и можно считать, что не оказывают влияния друг на друга. К недостаткам – большее число каскадов. Впрочем, это может стать достоинством, если предполагается использовать МС головку воспроизведения, т.к. усиление корректора будет большим, что позволит обойтись без МС-трансформатора. В зависимости от типов применяемых ламп, может встать вопрос о величине шумов усилителя. Если верить теории и практике радиосвязи, основной вклад в шумность тракта вносит первый каскад усиления. То есть, есть смысл его делать на малошумящих элементах.

Показанная на *рис.21* структурная схема может быть видоизменена в части расположения времязадающих цепей: возможно формирование τ_2, τ_3 после первого каскада, а τ_1 после второго.

Расчет элементов цепей коррекции мало чем отличается от представленного в предыдущих разделах. Просто, каждая цепь рассчитывается отдельно, так как взаимное влияние отсутствует.

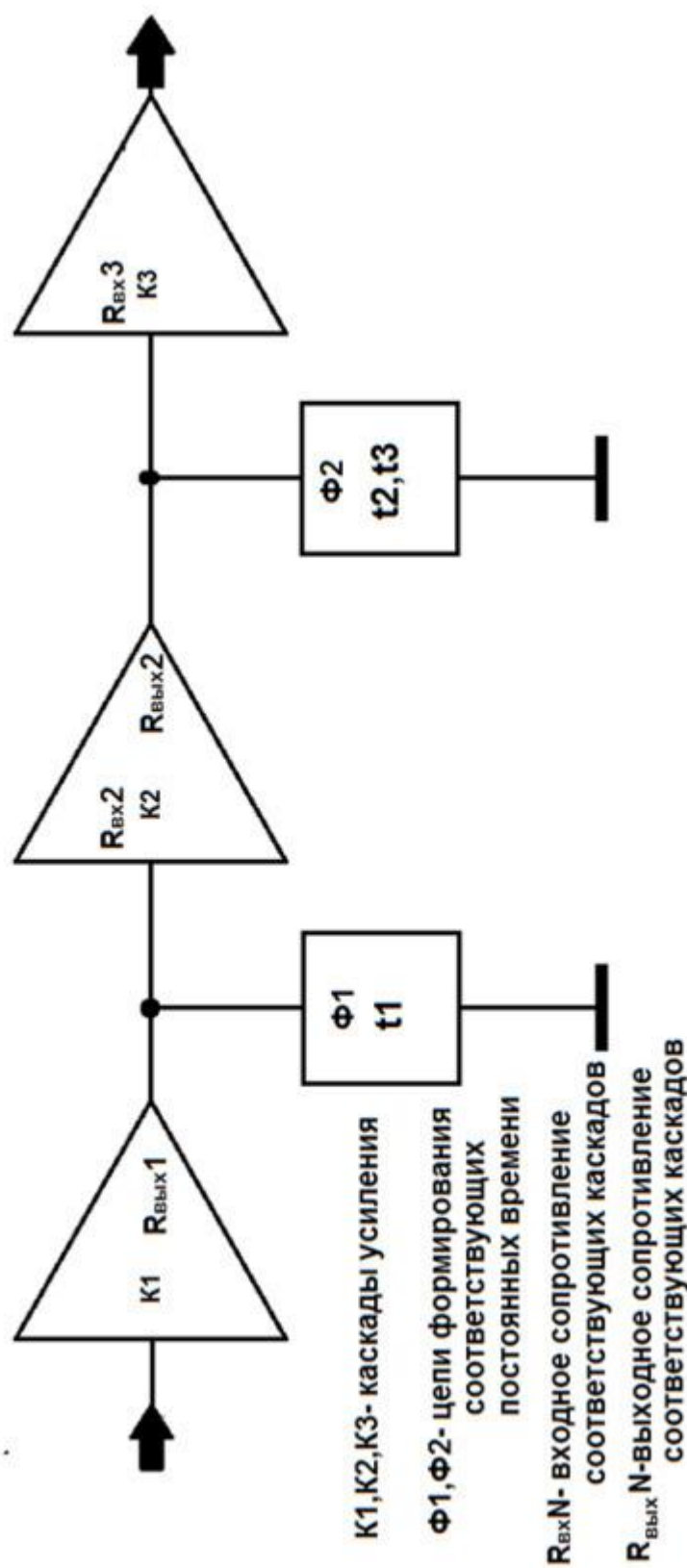


Рис.21. Структурная схема винил-корректора с распределенной по каскадам коррекцией.

Пример:

Задано: Первые два каскада реализованы на лампах 12Ж1Л в пентодном включении, выходной каскад – на лампе 12Ж1Л в триодном включении. Формат грамзаписи TELDEC: $\tau_1 = 50\text{мкс}$, $\tau_2 = 318\text{мкс}$, $\tau_3 = 3180\text{мкс}$.

Емкость конденсатора C10 берем 0.0318 мкф, резистор R7= 100 кОм (т.к. второй каскад пентодный, это сопротивление нежелательно брать больше 100 кОм см. стр. 22). Сопротивление R6 примем равным 240 кОм. Сопротивление резистора R14 – 270 кОм. R_{вых1} и R_{вых2} (выходные сопротивления первого и второго каскадов соответственно) одинаковы, рассчитаны в предыдущих главах, и равны 57.5 кОм.

Постоянная времени τ_1 формируется после первого каскада, τ_2 и τ_3 после второго.

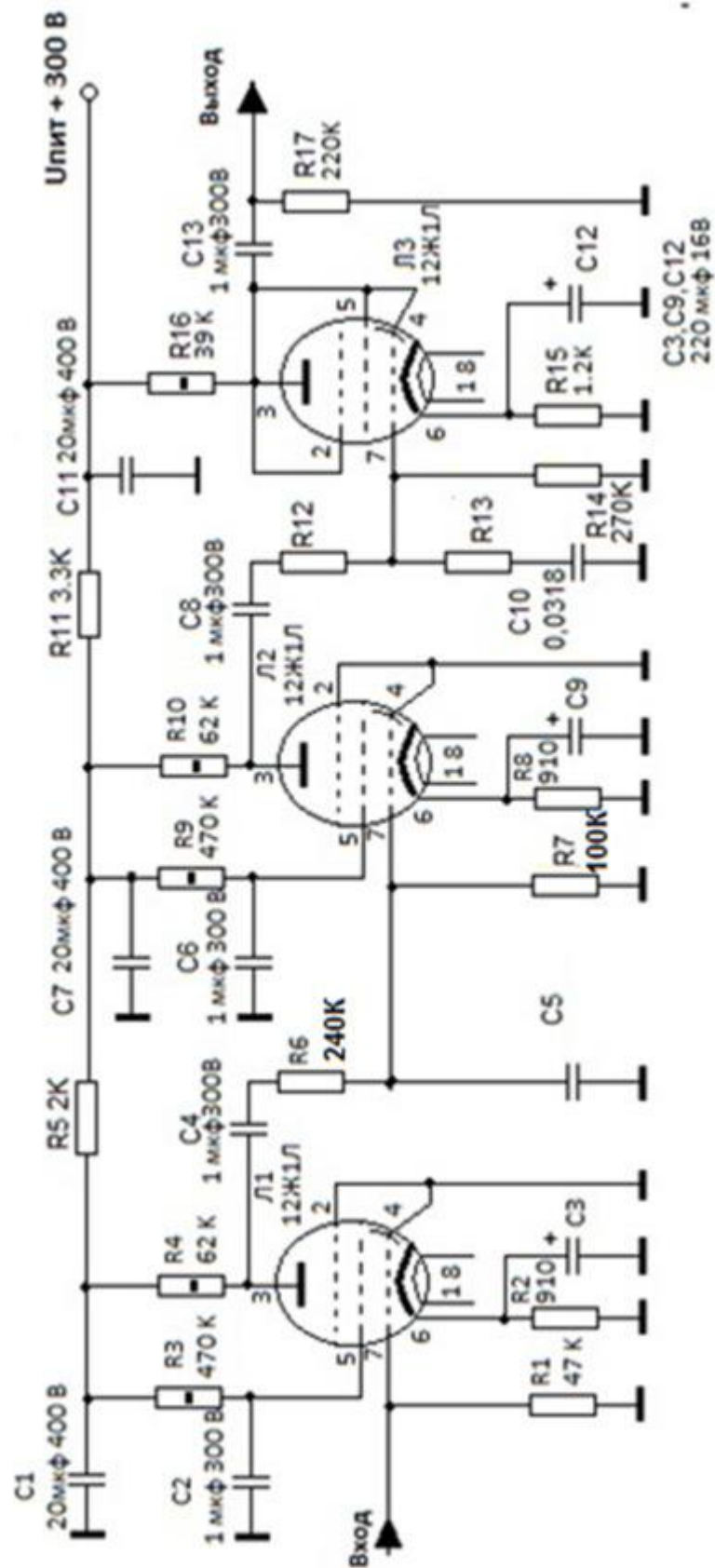


Рис.22 Принципиальная схема винил-корректора с распределенной по каскадам коррекцией. Стандарт записи TELDEC.

1.Расчет (приводится по эквивалентной схеме) цепи формирования $\tau_1=50\text{мкс}$, приведенной на рис.23. Сопротивления известны, осталось рассчитать емкость конденсатора C5 по формуле: $C5= \tau_1 /R_{\text{экв}}$, где $R_{\text{экв}} = (R_{\text{вых}}+R6) R7/ (R_{\text{вых}}+R6+R7)$

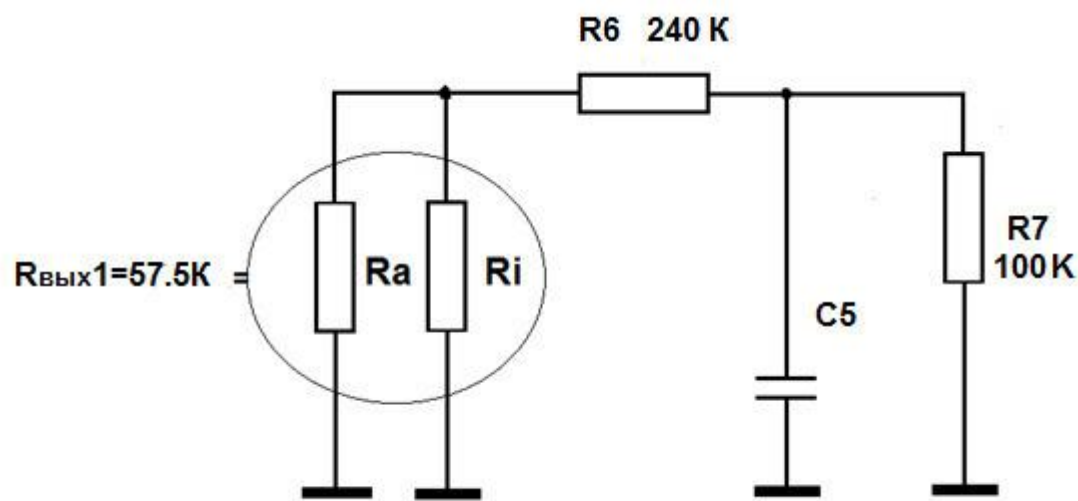


Рис.23. Эквивалентная схема для расчета цепи коррекции τ_1 .

$C5=0,00005/75000=0,000000000668 \text{ Ф}$.
Из стандартного ряда выбираем $C5=680 \text{ пФ}$

2.Расчет $\tau_2= 318 \text{ мкс}$. Но цепь C10R13 разорвана по постоянному току, следовательно, активные сопротивления R12, R14 не оказывают на нее влияния. Спокойно рассчитываем сопротивление R13 (номиналы остальных элементов известны).

Если $\tau_2= R13 \cdot C10$, то $R13= \tau_2/C10$.

$R_{13} = 3.18 \cdot 10^{-4} / 31.8 \cdot 10^{-9} = 10000 \text{ Ом} = 10 \text{ кОм}.$

3. Расчет $\tau_3 = 3180 \text{ мкс}.$

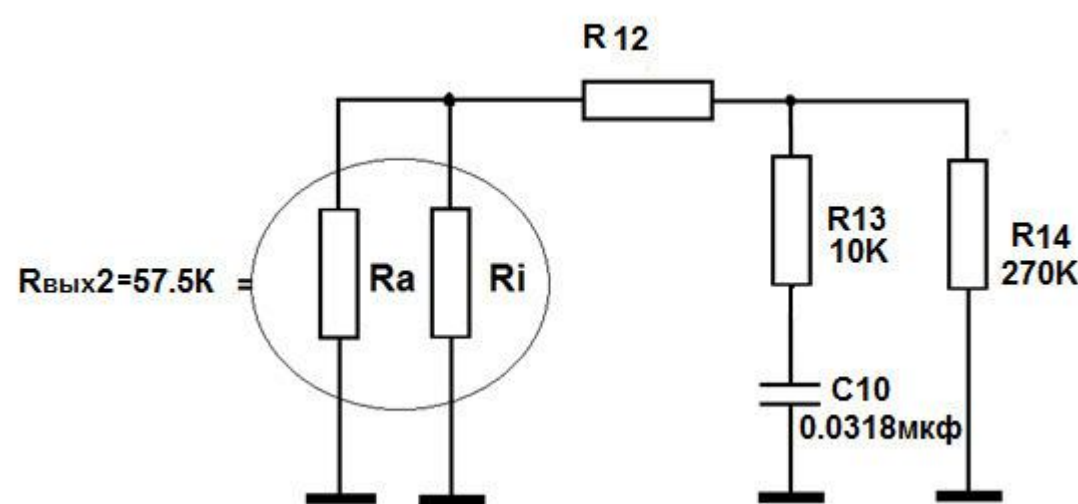


Рис.24. Эквивалентная схема для расчета цепи коррекции τ_2 .

Для того, чтобы τ_3 составило 3180 мкс, очевидно, что суммарное сопротивление всей цепи коррекции должно быть $R_{\text{сумм}} = \tau_3 / C_{10} = 3.18 \cdot 10^{-3} / 31.8 \cdot 10^{-9} = 100000 \text{ Ом} = 100 \text{ кОм}.$

Суммарное сопротивление складывается из последовательно соединенных сопротивлений R13 и сопротивления цепи $R_{\text{вых2}} R_{12} R_{14}$. Сопротивление этой цепи (обозначим его как R_x) равно

$R_x = R_{\text{сумм}} - R_{13} = 100 - 10 = 90 \text{ кОм}.$ Осталось, глядя на рис.25, составить уравнение для вычисления R12.

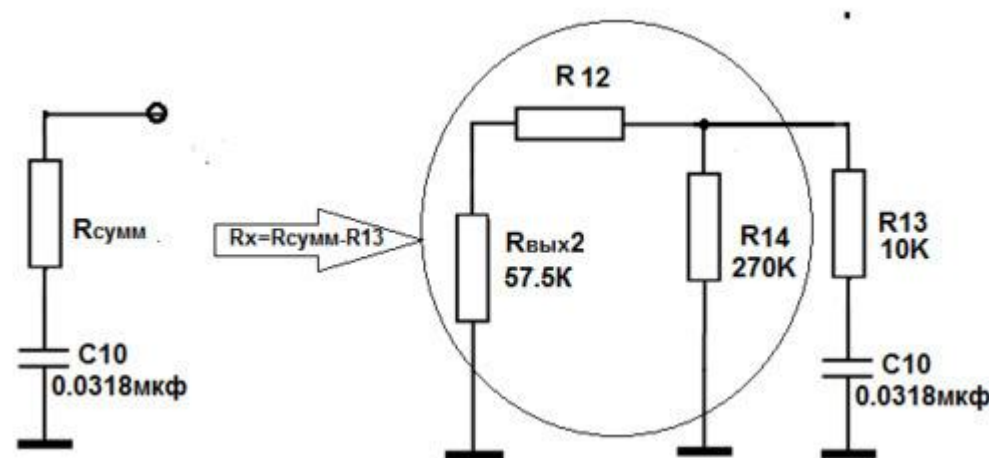


Рис.25. Эквивалентная схема для расчета цепи коррекции τ_3 .

$R_x = R_{14} (R_{12} + R_{\text{вых2}}) / (R_{14} (R_{12} + R_{\text{вых2}}) + R_{13} C_{10})$

Подставив в это уравнение известные значения элементов найдем R12:

$90 = 270 \cdot (R_{12} + 57.5) / (R_{12} + 57.5 + 270)$

$R_{12} = 13950 / 180 = 77.5 \text{ кОм}$

Итак, для построения корректора, производящего коррекцию по формату TELDEC, необходимы следующие номиналы радиоэлементов:

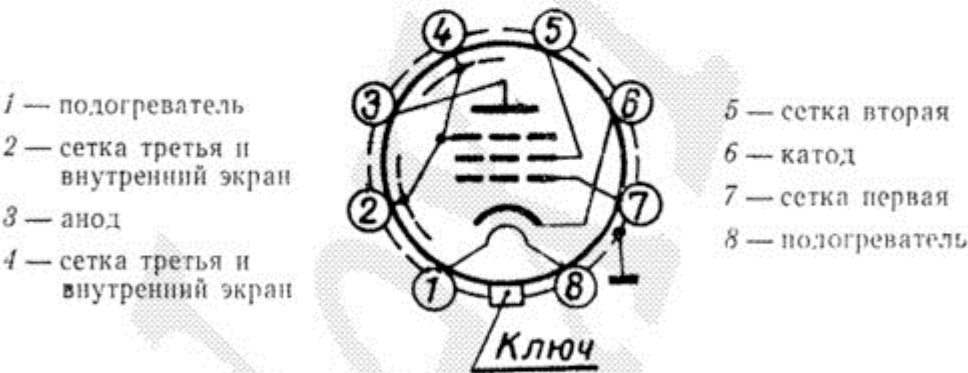
$R_6 = 75 \text{ кОм}, R_{12} = 77.5 \text{ кОм}, R_{13} = 10 \text{ кОм}, C_5 = 680 \text{ пф}, C_{10} = 0.0318 \text{ мкф}.$

Основное назначение — усиление напряжения и мощности, генериро-
вание колебаний высокой частоты (до 200 Мгц).

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.
Оформление — стеклянное на плоской ножке с внешним металлическим
экраном.
Вес наибольший 35 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (∼ или =)	12,6 в
Ток накала	75±15 ма
Напряжение анода (=)	150 в
Напряжение сетки второй (=)	75 в
Напряжение сетки первой (=)	минус 2,1 в
Напряжение сетки третьей (=)	0
Ток анода	2,35±0,95 ма
Ток анода в начале характеристики*	не более 100 мка

12Ж1Л

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД
С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Нулевой ток анода	$6,8^{+2,2}_{-2,05} \text{ ма}$
Ток сетки второй	$0,55 \pm 0,35 \text{ ма}$
Выходная мощность Δ	не менее 0,5 вт
Крутизна характеристики	$1,65 \pm 0,45 \text{ ма/в}$
Проницаемость в триодном включении \square	5%
Напряжение отсечки электронного тока сетки первой (отрицательное) ∇	$0,6 \pm 0,6 \text{ в}$
Внутреннее сопротивление: \circ	
для 90% ламп	не менее 0,8 Мом
для 10% ламп	не менее 0,7 Мом
Эквивалентное сопротивление внутриламповых шумов \circ	4,5 ком
Напряжение виброшумов \square	не более 150 мв (эфф.)
Долговечность (при годности 90%):	
при напряжении анода и сетки второй 220 в	не менее 2000 ч
при напряжении анода 150 в и сетки вто- рой 75 в	не менее 3000 ч
Критерии долговечности:	
нулевой ток анода	не менее 3,8 ма
крутизна характеристики	не менее 1 ма/в

* При напряжении сетки первой минус 7 в.
 Δ При напряжении анода и сетки второй 250 в, переменном напряжении сетки первой 2,8 в (эфф.), сопротивлении в цепи катода 500 ом, сопротивлении в цепи анода 35 ком и сопротивлении в цепи сетки второй 20 ком.
 \square При напряжении анода и сетки второй 125 в.
 ∇ При токе сетки первой 0,3 мка.
 \circ При токе анода 2 ма.
 \square На сопротивлении в цепи анода 10 ком, при вибрации с частотой 50 гц и ус-корением 8 г.

МЕЖДУЭЛЕКТРОДНЫЕ ЕМКОСТИ

Входная	$3,7^{+0,3}_{-0,3} \text{ пф}$
Выходная	$4,0 \pm 0,35 \text{ пф}$
Проходная	не более 0,007 пф
Анод — катод	не более 0,007 пф

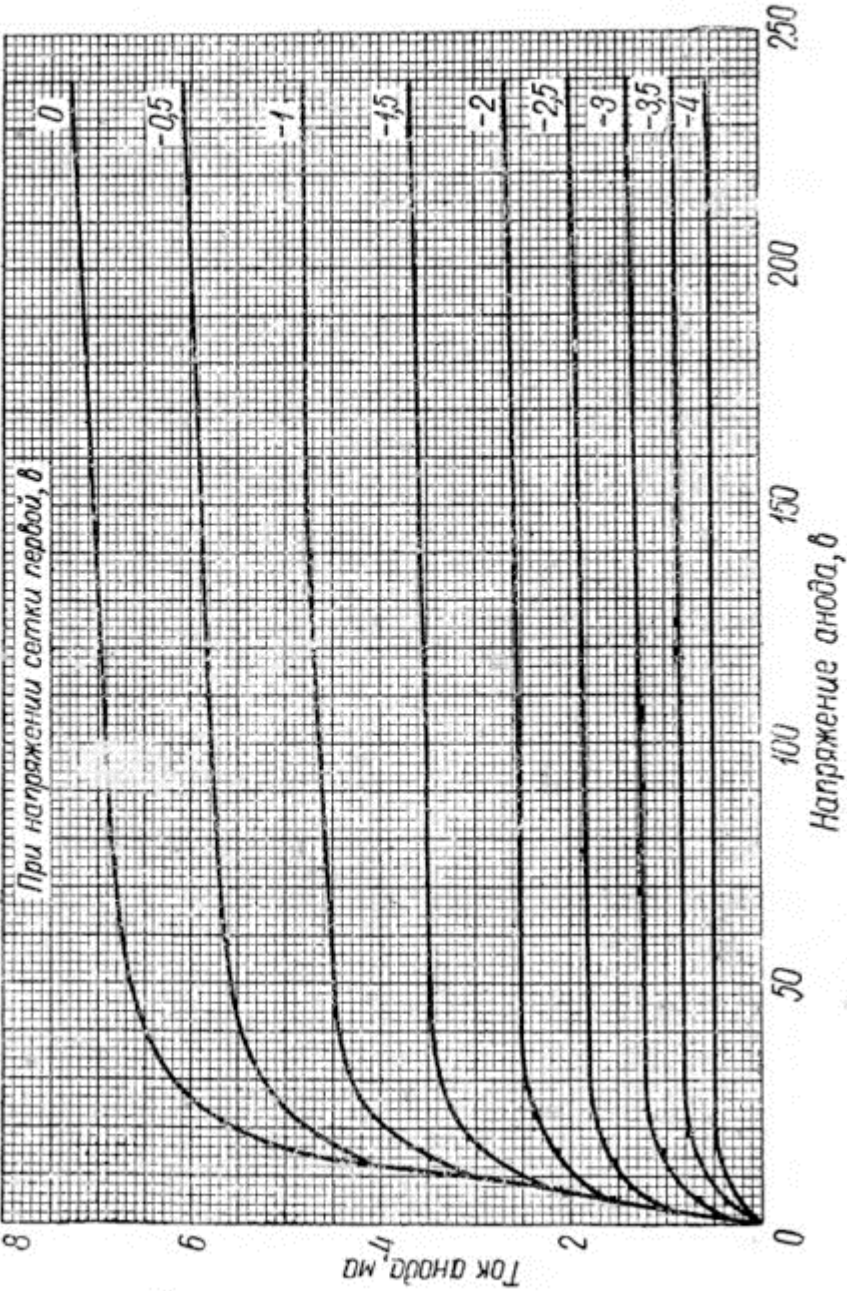
ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (\sim или $=$)	
наибольшее	14,6 в
наименьшее	10,8 в
Наибольшее напряжение анода ($=$)	250 в

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ		12Ж1Л
Наибольшее напряжение анода в момент включения (=)	300 в	
Наибольшее напряжение сетки второй (=)	225 в	
Наибольшее напряжение сетки второй в момент включения (=)	300 в	
Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом	2 вт	
Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой второй	0,7 вт	
Наибольший ток катода	11 ма	
Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем (=)	100 в	
УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ		
Температура окружающей среды:		
наибольшая	плюс 70° С	
наименьшая	минус 60° С	
Относительная влажность при температуре 20° С	95—98%	
Вибропрочность	5 g	
Виброустойчивость	8 g	
Гарантийный срок хранения в складских условиях		
	4 года	
Примечание. Характеристики такие же, как у 10Ж1Л.		

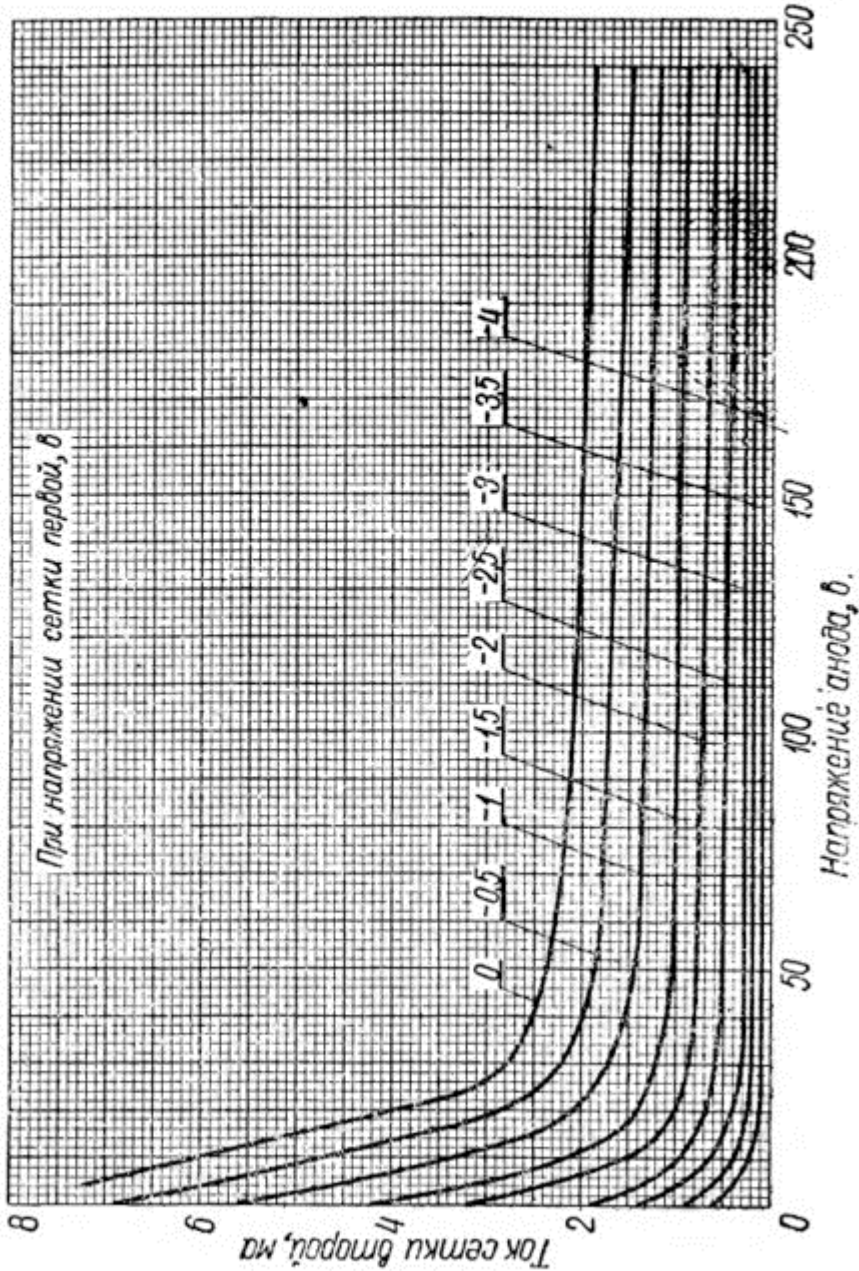
УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Напряжение накала 12,6 в
- Напряжение сетки второй 75 в
- Напряжение сетки третьей 0



УСРЕДНЕННЫЕ СЕТОЧНО-АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

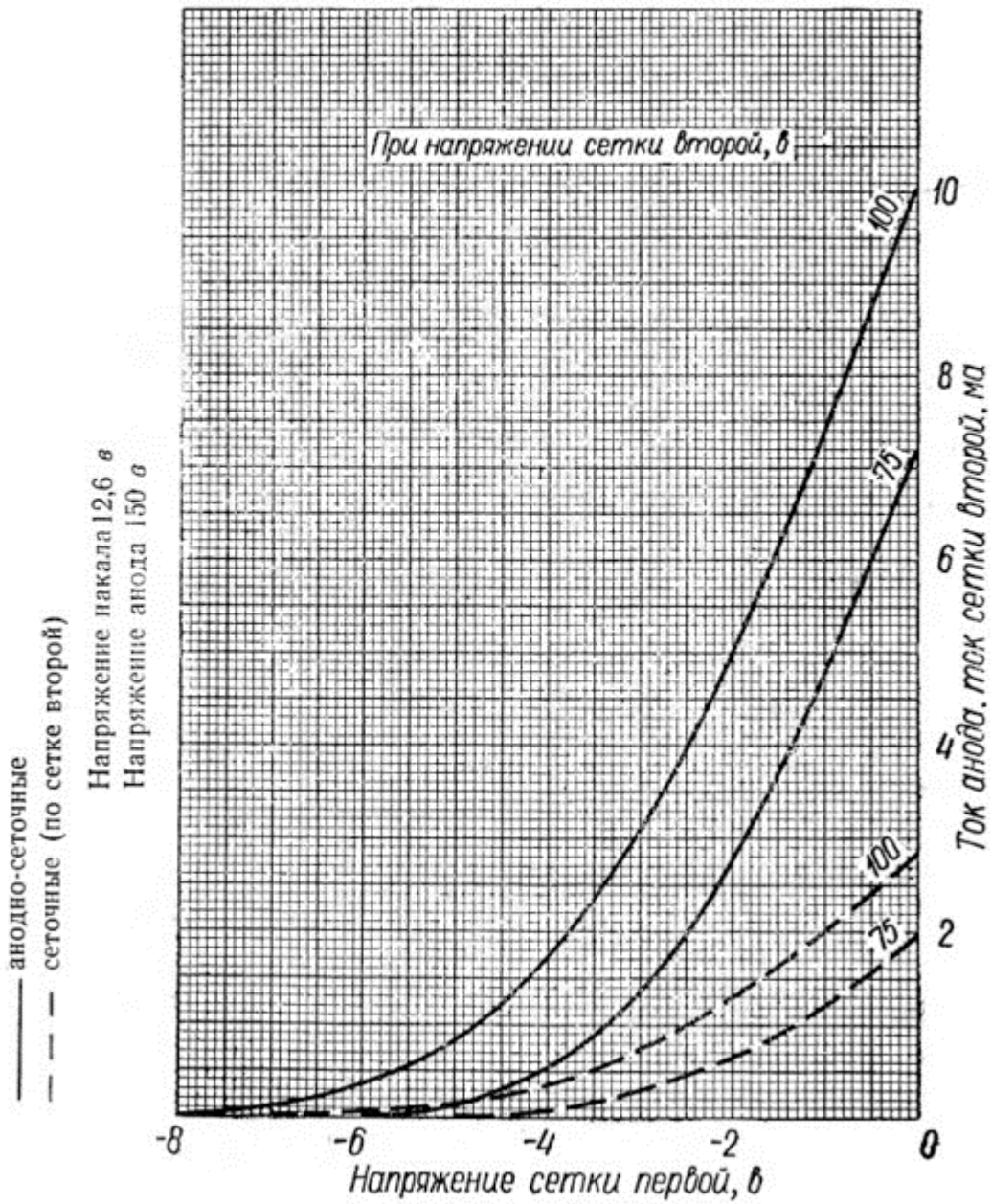
Напряжение накала 12,6 в
Напряжение сетки второй 75 в
Напряжение сетки третьей 0



12Ж1Л

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД
С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

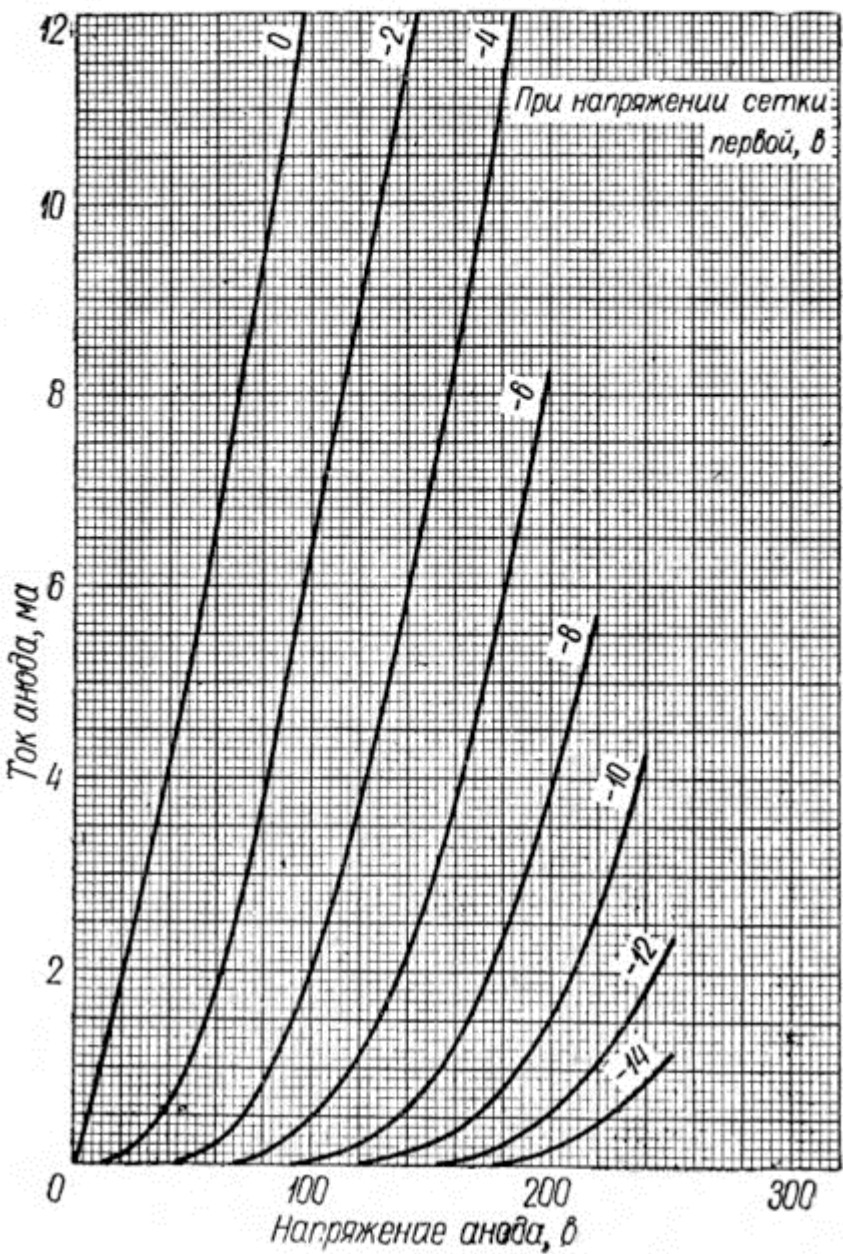


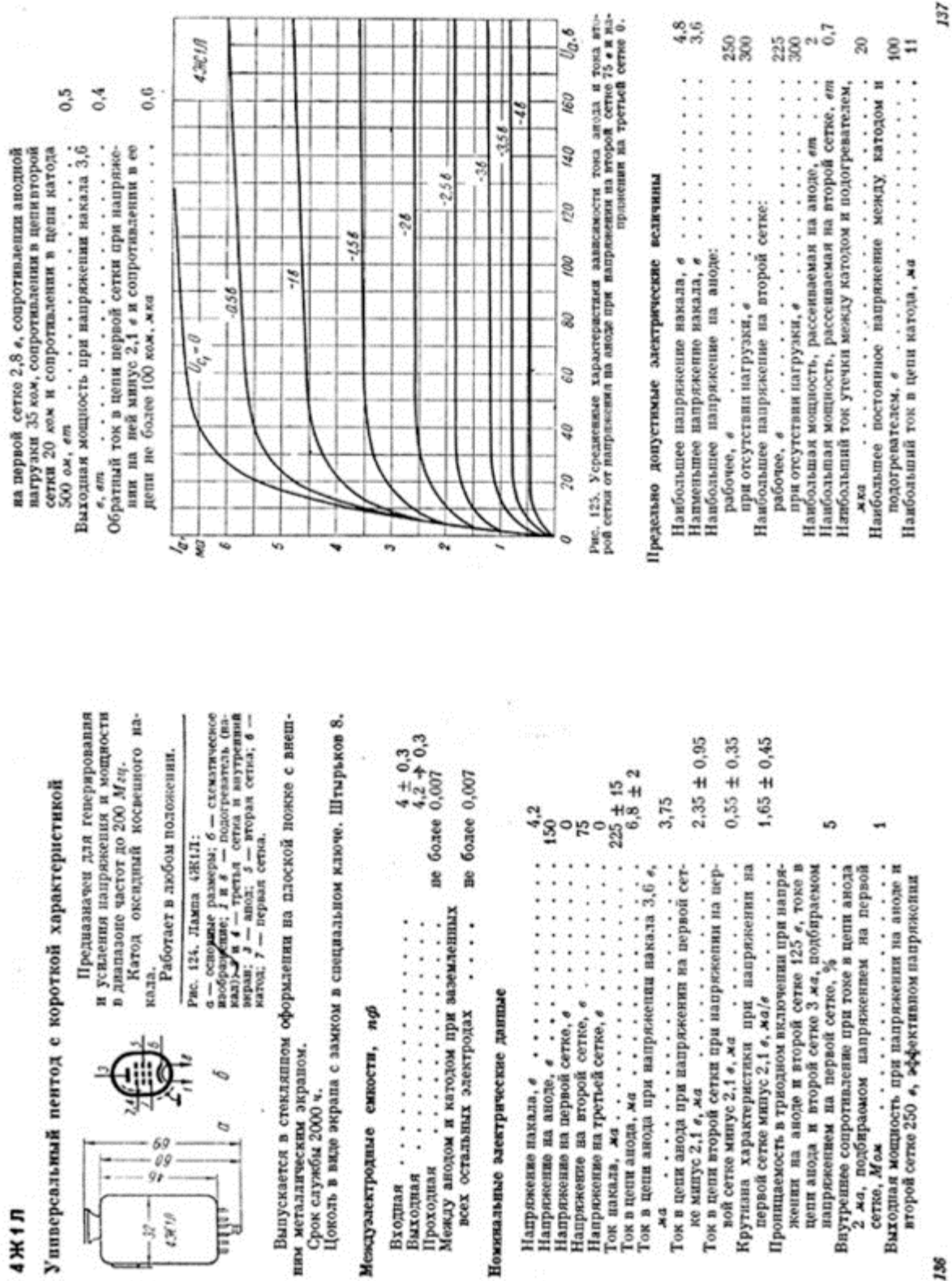
12Ж1Л

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД
С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
(триодное включение)

Напряжение накала 12,6 в





43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014

1015

1016

1017

1018

1019

1020

1021

1022

1023

1024

1025

1026

1027

1028

1029

1030

1031

1032

1033

1034

1035

1036

1037

1038

1039

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

1065

1066

1067

1068

1069

1070

1071

1072

1073

1074

1075

1076

1077

1078

1079

1080

1081

1082

1083

1084

1085

1086

1087

1088

1089

1090

1091

1092

1093

1094

1095

1096

1097

1098

1099

1100

1101

1102

1103

1104

1105

1106

1107

1108

1109

1110

1111

1112

1113

1114

1115

1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126

1127

1128

1129

1130

1131

1132

1133

1134

1135

1136

1137

1138

1139

1140

1141

1142

1143

1144

1145

1146

1147

1148

1149

1150

1151

1152

1153

1154

1155

1156

1157

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165

1166

1167

1168

1169

1170

1171

1172

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

1180

1181

1182

1183

1184

1185

1186

1187

1188

1189

1190

1191

1192

1193

1194

1195

1196

1197

1198

1199

1200

1201

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

1220

1221

1222

1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233

1234

1235

1236

1237

1238

1239

1240

1241

1242

1243

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256

1257

1258

1259

1260

1261

1262

1263

1264

1265

1266

1267

1268

1269

1270

1271

1272

1273

1274

1275

1276

1277

1278

1279

1280

1281

1282

1283

1284

1285

1286

1287

1288

1289

1290

1291

1292

1293

1294

1295

1296

1297

1298

1299

1300

1301

1302

1303

1304

1305

1306

1307

1308

1309

1310

1311

1312

1313

1314

1315

1316

1317

1318

1319

1320

1321

1322

1323

1324

1325

1326

1327

1328

1329

1330

1331

1332

1333

1334

1335

1336

1337

1338

1339

134

4Ж1Л+ГУ-15, описанный в данной книге. Акустическая система НЕСО Direkt. Сравнивались эти корректоры с промышленным аппаратом Aesthetix Rhea, Rh. Signature американской компании Aesthetix Audio Corporation. Понятное дело, по потребительским качествам (наличие ДУ, заводское исполнение и т.д.) Aesthetix Rhea превзошел обе самоделки.

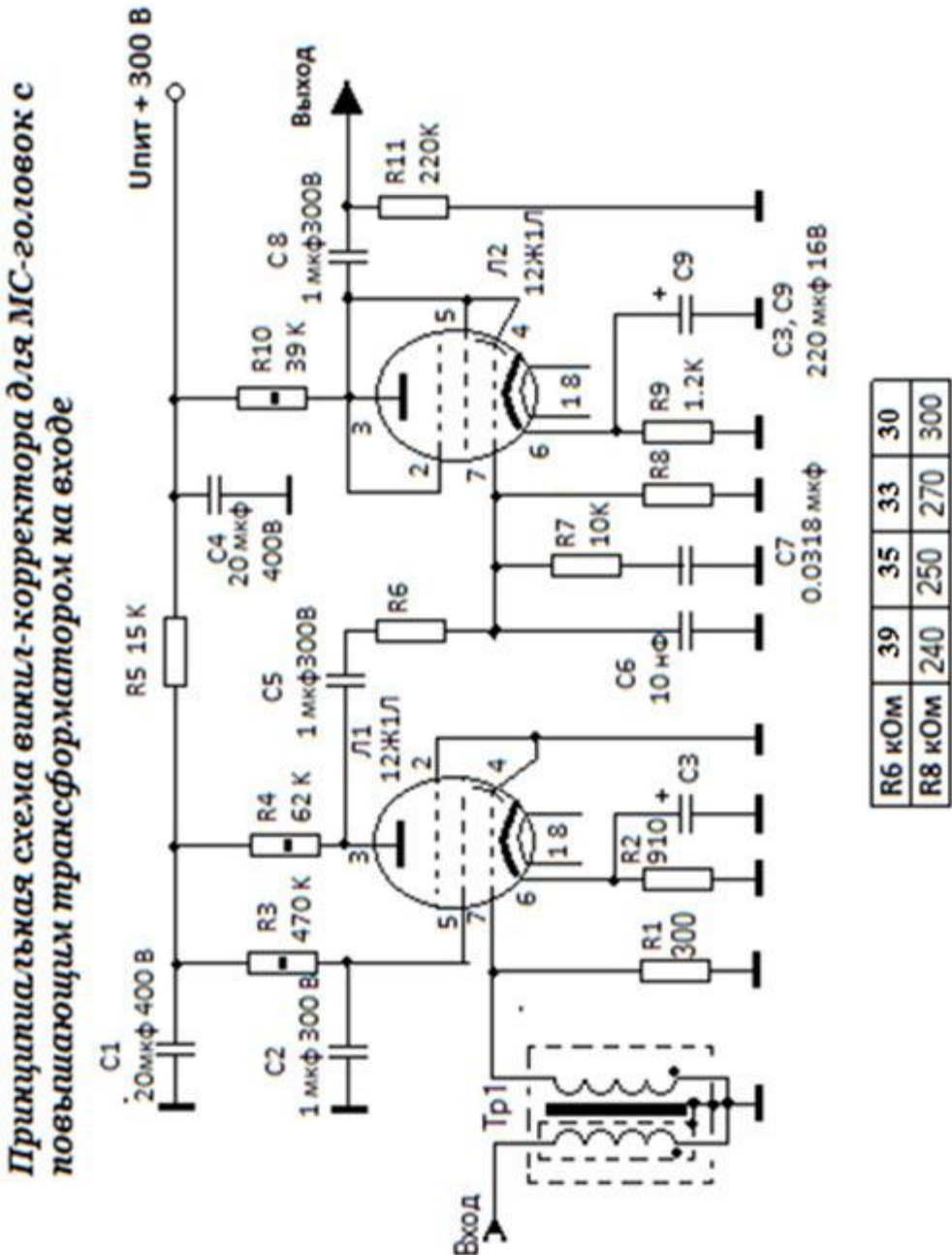


Рис.26

Сравнение Aesthetix Rhea и корректора с МС-трансформатором на входе

Сразу бросилось в глаза, точнее, в уши, чтоAesthetix Rhea выиграл по басам, но проиграл по шумам. Шумы у Aesthetix,мягко сказать, порядочные. Что, впрочем, было предсказуемо. На средних частотах корректоры практически равноценны, предпочтения на уровне вкуса, кому-то нравится американец, кому-то наш. По верхним частотам Aesthetix проиграл, звучит, по сравнению с нашим, грязновато.

Сравнение Aesthetix Rhea и трехкаскадного корректора

Это соревнование Aesthetix Rheaпроиграл во всем диапазоне частот. По шумам, конечно, не так сильно как предыдущему, но проиграл.

Сравнение трехкаскадного корректора и корректора с трансформатором на входе

Корректор с трансформатором на входе оказался лучше трехкаскадного только по уровню шумов. Во всем остальном впереди трехкаскадный бестрансформаторный корректор. Заказчик слушает только его, корректор с МС-трансформатором лежит в запасе.

ВЫВОД: бестрансформаторный МС-корректор предпочтительнее корректора с МС-трансформатором на входе. Но для тех, кто не согласен с моими доводами, предлагается методика расчета и самостоятельного изготовления МС-трансформатора.

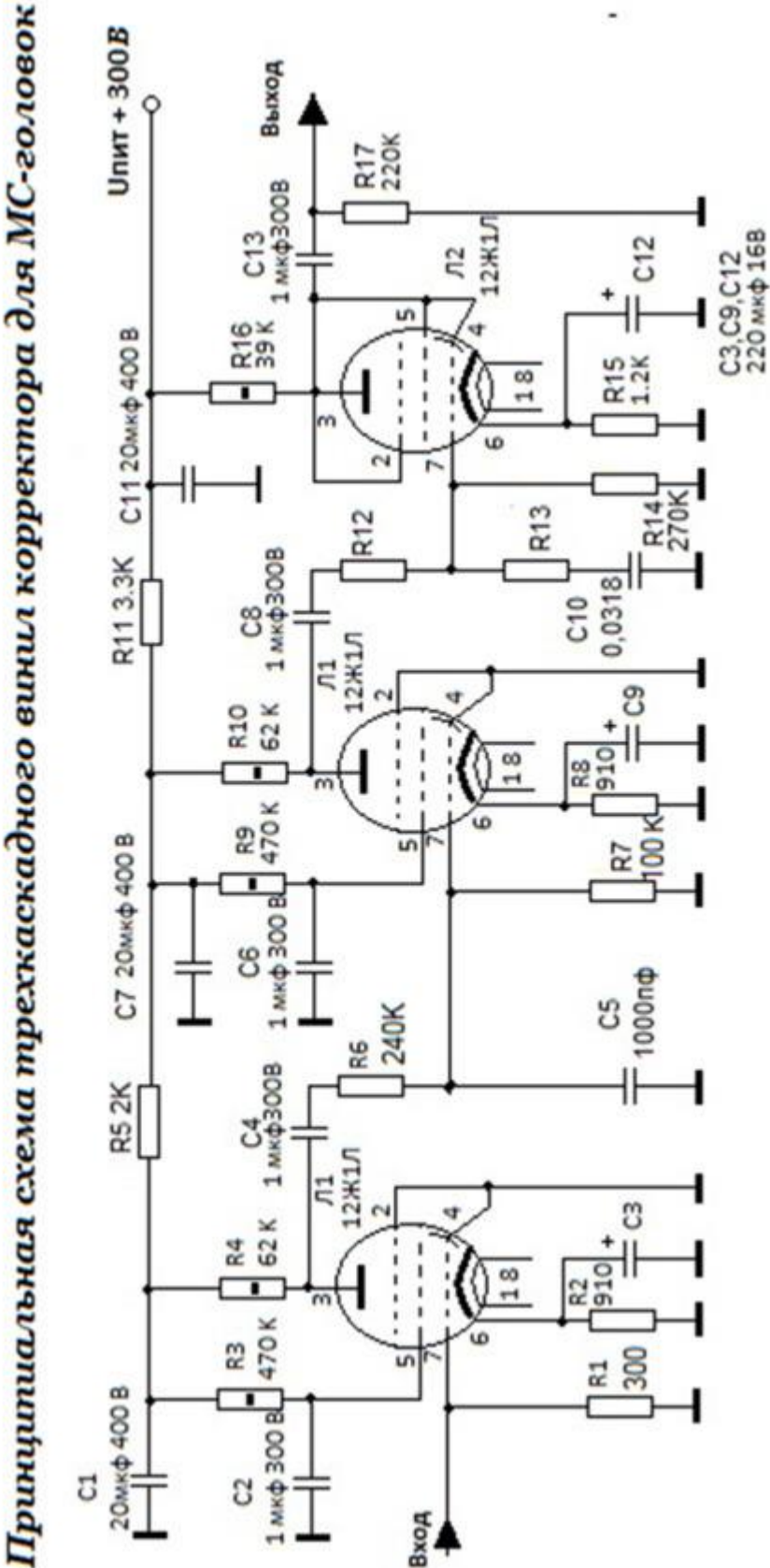


Рис.27

Расчет МС-трансформатора

Наибольшее количество магических пассов происходит именно вокруг корректоров с входным повышающим трансформатором. Фирменные изделия позиционируются продавцами как единственно правильные и лучшие в мире (при проверке на практике, даже для очень дорогих моделей, все оказалось совсем не так). А самодельные трансформаторы очень часто их авторами преподносятся как сделанные по каким-то, только им известным, чудотворным ноу-хау технологиям. Оставим это на их совести. Но, чтобы их не обижать, оговорюсь, что не сомневаюсь, что их изделия, скорее всего лучше фирменных, так как они рассчитывают и изготавливают трансформаторы под конкретные головки, а не пытаются выжать из них универсальность, как это делают известные производители. В книге Г.С.Цыкина подробно описано конструктивное исполнение подобных трансформаторов, и более исчерпывающей информации, чем у него, лично я не нашел. Возможно, плохо искал. Разбирая разные изделия из военной техники, и изучая их конструкцию, ничего не укладывающегося в то, что нашел у Цыкина, не обнаружил. Недостаток фундаментального труда Г.С.Цыкина только один – он неудобен в практическом использовании. Теоретический расчет в одном конце книги, практический – в другом. Конструктивная реализация-в третьем. И в компьютерном варианте книги это создает большие неудобства.

Для того чтобы сконструировать МС-трансформатор в домашних условиях нужно иметь:

- 1.Набор Ш- или П-образных пластин из пермаллоя. Например, два одинаковых промышленных трансформатора. Удобно воспользоваться входными трансформаторами от усилителя записи магнитофона МЭЗ-28 или от усилителя электронного УЭУ-109. Последние во множестве встречаются на просторах нашей Родины. В обоих случаях кроме набора железа получаем еще и экранирующий кожух. В МЭЗ-28 пермаллой Ш-образный, в УЭУ-109 П-образный.
- 2.Измеритель иммитанса, например Е7—22.
- 3.Линейку или штангенциркуль, калькулятор, лист бумаги и ручку
4. намоточный станок (можно и без него, если рука твердая и воля железная).

Шаг первый. Определение исходных данных. Вычисление магнитной проницаемости сердечника

Сначала необходимо вытащить из кожуха трансформаторы. Для МЭЗ-28 это не представляет никакой трудности. Откручиваете три винта М3 по периметру крышки, приподнимаете крышку и вместе с ней извлекаете трансформатор из недр кожуха. С УЭУ-109 дело обстоит посложнее. Крышка кожуха с установленными на ней контактными

лепестками плотно посажена на свое место и держится за счет силы трения и трех точек пайки по периметру крышки. Необходимо сначала устранить пайку, а затем выбить крышку, обстукивая ее по периметру кожуха. Иногда достаточно, держа трансформатор на весу, нанести поочередно с обеих сторон короткие удары по кронштейну кожуха. См. рисунок 28.

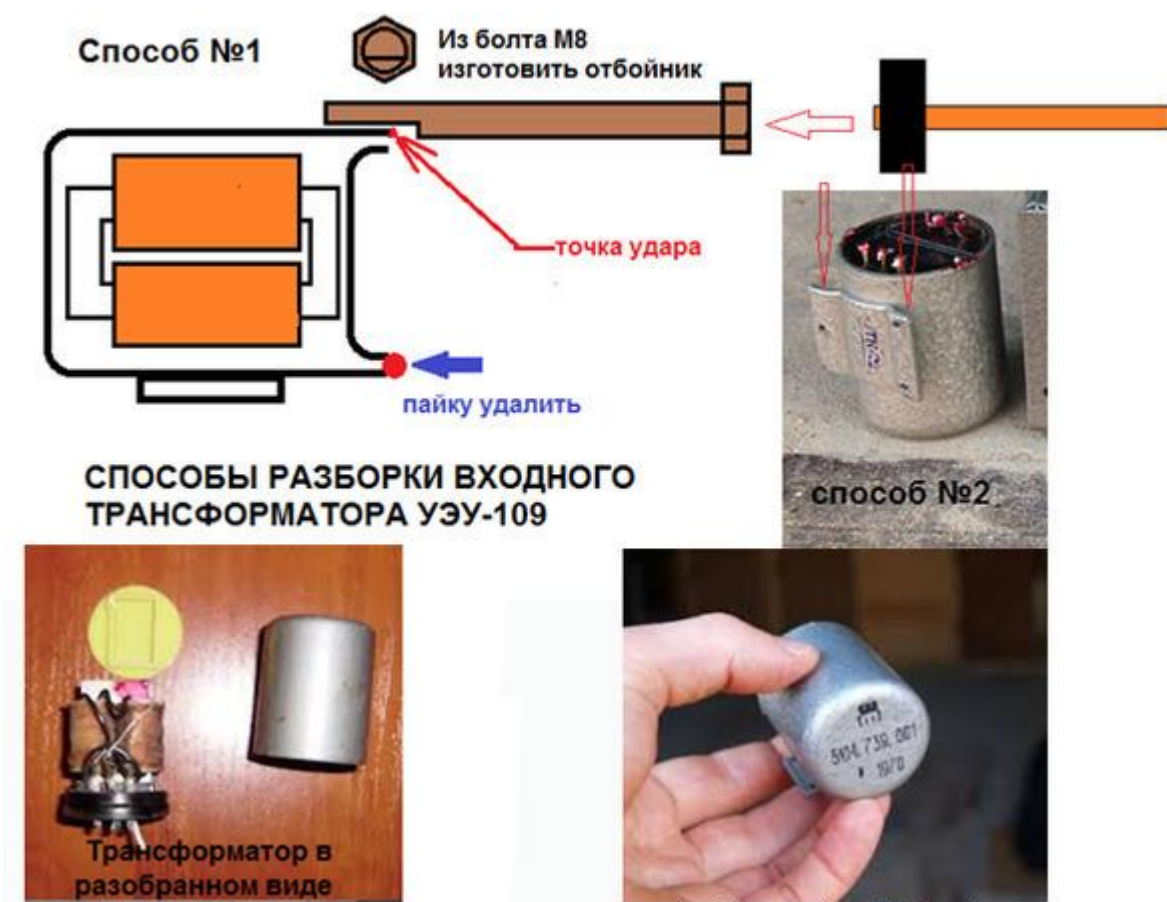
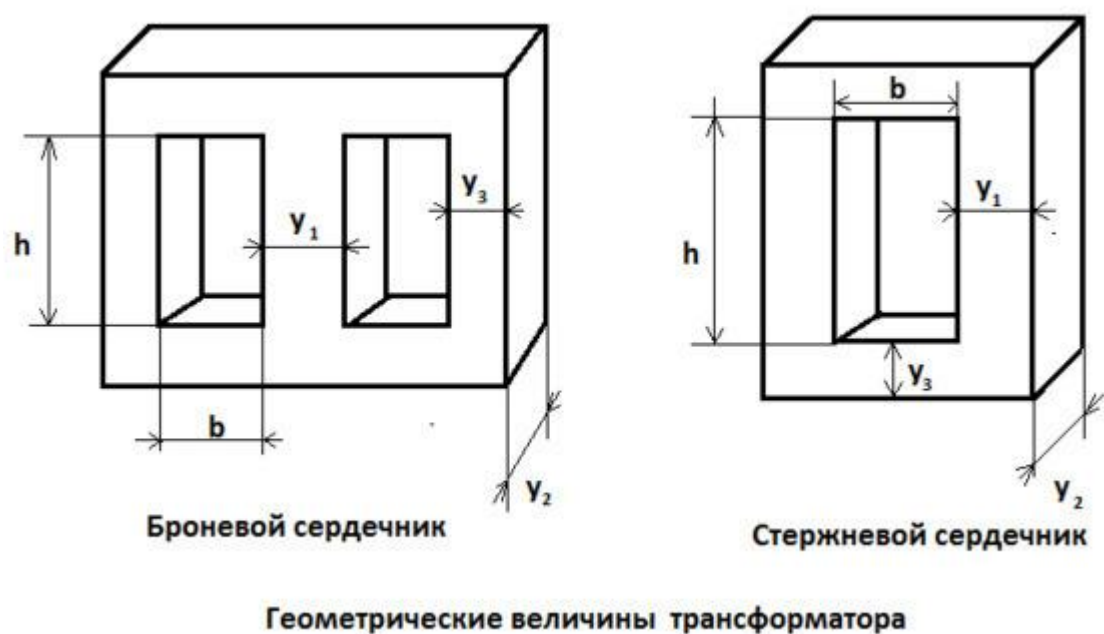


Рис.28

Далее, извлеките из обоих трансформаторов все пластины и перемешайте их таким образом, чтобы в каждый сердечник попала половина пластин из каждого трансформатора. В итоге получится два практически одинаковых сердечника. Теперь соберите уже с перемешанными пластинами один трансформатор. Если известно количество витков в обмотках трансформатора как в случае с указанными трансформаторами, выбираем обмотку с большим количеством витков и измеряем прибором ее индуктивность $L_{изм}$. Затем при помощи линейки или штангенциркуля определяем геометрические параметры сердечника и вычисляем длину силовой магнитной линии, среднюю длину витка и площадь сечения керна сердечника трансформатора.



l_c — длина силовой магнитной линии в см, вычисляемая по формуле:

$l_c = 2h + 2b + 0,5\pi y_1$ — (см) для броневого сердечника;

$l_c = 2h + 2b + \pi y_1$ — (см) для стержневого сердечника.

$Q_c = y_1 \cdot y_2$ — площадь сечения керна сердечника

l_0 — средняя длина витка, вычисляемая по формуле:

$l_0 \approx 2y_1 + 2y_2 + 2,5b$ — (см) для броневого сердечника;

$l_0 \approx 2y_1 + 2y_2 + 1,1b$ — (см) для стержневого сердечника.

И по формуле $\mu = 8920^2 L_{изм} / (W^2 Q_c)$, где

l_c — длина силовой магнитной линии сердечника в см;

W — количество витков в обмотке;

Q_c — площадь сечения керна сердечника см².

Вычисляем магнитную проницаемость μ .

Если число витков неизвестно, тогда после измерения индуктивности катушки необходимо будет смотать измеренную обмотку, подсчитывая количество витков. И вычислить μ по вышеприведенной формуле. В случае отсутствия обмоток придется намотать катушку (достаточно в пределах 100 витков) и провести измерение.

Пример расчета:

Сразу оговариваем, что формулы (имеющиеся в них некоторые константы и упрощения) приведены для случая, когда **завал АЧХ на границах воспроизводимого диапазона равен -1Дб**.

Рассматривается наиболее распространенный на практике случай, когда источник и потребитель (лампа первого каскада) включены несимметрично, т.е. **схема не балансная**.

Входной трансформатор изготавливается без подъема в области высших частот и включен **с шунтом во вторичной обмотке** (наиболее часто встречающийся на практике случай). Его эквивалентная схема показана на *рис.29*.

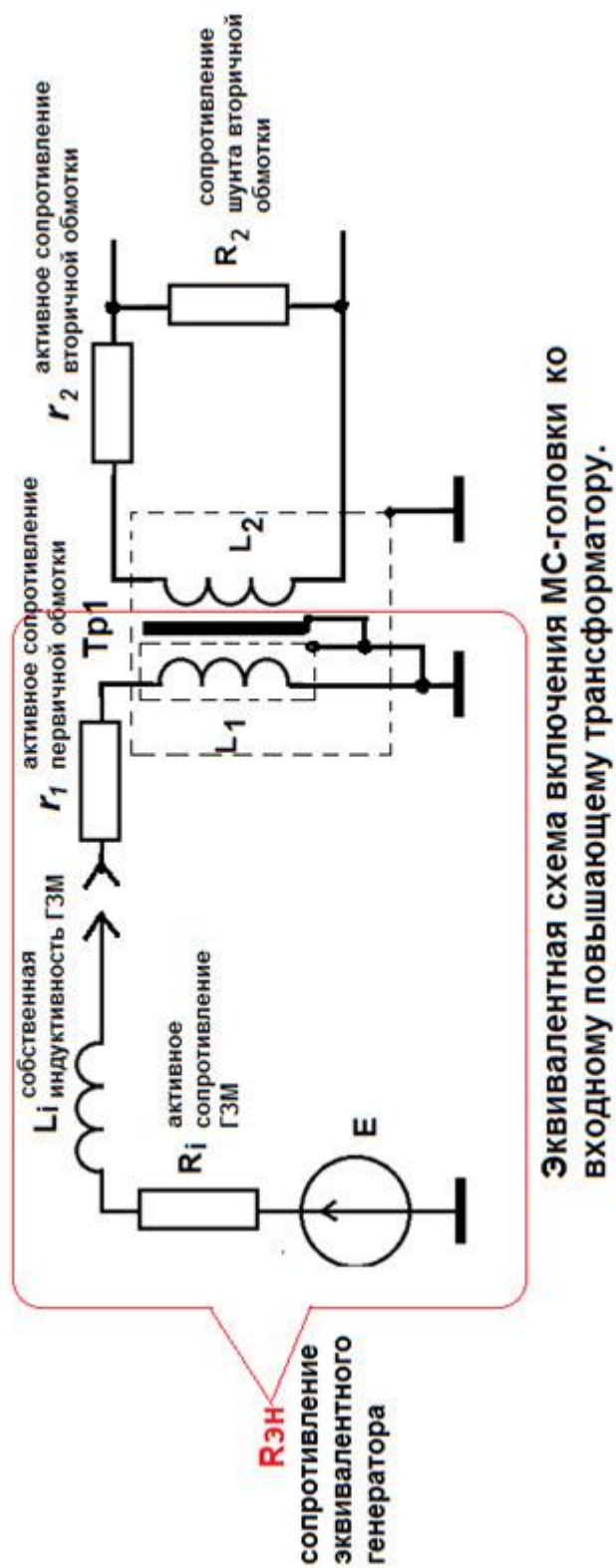


Рис.29

Дано: МС-головка Clearaudio CONCERTO V2 MC.

Собственная индуктивность головки $L_i = 35 \text{ мкГн}$

Активное сопротивление катушки головки $R_i = 30 \text{ Ом}$

Импеданс $R_v = 50 \text{ Ом}$.

Рекомендуемое значение приведенного к первичной обмотке сопротивления нагрузки трансформатора $R_{пр2} = 300 \text{ Ом}$.

Нижняя граница диапазона $F_n = 20 \text{ Гц}$.

Верхняя граница $F_v = 30000 \text{ Гц}$.

Коэффициент частотных искажений на нижней и верхней границах одинаковы и равны $M_n = M_v = 1.22$ (для -1Дб).

Источник железа сердечника —

трансформаторы от магнитофона МЭЗ-28.

$w = 1440$ витков, $l_c = 10.3 \text{ см}$, $l_o = 8.5 \text{ см}$, $Q_c = 1.27 \text{ см}^2$,

$L_{изм} = 77 \text{ Гн}$.

Подставляя эти значения в формулу для нахождения μ , получаем $\mu = 8920^2 \cdot 77 \cdot 10,3 / (1440^2 \cdot 1,27) = 23962$

Итак, магнитная проницаемость сердечника равна

$\mu=23962$

Шаг второй. Электрический расчет трансформатора

1) Определение величины индуктивности первичной обмотки трансформатора L₁и индуктивности рассеивания L_s(на высоких частотах).

Для этого надо определить необходимое активное сопротивление первичной обмотки r_1 , приведенное к первичной обмотке активное сопротивление вторичной обмотки r_2' и импеданс первичной обмотки на высоких частотахR_в. Активное сопротивление первичной обмотки r_1 равно:

$r_1 = r_2' = R_i (1/ \epsilon^2 - 1) / 2, \text{ где } \epsilon = 0,8 \text{ (рекомендуемое Цыкиным значение)}$

$r_1 = r_2' = 30 (1/ 0,8^2 - 1) / 2 = 8,4 \text{ Ом}$

Импеданс на высоких частотах R_в равен:

$R_v = r_1 + r_2' + R_i = 8.4 + 8.4 + 30 = 47 \text{ Ом},$

это почти совпадает с паспортным значением для головки- 50 Ом. Что косвенно подтверждает истинность рекомендаций Г. С. Цыкина по выбору величины $\epsilon = 0,8$.

2) Определение сопротивления эквивалентного генератора R_{эH}:

$R_{эH} = [(r_1 + R_i) (r_2' + R_{np2})] / (r_1 + r_2' + R_i + R_{np2}) =$
 $= (8.4 + 30) (8.4 + 300) / (8.4 + 8.4 + 30 + 300) = 34.1 \text{ Ом}$

3) Определение необходимой индуктивности первичной обмотки трансформатора L₁:

$L_1 = 0,159 R_{эH} / (F_H (M_H^2 - 1)^{1/2}) =$
 $= 0,159 * 34,1 / (20 * 0,508) = 0,534 \text{ Гн}$

4) Коэффициент включения нагрузки а равен

$a = R_2 / R_i = 300 / 30 = 10.$

5) Вспомогательный коэффициент A_в:

$A_v = a / (1 + a) = 10 / (1 + 10) = 0,91$

6) Определяем индуктивность рассеивания L_s:

$L_s = 0,225 R_v (M_v^2 - 1)^{1/4} / [F_v + F_v (1 - 2 / (1 + a))^{1/2}].$
 $L_s = 0,225 * 47 * 0,71 / (30000 * 1,904) = 1,314 * 10^{-4} \text{ Гн}.$

7) Проверка трансформатора на реализуемость.

Определим параметр $\sigma = L_s / L_1$. Если (для пермаллового сердечника) $\sigma < 0,003$, то трансформатор конструктивно реализуем. Проверка:

$\sigma = 0,0001314 / 0,534 = 0,000246 < 0,003$

Вывод: трансформатор технически реализуем.

8) Определяем максимально возможный коэффициент трансформации n:

$n = W_2 / W_1 = 0,159 (M_v^2 - 1)^{1/4} / (F_v (A_v + L_s + C)^{1/2}),$

где С – емкость входного узла корректора, составленная из емкости трансформатора C_{тр}, емкости монтажа схемы C_м и входной емкости C_{вх}=C_{с1} (емкость первой сетки с₁ лампы первого каскада).

C = C_м + C_{тр} + C_{вх}.

C_{с1} лампы 12Ж1Л равна 4 пф.

C_м = 30 пф (обычное значение по Цыкину).

C_{тр} = 20 пф (максимальное значение по Цыкину для пермалловых трансформаторов).

Итого получается **C = 20 пф + 30 пф + 4 пф = 54 пф**.

Подставив полученные значения в формулу расчета коэффициента трансформации, получаем:

$n = 0,159 * 0,71 / (30000 (0,91 * 9,5 * 10^{-3} * 54 * 10^{-12}) = 10,52$

Получить больший коэффициент трансформации при заданных технических условиях невозможно. Но и этого значения достаточно для МС-головки. Если нужен меньший, чем допустимый, коэффициент трансформации, то он волевым решением задается разработчиком, и дальнейший расчет производится с выбранным значением коэффициента трансформации. Мы же продолжим расчет с максимальным значением. В реальном каскаде из-за влияния других элементов входной цепи сигнал на выходе трансформатора будет несколько меньше, чем $n * U_{вх}$. Реальная величина сигнала на выходе трансформатора определяется коэффициентом передачи **K_о**. В нашем случае

K_о = nA_в = 10,52 * 0,91 = 9,5

9) Вычисление величины сопротивления шунта вторичной обмотки трансформатораR₂: $R_2 = n^2 R_{np2} = 10,5^2 * 300 = 33075 \text{ Ом}.$

Выбираем типовое значение сопротивления**33кОм**.

10) Определение активного сопротивления вторичной обмотки трансформатора: $r_2 = n^2 r_2' = 8,4 * 10,52^2 = 926 \text{ Ом}.$

Значения активных сопротивлений первичной и вторичной обмоток трансформатора необходимы для определения диаметра провода, которым будут наматываться данные обмотки.

На этом электрический расчет трансформатора закончен. В результате проведенных вычислений получили:

Индуктивность первичной обмоткиL₁=0.534 **Гн**

Индуктивность рассеивания на ВЧL_s=2.6 **мГн**

Сопротивление первичной обмоткиг₁=8.4 **Ом**

Сопротивление вторичной обмотки $\Gamma_2=926\text{ Ом}$

Сопротивление шунта вторичной обмотки $R_2=33\text{ кОм}$

Коэффициент трансформации равен $n=10.52$

Магнитная проницаемость сердечника равна $\mu=23962$

Шаг третий. Конструктивный расчет трансформатора

В этой части нам предстоит определить количество витков в обмотках трансформатора и диаметр провода, которым эти обмотки следует намотать.

1) Определение количества витков первичной обмотки w_1 :

$$w_1=8920\ (L_1I_c / (\mu Q_c))^{1/2}=$$

$$8920* (0,534*10,3/ (23962*1,27))^{1/2}=120\text{ витков}$$

В данной формуле I_c в см, а Q_c в см²

2) Определение количества витков вторичной обмотки w_2 :

$$w_2= n\ w_1=120*10,52=1262\text{ витка.}$$

3) Диаметр проводов вычисляется по формуле:

$$d_i\text{ (мм)} =0.15\ (W_iI_o /r_i)^{1/2},\text{ где}$$

I_o – средняя длина витка в метрах (в нашем случае 0,085м);

r_i – в Омах.

3.1.Рассчитываем диаметр провода первичной обмотки d_1 :

$$d1\text{ (мм)} =0.15\ (W_1I_o/r_1)^{1/2}=$$

$$=0.15\ (120*0,085/8,4)^{1/2}=0,165\text{ мм.}$$

3.2. Вычисление диаметра провода вторичной обмотки:

$$d2\text{ (мм)} =0.15\ (W_2I_o/r_2)^{1/2}=$$

$$=0.15\ (1262*0,085/926)^{1/2}=0,051\text{ мм.}$$

Глядя на все это безобразие с диаметрами проводов, необходимо напомнить рекомендации Г. С. Цыкина на тот случай, когда диаметр провода получается настолько малым, что невозможно физически намотать трансформатор из-за разрывов провода. При таком положении не возбраняется применить более толстый провод. При этом надо стремиться брать провод с диаметром максимально близким к рассчитанному. Конечно, согласованность трансформатора будет нарушена, но останется в пределах допусков. Если толщина провода, позволяющего реализовать конструкцию, значительно расходится с расчетом, то необходимо взять другой сердечник и провести расчет заново.

У нас же все получилось достаточно точно. Из доступных проводов стандартного ряда выбираем ПЭЛ 0,18 для первичной обмотки и ПЭЛ 0,05 для вторичной.

Шаг четвертый. Намотка катушек и сборка трансформатора

При сборке сердечника трансформатора необходимо выполнить одно принципиальное условие: входные трансформаторы собираются без зазора, т.е. «вперекрышку».

По расположению трансформатора внутри экранирующего кожуха имеются следующие требования:

1) трансформаторы на броневом сердечнике не критичны к форме кожуха и к своему расположению внутри него. Основное требование – отсутствие электрического контакта сердечника с кожухом. Далее, чем больше свободного пространства между кожухом и телом трансформатора (в разумных, естественно, пределах), тем лучше.

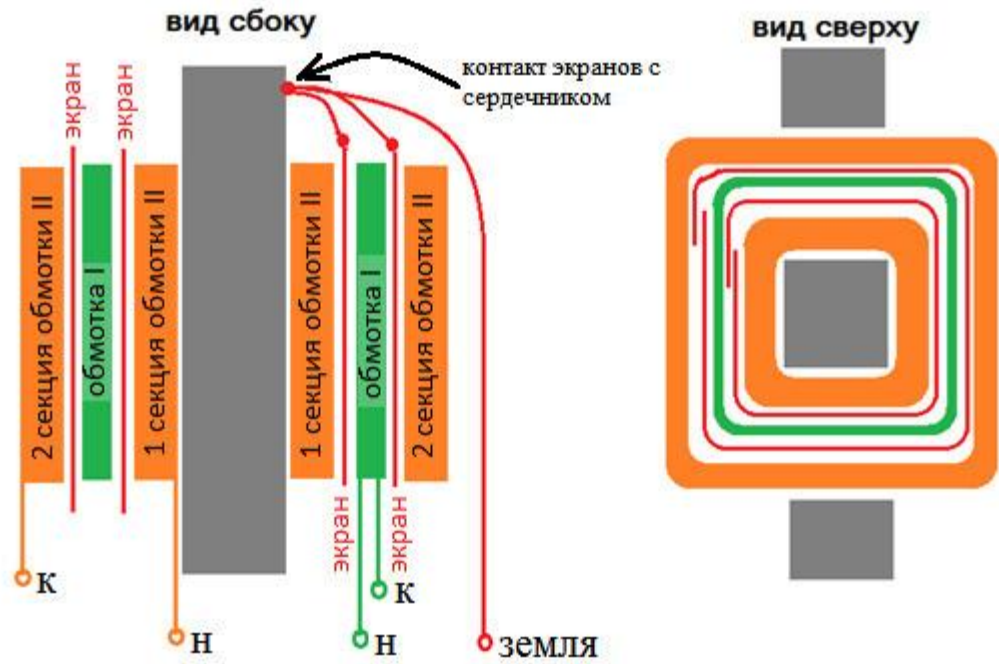
2) трансформаторы стержневой конструкции требуют симметричного своего расположения внутри кожуха. Только в этом случае минимизируются наводки. Конструктивно в полной мере этому отвечают трансформаторы и кожухи от уже упоминавшегося выше усилителя УЭУ-109.

3) С целью уменьшения наводок для обоих типов сердечника следует придерживаться следующего правила: наводки магнитных полей уменьшаются при уменьшении количества витков обмоток трансформатора, и при уменьшении его геометрических размеров. Наводки электрических полей уменьшаются с уменьшением активного сопротивления обмоток трансформатора.

Исчерпывающую информацию по этому вопросу можно найти в книге Г.С.Цыкина «Трансформаторы низкой частоты» 1955г. на стр.332.

А вот на способах намотки катушек и их внутреннего экранирования стоит остановиться поподробнее.

Первичная обмотка входного повышающего трансформатора для МС-головок, как правило, имеет сравнительно небольшое, в пределах 100—300, количество витков. Поэтому обычно все они укладываются в одну секцию. Вторичную обмотку делят на две равные секции, между которыми располагают первичную обмотку. Такого секционирования достаточно, чтобы с лихвой перекрыть звуковой диапазон частот. При этом, после намотки первой секции вторичной обмотки, наматывают из медной фольги экран, разделяющий ее с первичной обмоткой. После намотки первичной обмотки снова наматывают экран из медной фольги, разделяющий ее с второй секцией вторичной обмотки. Понятное дело, что экраны должны быть сделаны «внахлест», но незамкнуты, во избежание образования короткозамкнутого витка. Экраны электрически соединяются между собой и с сердечником трансформатора, и от точки соединения наружу кожуха выводится провод. У трансформатора стержневой конструкции таким образом изготавливается каждая катушка.

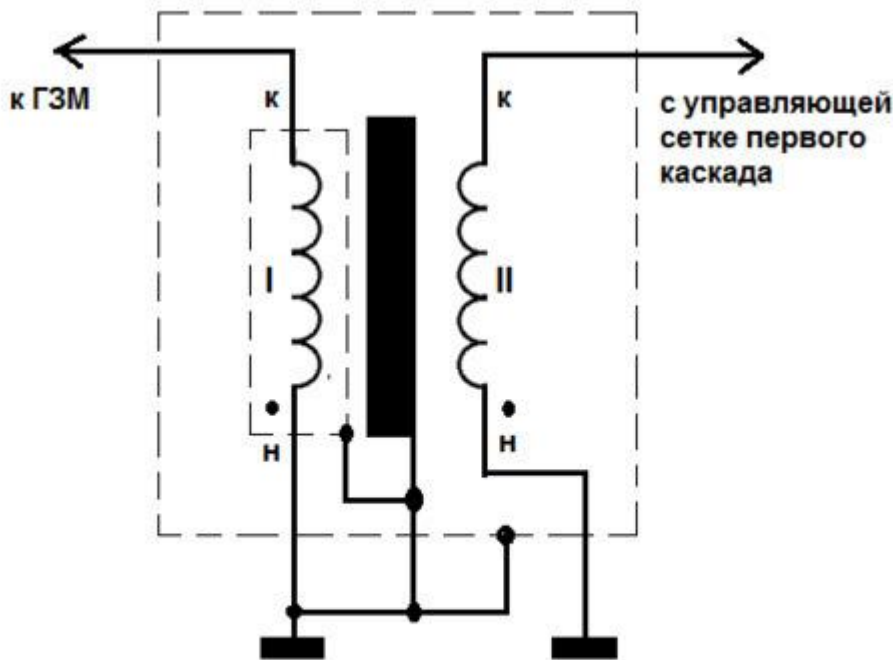


Конструкция входного трансформатора в разрезе.

Чтобы собственная емкость трансформатора Стр была минимальной, обмотки трансформатора следует подключить так:

Первичная обмотка: начало соединить с землей, конец к сигнальному контакту входного разъема.

Вторичная обмотка: начало соединить с землей, конец к управляющей сетке лампы первого каскада.



Порядок включения обмоток входного повышающего трансформатора при несимметричном источнике и потребителе

И вот, возникает искушение, а зачем делать отдельно корректор для ММ- и МС-головок? Нельзя ли слепить все в одном, и мультисистемность по видам коррекции и всеядность по типам головок? И, как говорится, глаза боятся, руки – делают. Все получилось без особых осложнений. Ручка переключателя вида источника была установлена на задней панели прибора рядом с входными гнездами и помещена в латунный (можно и в алюминиевый) экран. Ручка переключателя вида коррекции, естественно, красуется на передней панели прибора. Блок питания такого корректора должен быть однозначно в отдельном корпусе, иначе наводок не победить. Назовем его «Универсальный».

Винил-корректор «УНИВЕРСАЛЬНЫЙ»

Принципиальная схема универсального корректора представлена на *рис. 31* (с целью уменьшения шумности второй каскад исполнен в триодном включении).

Для нее достаточно иметь переключатель на два направления с пятью положениями. Переключатель сопротивления входа должны иметь четыре положения и четыре направления. Число направлений может быть большим, если будет большее количество вариантов сопротивления входа. Номиналы конденсаторов цепей коррекции расчетные, на практике их, возможно, придется подбирать. Как правило, подбора требует конденсатор отвечающий за величину $t1$ (25 – 100 мкс). На схеме обозначены как С6, С8, С10, С13, С14. Делитель напряжения стоящий на входе третьего каскада необходим для выравнивания уровня сигнала при переключении от МС к ММ головке. Коэффициент деления выбирается в соответствии с разницей номинального напряжения сигнала, снимаемого с МС и ММ головок соответственно. Выходной каскад выполнен на двойном триоде 6Н28Б-В. Экспериментальным путем была выбрана именно эта лампа, как обладающая наименьшим окрашиванием звука, отсутствием микрофонного эффекта, и экономичностью подогревателя накала. Кроме того, сделано два выхода. Что позволяет выбрать либо типовую двухкаскадную схему (Выход ММ), либо трехкаскадную (Выход универсальный). Такой подход позволяет каждому самостоятельно определить, что звучит лучше. А, может, практически одинаково?

Блок питания к такому аппарату усложняется т.к. напряжение накала у 6Н28Б-В, в отличие от 12Ж1Л, равно 6.3В. Поэтому к источнику 12В необходимо подключить интегральный стабилизатор напряжения на 6В типа КРЕН5Б или 7806. Естественно, в этом случае источник 12В должен иметь запас по току на величину тока, потребляемого

подогревателем катодного повторителя, т.е. примерно на 300 мА. Микросхему рекомендуется установить прямо в корпусе корректора в непосредственной близости от лампы. В этом случае не возникнет необходимости проводить еще одну пару проводов от блока питания. Проанализировав схему, определяем минимально необходимые параметры блока питания корректора:

Анодное напряжение $U_a=300\text{В}$ при токе не менее 30мА.

Напряжение накала стабилизированное $U_n=12\text{В}$ при токе не менее 650мА.

Параметры и ВАХ двойного триода 6Н28Б-В представлены на рис.36.

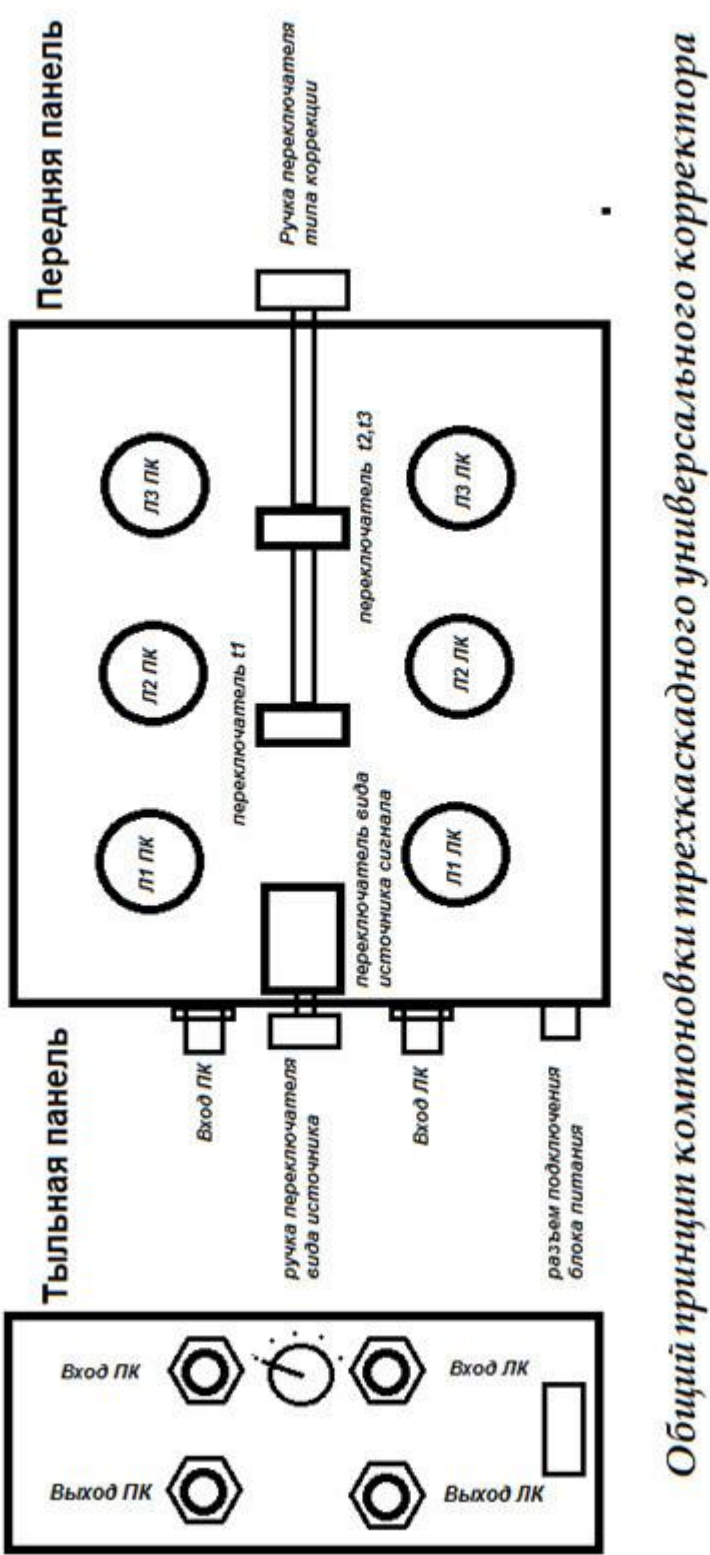


Рис.30

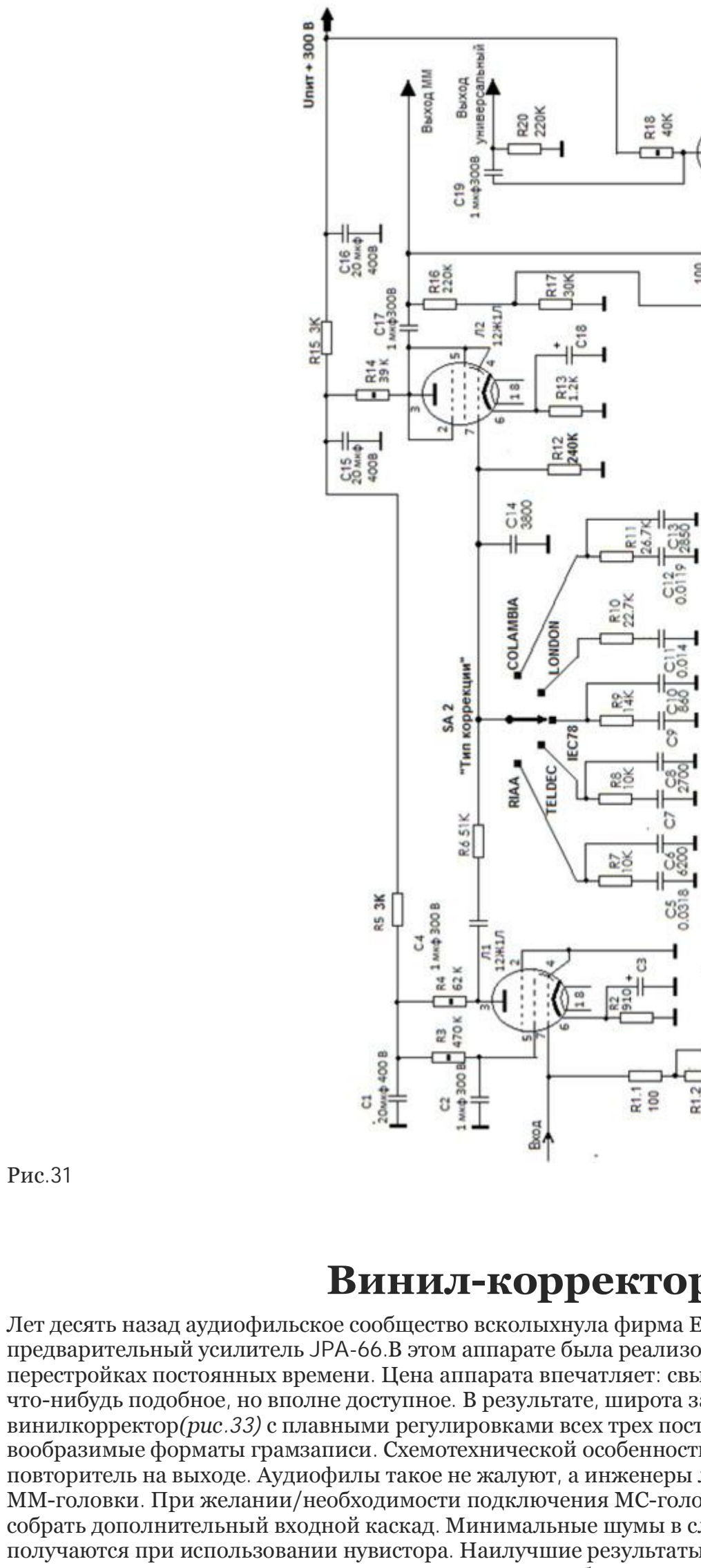


Рис.31

Винил-корректор «МЕЧТА»

Лет десять назад аудиофильское сообщество всколыхнула фирма ЕМТ, выпустившая к своему 66-летию предварительный усилитель JPA-66. В этом аппарате была реализована мечта винилового меломана о плавных перестройках постоянных времени. Цена аппарата впечатляет: свыше 22000 ЕВРО. Вот и подумалось, а не сотворить ли что-нибудь подобное, но вполне доступное. В результате, широта задачи определила схемотехнику. И родился винилкорректор(рис.33) с плавными регулировками всех трех постоянных времени в диапазонах, перекрывающих все вообразимые форматы грамзаписи. Схемотехнической особенностью данного корректора является катодный повторитель на выходе. Аудиофилы такое не жалуют, а инженеры любят. Вход корректора рассчитан на подключение ММ-головки. При желании/необходимости подключения МС-головки можно использовать МС-трансформатор, либо собрать дополнительный входной каскад. Минимальные шумы в случае постройки дополнительного каскада получаются при использовании нувистора. Наилучшие результаты среди нувисторов показали 6С51Н и 6С52Н. Звук при использовании нувисторов становится, правда, грубее. На рис.31 показаны типовые входные каскады на нувисторах 6С51Н и 6С52Н. В особых пояснениях эти схемы не нуждаются, как говаривал начальник кафедры цифровых и импульсных устройств ВВВИУРЭ полковник Котов: «Это и ежу понятно».

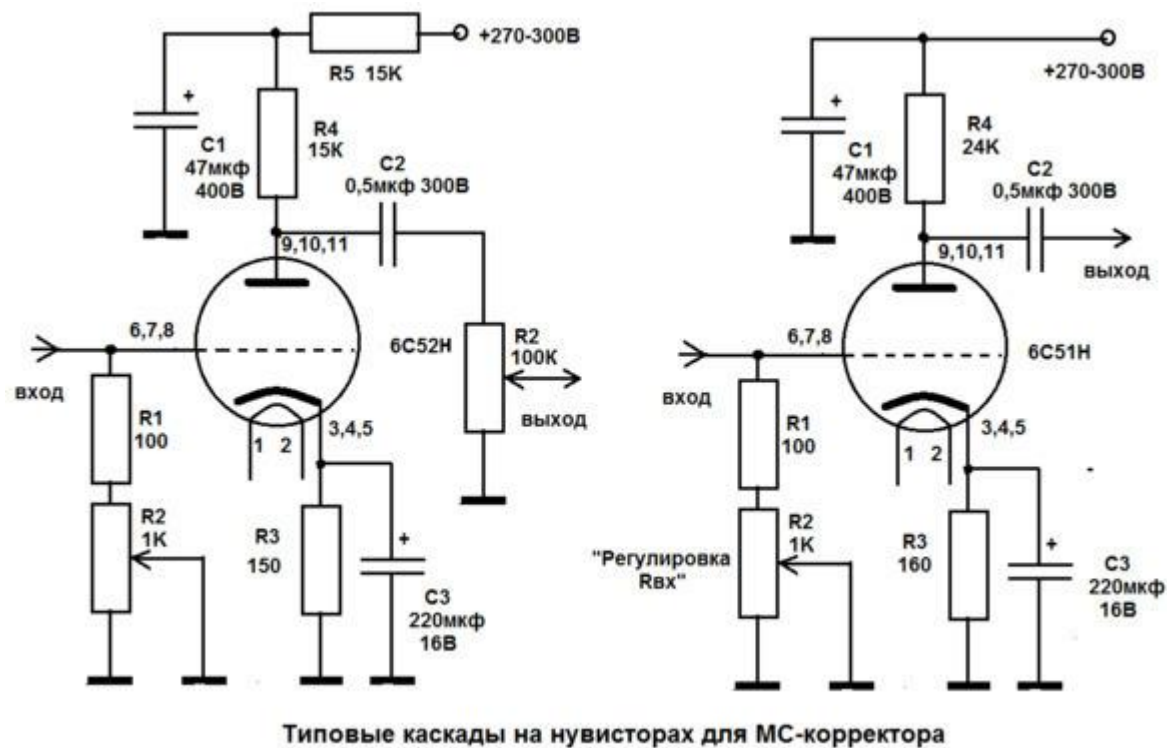


Рис.31

Если же применить на входе каскад на 12Ж1Л в триодном включении (сетка третья подключена к земле) шумы выше, но звук не изменяется. Далее, с целью упрощения регулировки постоянных времени, применена распределенная по каскадам коррекция. После первого каскада расположена цепь регулировки $t1$, после второго каскада – $t2, t3$. Третий каскад – катодный повторитель, связанный непосредственной связью с предыдущим каскадом. По поводу нелюбви (из-за «ухудшения звучания») аудиофилов катодного повторителя на выходе корректора: сравнение на звук типового корректора на 12Ж1Л с корректором, имеющим катодный повторитель, выявлено следующее: ухудшения звучания на слух при применении катодного повторителя НЕ ЗАМЕЧЕНО. При этом явно снизилось влияние емкости кабеля на звучание корректора. Так что, не бойся, читатель, смело повторяй схему с катодным повторителем! В целом же, «погоняв» данный корректор с разными грампластинками, как отечественными, так и зарубежными, с удивлением обнаружили, что многие советские пластинки даже времен торжества формата RIAA, естественнее звучат в формате IEC78, пластинки БИТЛЗ, выпущенные в Болгарии- в формате LONDON M33&45. И, как оказалось в целом, совсем не факт, что записи сделанные после 1972 года будут иметь частотные характеристики соответствующие стандарту RIAA. Так что, корректор с плавной перестройкой постоянных времени, скорее всего, наиболее правильное решение при достатке сил для изготовления или средств для его покупки.

Однако, перейдем к описанию схемы. В качестве лампы катодного повторителя используется наша любимая 12Ж1Л в триодном включении. Проанализировав схему, определяем минимально необходимые параметры блока питания корректора:

- Анодное напряжение $U_a=300В$ при токе не менее 30мА.
- Напряжение накала – стабилизированное $U_n=12В$ при токе не менее 500мА

Особо следует остановиться на элементах цепей регулировки постоянных времени. Постоянная времени $t1$ изменяется при помощи конденсатора переменной емкости. Найти сдвоенный конденсатор с таким большим диапазоном перестройки задача непростая. Как выход из положения можно порекомендовать следующий вариант (он, кстати, имеет определенное удобство): применить галетный переключатель на два направления и шесть положений. Значения постоянных времени в этом случае следует взять следующие:

- 0 мкс (коррекция отсутствует)
- 25 мкс (использовалась компанией BBC)
- 50 мкс (TELDEC, IEC78, CCIR)
- 57 мкс (LONDON M33&45, DECCA)
- 75 мкс (RIAA)
- 100мкс (COLAMBIA, NAB, NARTB)

При таком исполнении отпадает необходимость в отдельном выключателе цепи коррекции (см. рис. 35). Постоянные времени $t2$ и $t3$ регулируются при помощи сдвоенных (для стерео варианта) переменных резисторов. Понятно, что разбаланс сопротивлений должен быть минимален. На практике достаточна точность не хуже 5%. Лучше, если резисторы будут проволочными. При указанных на принципиальной схеме (рис. 32) номиналах деталей перестройка составит: по $t1$ от 50 до 100 мкс; по $t2$ от 159 до 650 мкс; по $t3$ от 1590 до 3180 мкс. Плюс возможность отключения регулировки $t1$ и $t3$.

Цепь коррекции $t1$ классическая, т.е. находящаяся между двумя каскадами усиления, разделенными между собой конденсатором. Порядок расчета цепи коррекции описан в главе «Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в классической схеме усилителя – корректора». Подбором емкости постоянного конденсатора С6.1 задается минимальное значение $t1$, а максимальная емкость переменного конденсатора С6.2 определяет максимальное ее значение.

Цепь коррекции $t2$ и $t3$ находится между каскадами усиления с непосредственной связью, и порядок ее расчета описан в главе «Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в

схеме усилителя – корректора с непосредственными связями». С целью упрощения коммутации отключение коррекции по $t3$ производится следующим образом: включением последовательно с потенциометром регулировки $t3$ сопротивления номиналом 300 кОм. В результате такого действия $t3$ смещается в область ниже 20 Гц и практически не оказывает влияния на регулировку $t2$. Т.е. когда контакты выключателя SA1 разомкнуты, цепь коррекции $t3$ выключена.

Рис.32

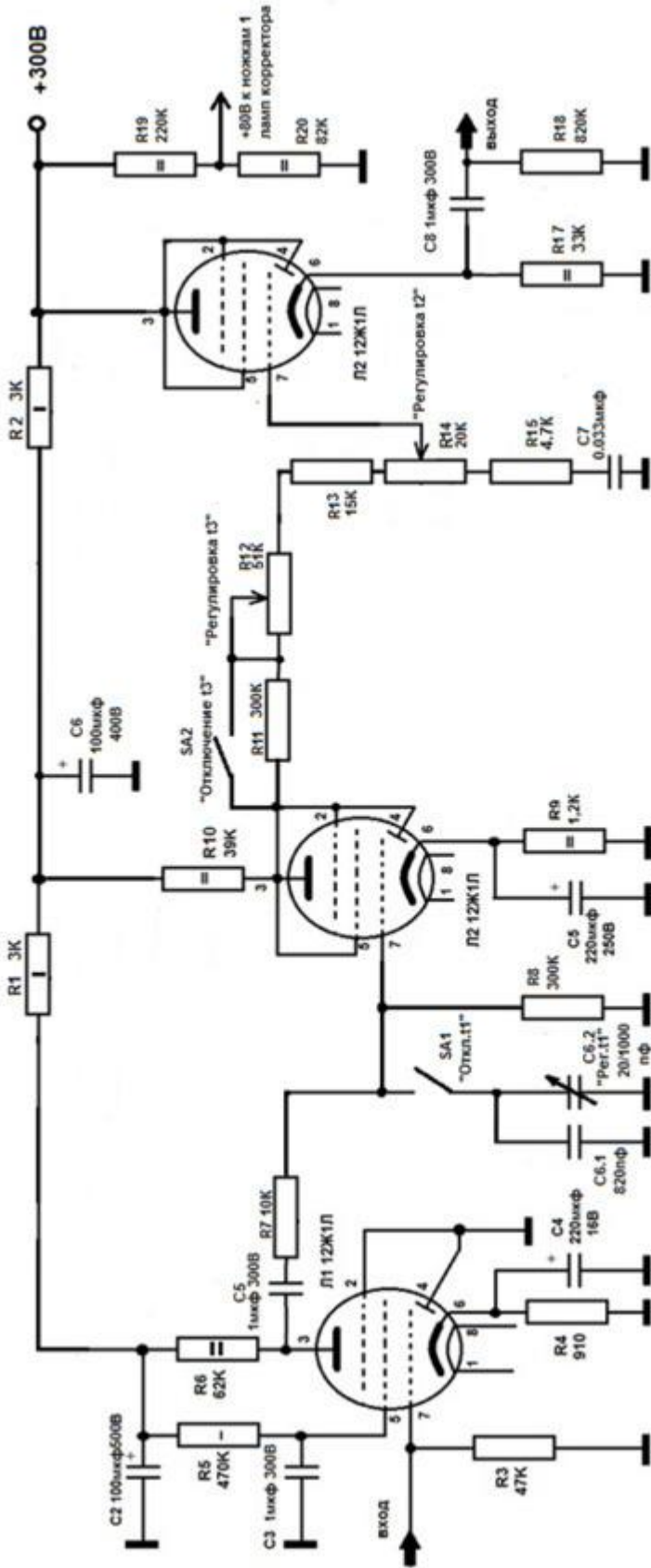


Схема винил корректора с плавно изменяемыми постоянными времени t_1 , t_2 , t_3

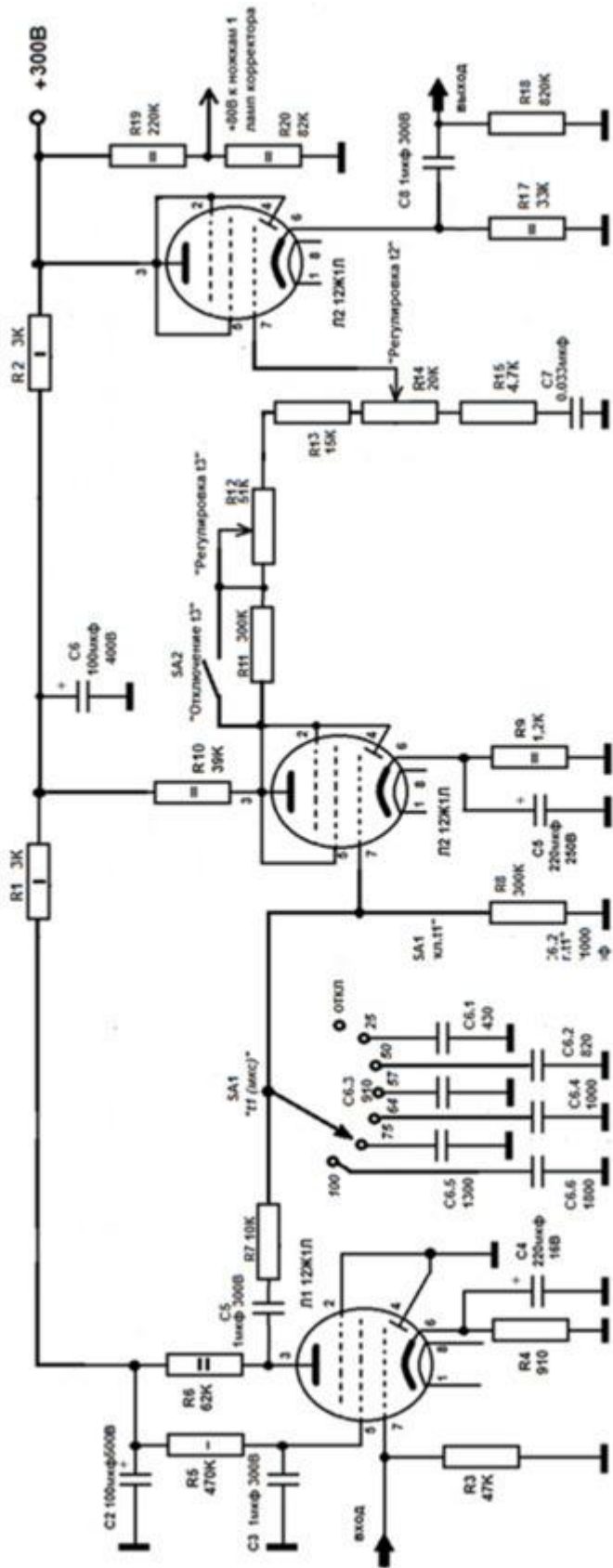


Схема винил корректора с плавно изменяемыми постоянными времени t_2, t_3 и дискретно t_1

Рис.33

Поскольку лампа катодного повторителя Л3 имеет потенциал подогревателя около 150В относительно земли, то необходимо на подогреватели подать «подпирающее» напряжение порядка 80В. Мера эта вынужденная, так как максимально допустимая разность потенциалов между катодом и подогревателем лампы 12Ж1 Л не превышает +/- 100В. Роль источника напряжения +80В играет делитель R19R20 (рис.33).

Еще немного о кенотронах

Фирмой ТЕЛЕФУНКЕН был разработан прямонакальный двуханодный кенотрон с локтальным цоколем AZ21 (рис.35). Внешне красив, предназначен для питания усилителей суммарной мощностью до 9 Ватт. Для уменьшения уровня фона сделан отвод от середины катода (ножка 5). Всем хорош, за исключением: накал 4 Вольта 1А (Тунгсрам) или 1,3А (Телефункен) и, что особенно неприятно удивило, прогревается и выдает напряжение на выход за 2—3 секунды. То есть, при его применении необходимо делать устройство задержки включения высокого напряжения.

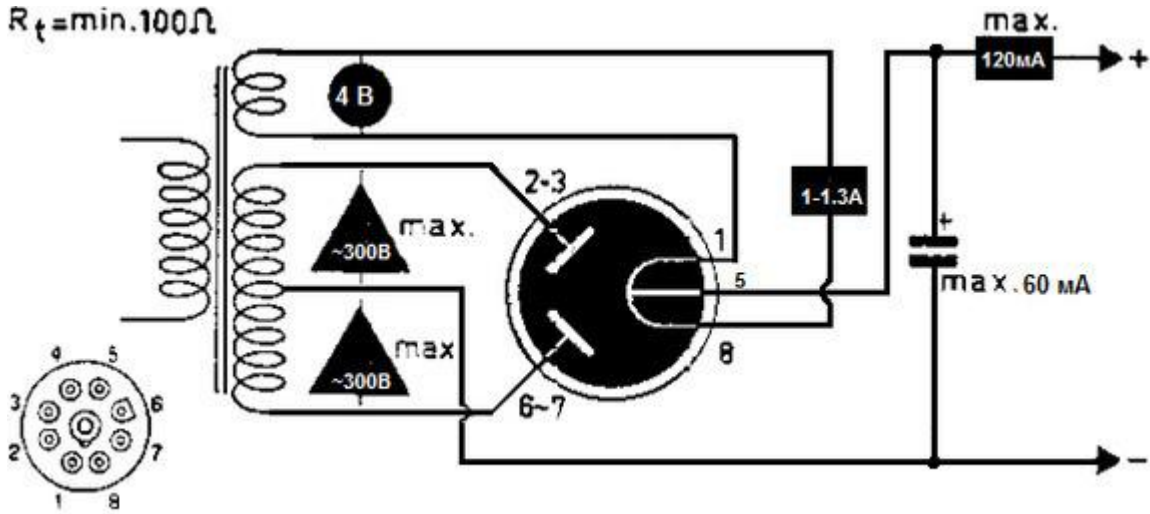


Рис.35

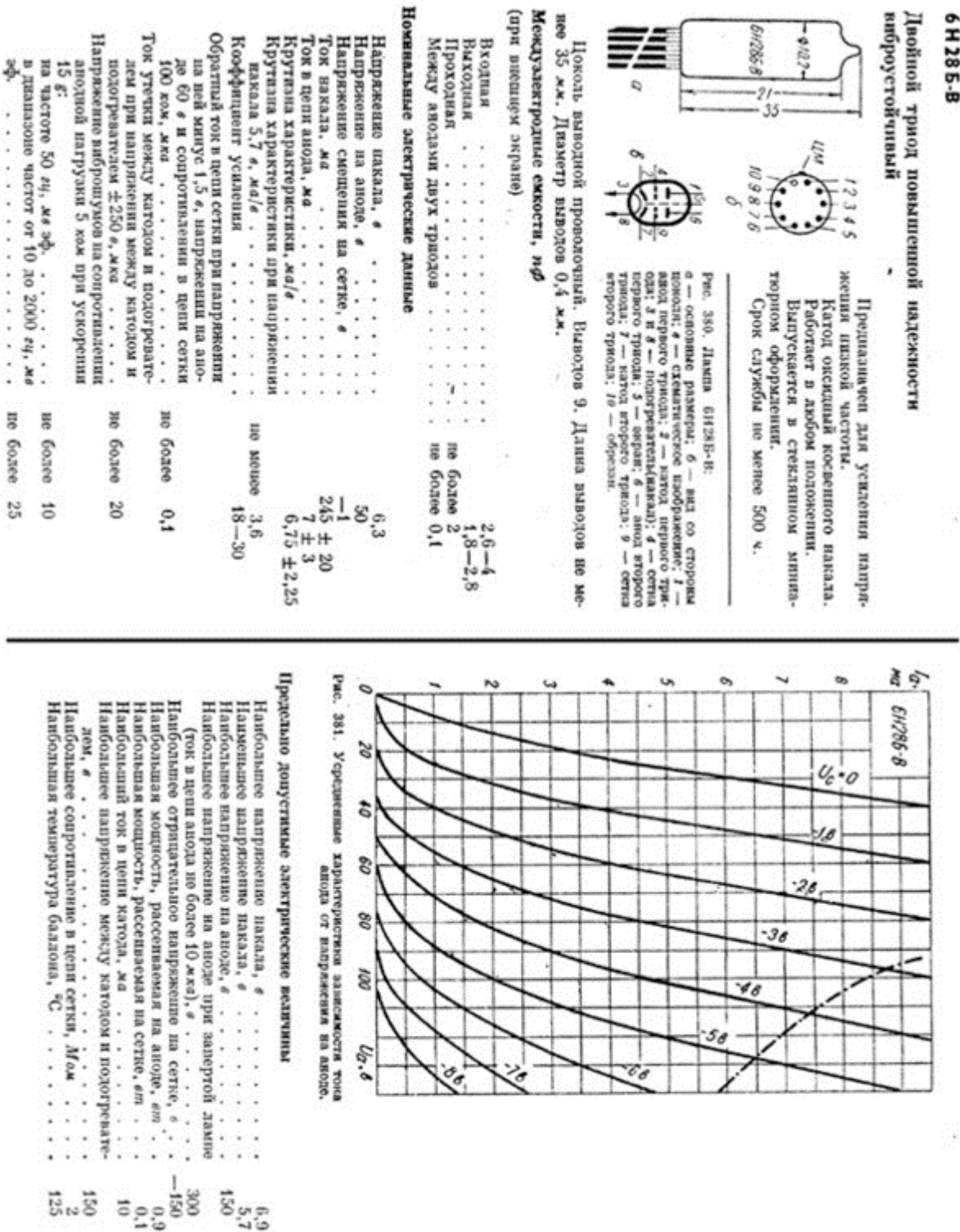


Рис.36 Двойной триод 6Н28Б.

Усилители мощности. Оконечный усилитель 4Ж1Л+ 4П1Л

Основные характеристики:

Выходная мощность 2,5—3 Ватта

Чувствительность 0,2—0,3 Вольта

Приведенное сопротивление первичной обмотки выходного трансформатора 5 кОм

Сопротивление нагрузки 8, 16 Ом

Полоса пропускания по уровню -1 дБ 20 Гц-23000 кГц

Ток покоя выходного каскада 35 мА

Устройство представляет собой однотактный усилитель с непосредственными связями между каскадами. Поэтому при замене любой из ламп (входной или выходной) необходима будет подстройка тока покоя выходной лампы. Идеология построения усилителя – двойное МОНО. Именно для такого исполнения будут указаны данные трансформатора питания и номиналы резисторов блока питания. Двойное моно для усилителей с непосредственной связью предпочтительней с той точки зрения, что упрощается установка тока покоя выходного каскада, т. к. в этом случае правый и левый каналы не связаны между собой по питанию и регулировка становится независимой. В случае питания обоих каналов усилителя от общего источника регулировка тока покоя в одном канале неизбежно влечет за собой изменение тока в другом и настройка усложняется. В принципе, это делать приходится не часто и желающие сделать общий блок питания могут самостоятельно пересчитать трансформатор источника питания. Благо, что литературы и ИНТЕРНЕТ ресурсов по этому вопросу предостаточно.

Описание схемы (рис. 42): На лампе Л1 (4Ж1Л) собран входной каскад. Напряжение на аноде этой лампы определяет ток покоя выходной лампы Л2 (4П1Л). Регулировка анодного напряжения лампы Л1 осуществляется изменением сопротивления подстроечного резистора R4. Увеличение его сопротивления уменьшает напряжение на аноде Л1 и, следовательно, уменьшается и ток покоя выходной лампы Л2. И наоборот. Рекомендуется включить R4 в схему таким образом, чтобы максимальному сопротивлению соответствовало крайнее, против часовой стрелки, положение ручки регулировки. Напряжение на катоде лампы Л2 определяется напряжением нижнего плеча источника питания и, по окончании настройки, должно быть больше напряжения на аноде Л1 на величину напряжения смещения лампы Л2. Для лампы 4П1Л это около 7—8 Вольт.

ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД

4П1Л

В новых разработках не применять

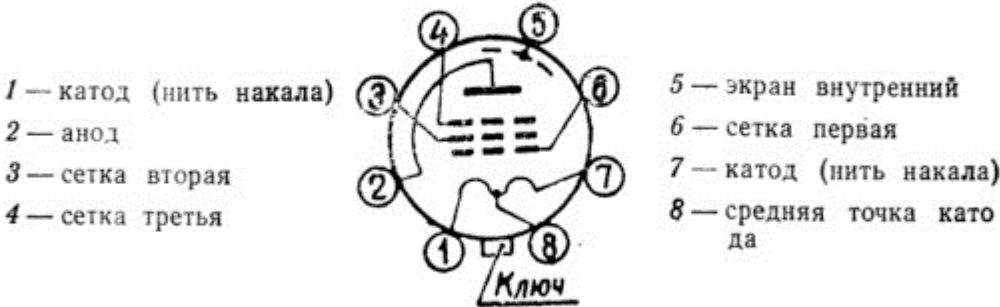
По техническим условиям ЧТУ 11.411—57.

Основное назначение — генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты (до 100 Мгц) в аппаратуре специального назначения.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный прямого накала.
Оформление — стеклянное, на плоской ножке.
Вес наибольший 35 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

	Включение катода	
	параллельное	последовательное
Напряжение накала (∼ или =), в	2,1	4,2
Ток накала, ма	650 ± 50	325 ± 25
Напряжение анода (=)	150 в	
Напряжение сетки второй (=)	150 в	
Напряжение сетки третьей (=)	0	
Напряжение сетки первой в рабочей точке (=)○	минус 7 ± 2,5 в	
Ток сетки второй ○	не более 6,5 ма	
Ток анода при напряжении сетки первой минус 3,5 в	60 ± 20 ма	
Крутизна характеристики○	6 ^{+1,8} _{-1,5} ма/в	
Проницаемость (в триодном включении) . . .	10,5 ± 2%	

4П1Л

ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД

Выходная мощность □	не менее 4,2 вт
Выходная мощность при напряжении накала 3,6 в □	не менее 3,5 вт
Ток анода в начале характеристики △	не более 7 ма
Напряжение виброшумов *	не более 500 мв
Долговечность	не менее 1000 ч
Критерий долговечности:	
выходная мощность □	не менее 3,3 вт
выходная мощность при напряжении накала 3,6 в □	не менее 2,5 вт

○ При токе анода 35 ма.
□ В режиме усиления мощности при напряжении анода 200 в, напряжении сетки первой минус 20 в, напряжении сетки третьей 15 в, напряжении сигнала в цепи сетки первой 18 в (эфф.), при токе катода не более 50 ма, токе сетки второй 10 ма, токе сетки первой около 1 ма.
△ При напряжении сетки первой минус 18 в.
* На сопротивлении в цепи анода 2 ком, при вибрации с частотой 20-200 гц и ускорением 2,5 g.

МЕЖДУЭЛЕКТРОДНЫЕ ЕМКОСТИ

Входная	8,5±1 пф
Выходная	9,3±1,5 пф
Проходная	не более 0,1 пф

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

	Включение катода	
	параллельное	последовательное
Напряжение накала (≈ или =):		
наибольшее, в	2,35	4,7
наименьшее, в	1,95	3,9
Наибольшее напряжение анода (=):		
рабочее	250 в	
без нагрузки	300 в	
Наибольшее напряжение сетки второй (=):		
рабочее	250 в	
без нагрузки	300 в	
Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом	7,5 вт	

ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД

4П1Л

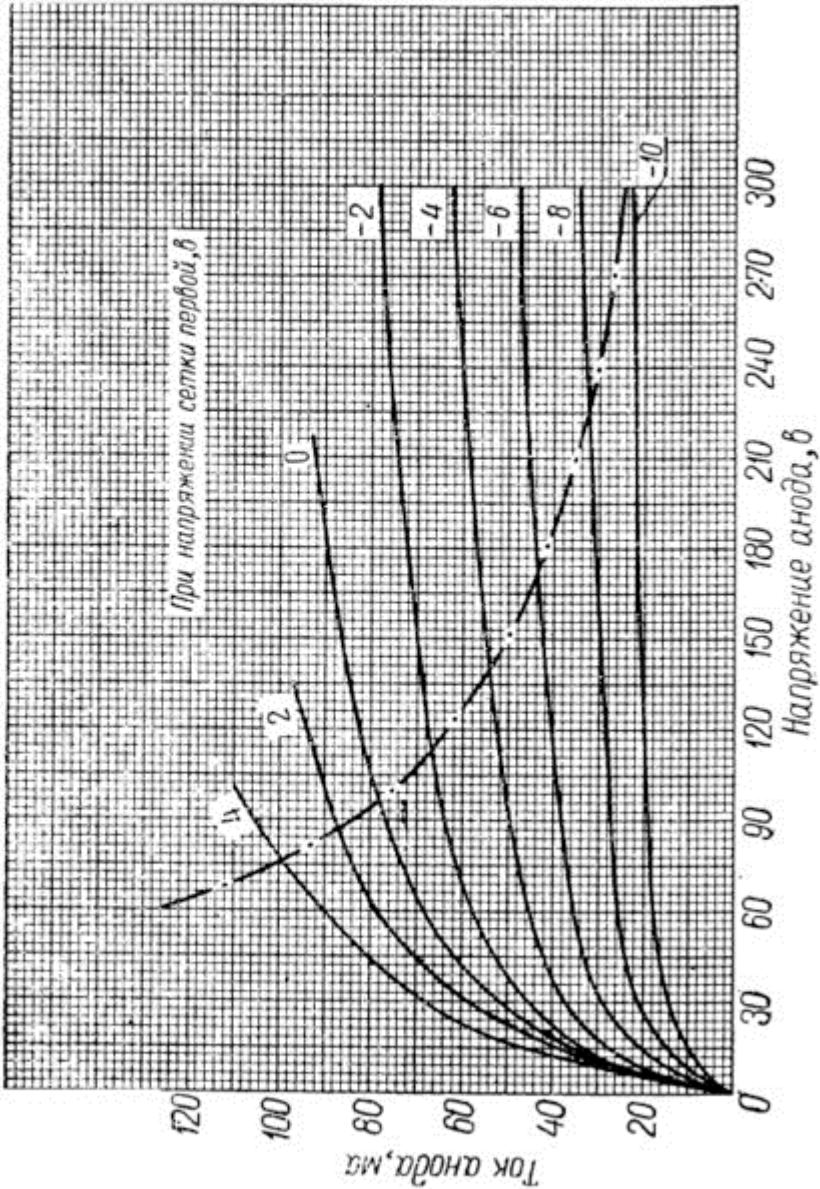
Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой второй	1,5 <i>вт</i>
Наибольшая колебательная мощность (при длине волны 10 м)	около 4,5 <i>вт</i>
Наибольший ток катода	50 <i>ма</i>
Наибольшее сопротивление в цепи сетки:	
первой	0,5 <i>Мом</i>
третьей	0,1 <i>Мом</i>
Время разогрева катода	1,5 <i>сек</i>
Устойчивость против внешних воздействий:	
Температура окружающей среды:	
наибольшая	плюс 70° С
наименьшая	минус 60° С
Относительная влажность при температуре плюс 20° С	95—98%
Вибропрочность	5 <i>g</i>
Виброустойчивость	2,5 <i>g</i>
Гарантийный срок хранения в складских условиях	3 года

По техническим условиям СБЗ.308.003 ТУ

Ток накала	320±30 <i>ма</i>
Ток сетки второй	не более 7 <i>ма</i>
Крутизна характеристики	6,5±2 <i>ма/в</i>
Напряжение виброшумов	не более 1000 <i>мв</i>
Долговечность	не менее 1000 ч
Критерии долговечности:	
выходная мощность	не менее 3 <i>вт</i>
Вибропрочность	2,5 <i>g</i>
Ударные нагрузки	12 <i>g</i>
Гарантийный срок хранения в складских условиях	4 года

Примечание. Остальные данные такие же, как у 4П1Л по ЧТУ 11 411—57.

УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
— — — — — наибольшая допустимая мощность, рассеиваемая анодом
Напряжение накала 4,2 в
Напряжение сетки второй 150 в
Напряжение сетки третьей 0



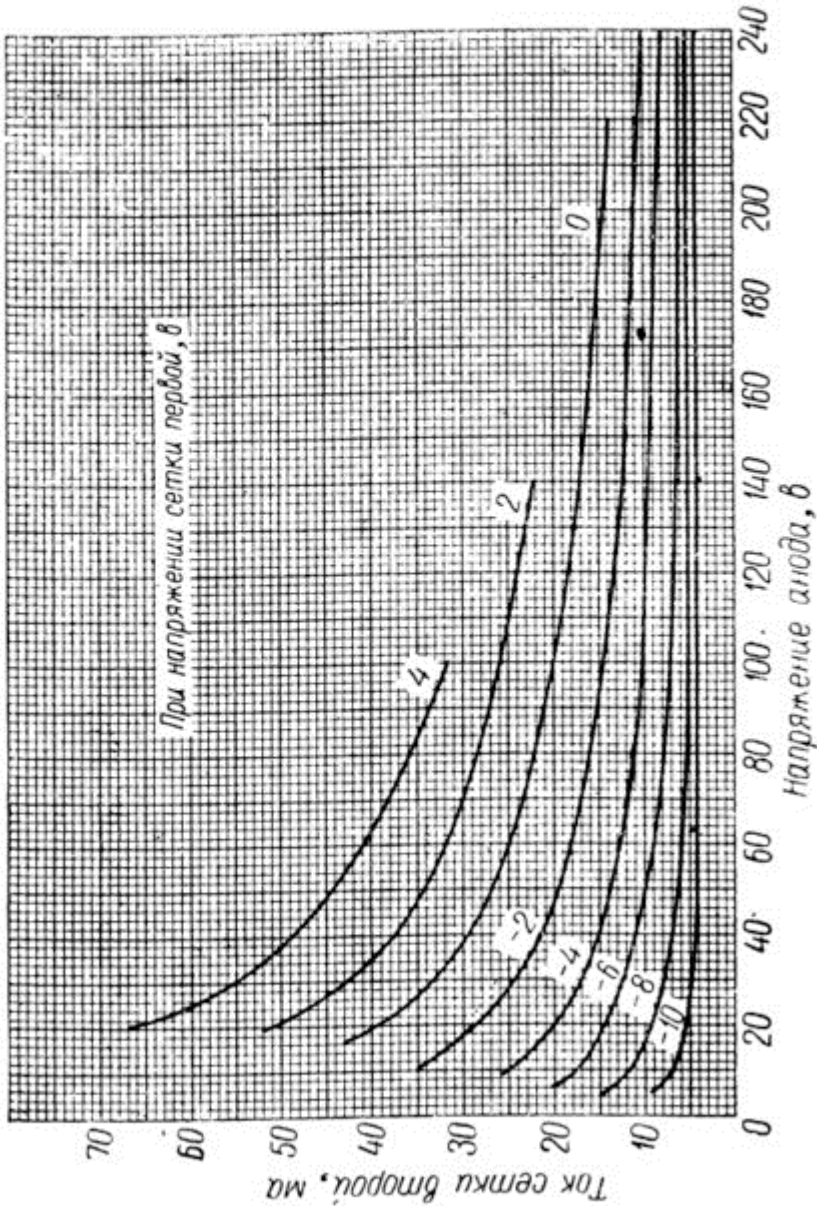
4П1Л

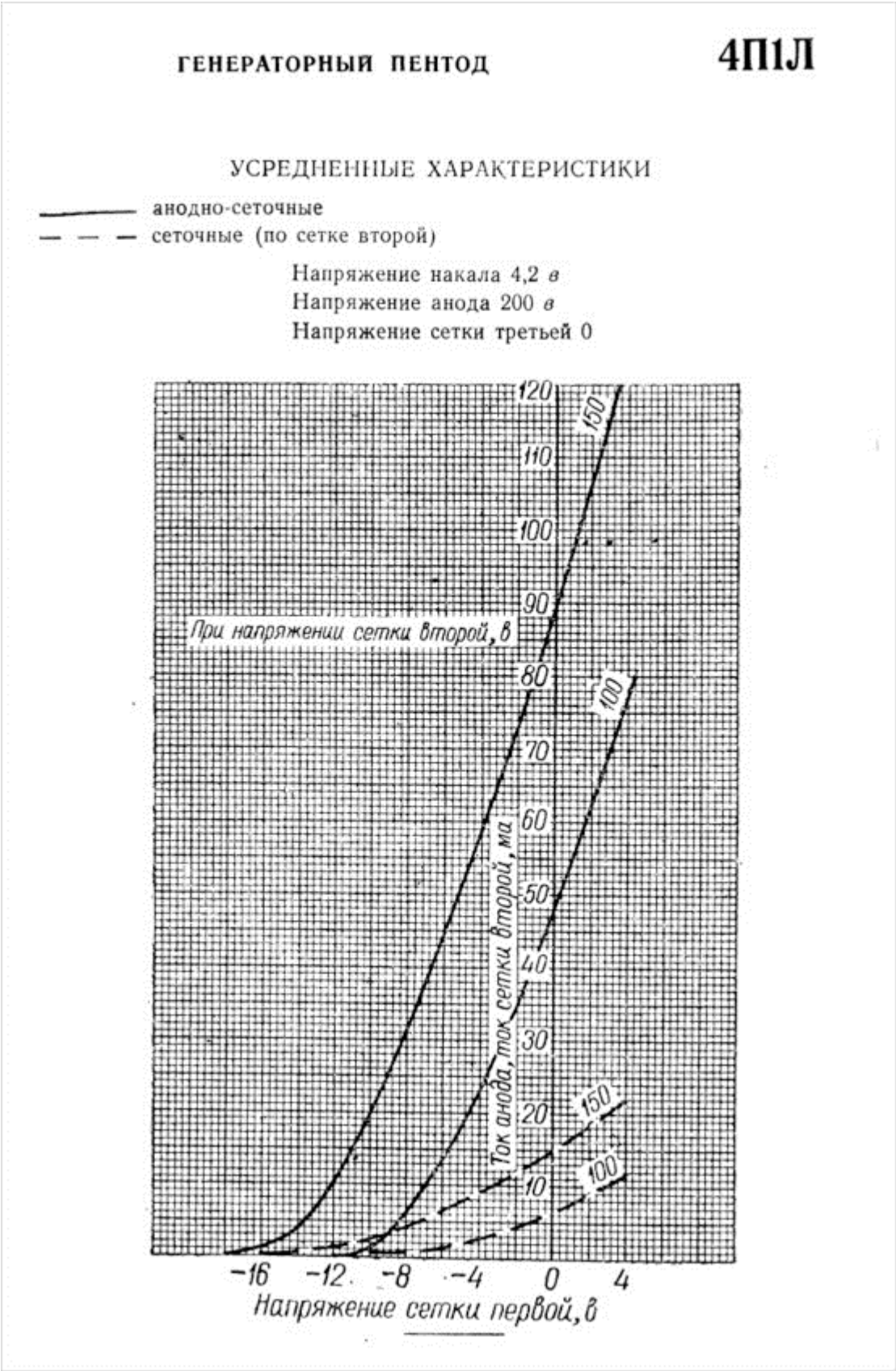
ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД

УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНО-СЕТОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

(по сетке второй)

- Напряжение накала 4,2 в
- Напряжение сетки второй 150 в
- Напряжение сетки третьей 0





Миллиамперметр, встроенный в цепь анода выходной лампы, необходим для контроля и регулировки тока покоя выходного каскада. Его можно исключить их схемы (рис. 43), тогда необходимо будет предусмотреть гнезда подключения внешнего вольтметра для измерения падения напряжения на первичной обмотке выходного трансформатора. Чтобы определить величину падения напряжения в рабочей точке необходимо измерить сопротивление первичной обмотки выходного трансформатора и умножить ее на ток покоя усилителя равный 0.035 Ампера.

Например: сопротивление первичной обмотки равно 300 Ом. Тогда величина падения напряжения $U_{пад} = 0.035 \cdot 300 = 10.5$ Вольт. Значит, такое напряжение необходимо выставить при помощи подстроечного резистора R4.

Выходной трансформатор

Никто не воспрещает использовать выходные трансформаторы промышленного производства. Их параметры должны быть следующие: приведенное сопротивление первичной обмотки 5 кОм, сопротивление нагрузки 8, 16 Ом. Для самостоятельного изготовления выходного трансформатора лучше всего взять железо от трансформатора ОСМ-0,063 или ОСМ-0,1. Второй тип предпочтительнее, так как значительно уменьшается количество витков как первичной, так и вторичной обмоток. Следовательно, трансформатор на железе от ОСМ-0,1 технологически проще изготовить. Кроме того, повышается КПД и расширяется АЧХ в сторону низших частот.

Ниже приводятся намоточные данные на выходные трансформаторы.

Вариант №1 (Ra = 5 кОм).

- 1.Броневой сердечник сечением 25х25 от трансформатора **ОСМ-0,063**
- 2.Первичная обмотка содержит4000 витков повода **ПЭЛ** диаметром**0.18 мм**
3. Вторичная обмотка содержит180 витков проводом ПЭЛ диаметром **0.63 мм**.

В данном исполнении сопротивление нагрузки **8 Ом**. Обмотка на 16 Ом не помещается на каркасе

4.Прокладка немагнитного зазора трансформатора – один слой канцелярской бумаги формат А4 плотностью 80 г/м2. Либо слюда или лакоткань соответствующей толщины.

Схема намотки:

Первичная обмотка состоит из четырех секций по 1000 витков каждая. Вторичная обмотка – из трех секций по 60 витков, располагающихся между секциями первичной обмотки. Каждый слой первичной и вторичной обмоток

изолирован от соседнего одним слоем малярного (в авторском варианте) скотча. Никто не воспрещает использовать другие изолирующие материалы, просто, малярный скотч оказался наиболее удобным: бумага плюс клей, не дающий виткам распадаться. Между секциями 2—3 слоя изоляции.

Вариант №2 (Ra = 5 кОм).

- 1.Броневой сердечник сечением 25х40 от трансформатора **ОСМ-О,1**
- 2. Первичная обмотка – 3000 витков провода **ПЭЛ** диаметром **0.18 мм**
- 3.Вторичная обмотка содержит 189 витков провода ПЭЛ диаметром **0.63 мм**. В данном исполнении сопротивление нагрузки **16 Ом**. Отвод от 126 витка для нагрузки **8 Ом**.
- 4.Прокладка немагнитного зазора трансформатора – один слой канцелярской бумаги плотностью 80г/кв. м. Либо слюда или лакоткань соответствующей толщины.

Схема намотки:

Первичная обмотка состоит из четырех секций. Первая и четвертая секция содержат по 500 витков, вторая и третья по 1000 витков. Вторичная обмотка – из трех секций по 63 витка, располагающихся между секциями первичной обмотки. Каждый слой первичной и вторичной обмоток изолирован от соседнего одним слоем малярного скотча. Между секциями 2—3 слоя изоляции.

Принципиальная схема трансформатора (рис.37) и схема укладки обмоток (рис.38) для обоих трансформаторов одинаковы.

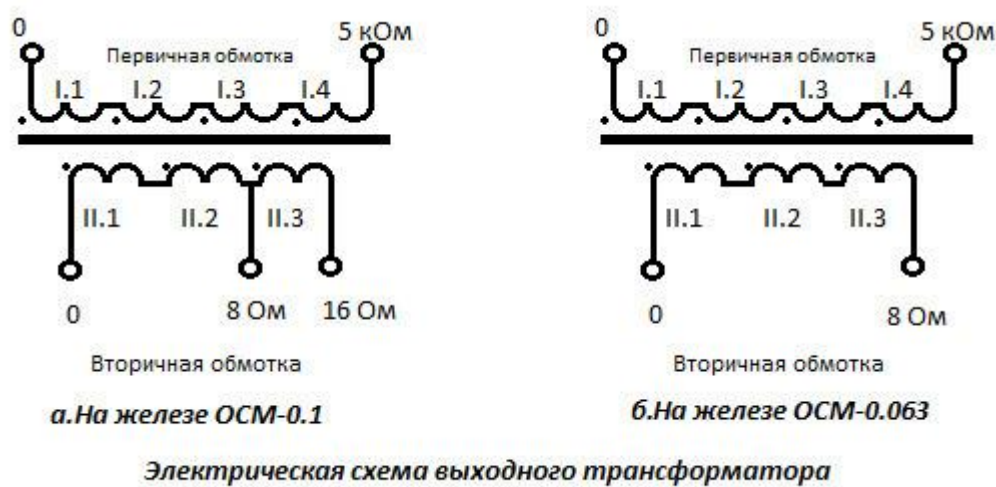


Рис.37

- I.1 – I.4 – первая, вторая, третья и четвертая секции первичной обмотки
- II.1 – II.3 – Соответственно первая, вторая и третья секции вторичной обмотки

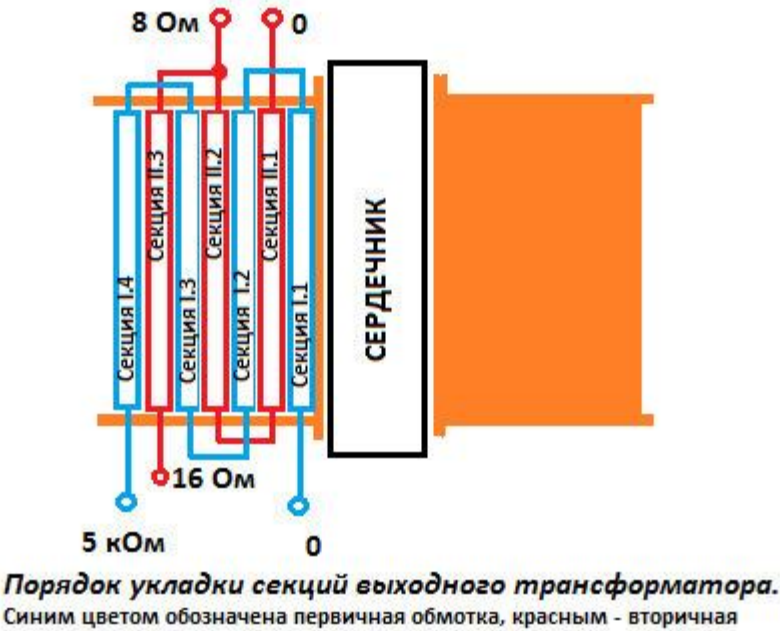


Рис.38

Трансформатор источника питания

Трансформатор должен удовлетворять (в минимальной комплектации) следующим требованиям: иметь по вторичным обмоткам

- двухполупериодную обмотку с напряжением 2х220 В при токе не менее 35 мА. Либо обмотку 220 В при токе не менее 50 мА для мостового выпрямителя (кенотрон+ два ультрафаст диода).
- Обмотку для однополупериодного выпрямителя 180 В при токе 10 мА (по нижнему плечу потребление составляет 7 мА)
- Две обмотки с напряжением 6.3 В при токе не менее 0.8 А.

Этим условиям вполне удовлетворяют промышленные трансформаторы ТАН10—127/220—50, ТАН21—127/220—50,ТАН 22—127/220—50 и т. п. **Если остаются неиспользованные вторичные обмотки, желательно их заземлить с одного конца, второй оставив свободным.**

Трансформатор ТАН-21-127/220—50

Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
7-8	200	0,047
9-10	200	0,047
11-12	180	0,045
13-14	180	0,045
15-16	20	0,047
17-18	20	0,047
19-20(21)	5(6,3)	1,05
22-23(24)	5(6,3)	1,05

Электрические параметры трансформатора ТАН21

Общие данные трансформатора ТАН-21-127/220—50.

Сердечник: **ШЛ20Х25**

Мощность: **50Вт**

Ток первичной обмотки: **0.5/0.29 А**

Масса: **1.45 кг**

Трансформаторы ТАН21 на 220 В выпускаются начиная с 1979 г., они имеют одну первичную обмотку и такую же нумерацию выводов, как у трансформаторов на 127/220 В. Электрические параметры, габаритные и установочные размеры, а также масса трансформаторов ТАН21 на 220 В такие же, как у соответствующих трансформаторов ТАН21 на 127/220 В. Напряжение на отводах первичных обмоток трансформаторов ТАН21 на 127/220 В:

- между выводами 1 и 2, 4 и 5 – 110 В;
- между выводами 2 и 3, 5 и 6 – 7 В.

При использовании трансформаторов ТАН21—127/220 на 127 В необходимо:

- соединить выводы 1 и 4, 3 и 6, при этом первичные обмотки 1—3 и 4—6 соединяются параллельно;
- подать напряжение 127 В на выводы 1 и 3 или 4 и 6.

При использовании трансформаторов ТАН21—127/220 на 220 В необходимо:

- соединить выводы 2 и 4;
- подать напряжение 220 В на выводы 1 и 5.

В трансформаторах ТАН21 возможно последовательное и параллельное согласное соединение вторичных обмоток. Накальные обмотки можно соединять параллельно для увеличения тока накала.

Как уже говорилось ранее, можно изготовить, предварительно сделав расчет, трансформатор самостоятельно.

Детали и материалы.

- 1.Резисторы проволочные типа ПТМН, С5—5, С5—25, МРХ. Подстроечный резистор тоже проволочный типа СП5—20ВБ, ППЗ и т. п. Резистор регулятора громкости сдвоенный проволочный типа ППЗ или аналогичный.
- 2.Конденсаторы в высоковольтных цепях бумажно-масляные типа МБГО, МБГП, МБГЧ. Предпочтительнее МБГО как по влиянию на звук, так и по массо – габаритным показателям.
- 3.Дроссели промышленные Д40. Также в качестве дросселей можно использовать первичную обмотку трансформаторов ТВЗ1—9, ТВЗ-Ш, ТВК-90, ТВК-110. Либо изготовить самостоятельно.
- 4.Монтаж выполнен одножильным эмалированным проводом диаметром 0.8 мм.

Указанные комплектующие использованы в авторском варианте. Для уменьшения габаритов и материальных затрат не возбраняется использование других типов электронных приборов. Так, например, резисторы можно использовать типа ВС (углеродистые) или МЛТ (металло-пленочные). Конденсаторы можно использовать электролитические, монтажный провод – многожильный. Все это, собираясь по крупницам, в итоге ухудшает характеристики. Не очень сильно, конечно. Выбор за Вами.

Конструкция усилителя.

Может быть любая – открытая или закрытая. Но поскольку все вышеперечисленные лампы кроме 4П1Л имеют неказистый алюминиевый корпус, предпочтительнее корпус закрытого типа, т. е. лампы находятся внутри. В авторском варианте так и сделано. За годы практической работы по созданию усилителей выработалась следующая компоновка усилителя (см. *рис. 39*). Такое расположение основных узлов позволяет максимально разнести между собою силовые и выходные трансформаторы, что для одноктных усилителей немаловажно. Выходные трансформаторы желательно изолировать от шасси, если оно металлическое. Расположение проводников предлагается произвести самостоятельно. Все это, безусловно, рекомендации, а не истина в последней инстанции. Творите.

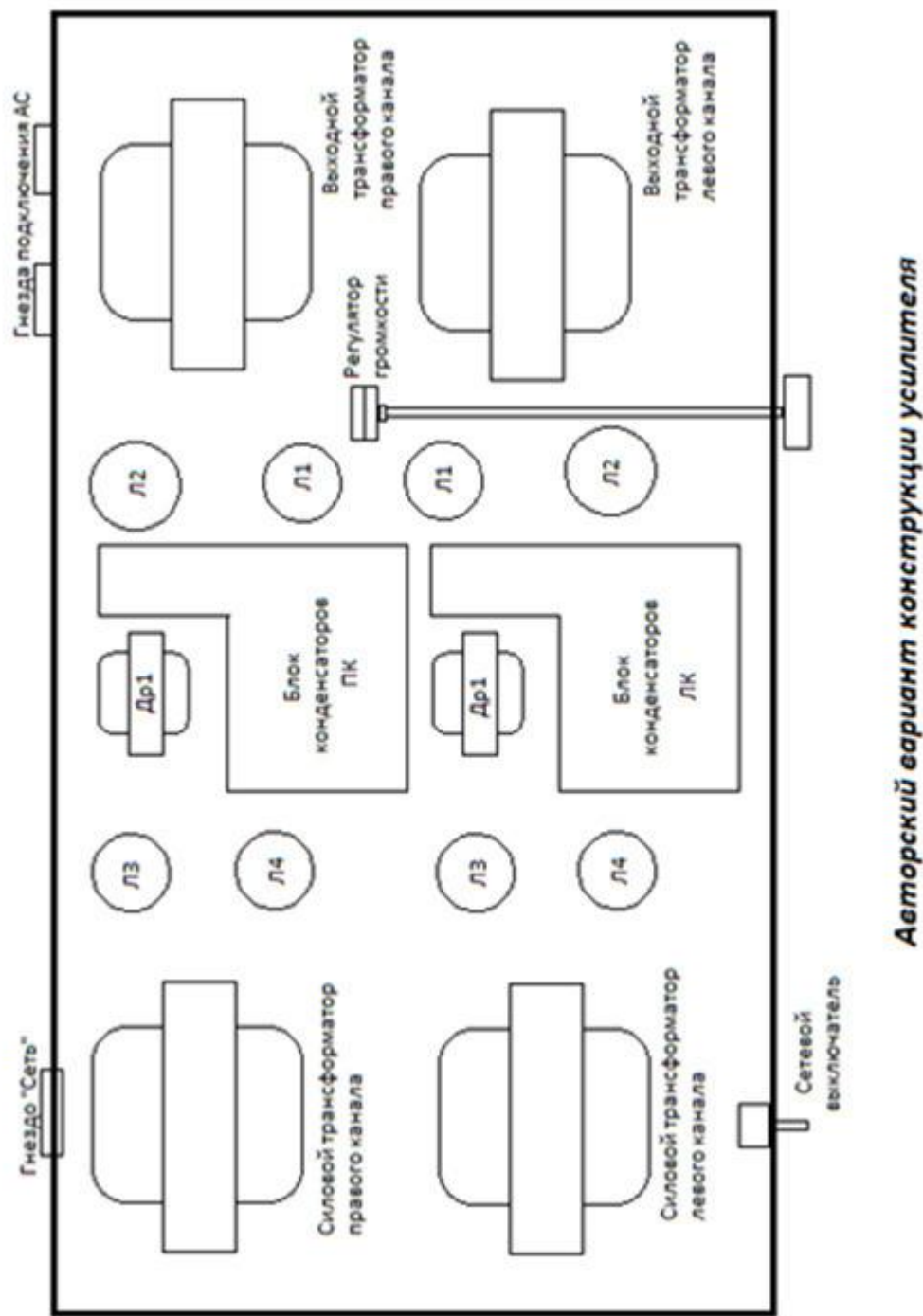


Рис.39



Рис.40. Лампа 4П1Л и панельки к ней

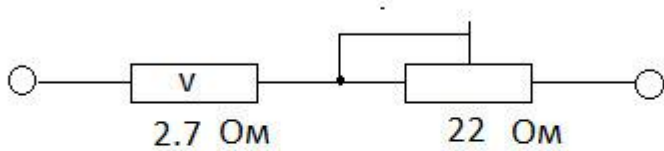
Важно!!! Порядок настройки усилителя

Настройка усилителя с непосредственными связями при наличии прямонакальных ламп производится в два этапа. Первой этап – настройка напряжений накала прямонакальных ламп. Второй этап – настройка тока покоя ламп выходного каскада.

Прежде всего, надо помнить, что лампа 4П1Л прямонакальная, и питать накал необходимо выпрямленным током. Как вариант – стабилизировать при помощи интегрального стабилизатора LM317 и т. п. Но стабилизированное напряжение накала однозначно ухудшает звучание усилителя. Поэтому в нашей конструкции напряжение накала просто выпрямлено, а излишек высаживается на гасящем сопротивлении. При этом гасящее сопротивление R11 Необходимо будет подобрать экспериментально. Делается это следующим способом:

Вариант №1.

1. Отсоединить кенотрон ЛЗ (верхнее плечо источника питания) от усилителя. Для этого отпаивается провод идущий от ножки 5 на фильтр источника питания.
2. Взамен резистора R11 необходимо установить цепочку из последовательно соединенных постоянного и переменного резисторов (рис.41). Сопротивление постоянного резистора 2.7 Ом, переменного до 22 Ом. Установить переменный резистор в положение максимального сопротивления.



Принципиальная схема цепочки, замещающей R11

Рис.41

3. Включить усилитель. Постоянно контролируя напряжения накала лампы 4П1Л установить, вращением шлица переменного резистора, напряжение равное 4.2 Вольта.
4. Выключить усилитель. Измерить получившееся сопротивление цепочки и заменить ее постоянным резистором такого же сопротивления.

Вариант №2.

Менее точный, но вполне приемлемый практически. Отличается от первого тем, что, просто, кенотрон ЛЗ не устанавливается в панельку. В остальном методика та же.

После настройки напряжений накала переходим к настройке рабочего режима усилителя, заключающегося в настройке тока покоя выходной лампы. Для этого необходимо произвести следующие действия:

- Регулятор громкости установить в положение минимальной громкости.
- Нагрузка должна быть подключена к усилителю.
- Регулятор тока покоя установить в положение максимального сопротивления (см. рекомендации в описании схемы)
- Включить питание
- По мере прогрева усилителя появится ток через выходной каскад. После его стабилизации, вращением шлица резистора R4 установить ток покоя усилителя равным 0.035 Ампер.

На этом регулировка завершена. По мере старения лампы (уменьшения тока эмиссии катода) усилитель можно подстраивать до определенного предела.

Трансформатор источника питания

Трансформатор должен удовлетворять (в минимальной комплектации) следующим требованиям: иметь по вторичным обмоткам

- двухполупериодную обмотку с напряжением 2х220 В при токе не менее 35 мА. Либо обмотку 220 В при токе не менее 50 мА для мостового выпрямителя (кенотрон+ два ультрафаст диода).
- Обмотку для однополупериодного выпрямителя 180 В при токе 10 мА (по нижнему плечу потребление составляет 7 мА)
- Две обмотки с напряжением 6.3 В при токе не менее 0.8 А.

Этим условиям вполне удовлетворяют промышленные трансформаторы ТАН10—127/220—50, ТАН21—127/220—50, ТАН 22—127/220—50 и т. п. **Если остаются неиспользованные вторичные обмотки, желательно их заземлить с одного конца, второй оставив свободным.**

Отступление про стерео вариант (рис.44)

Если оба канала усилителя предполагается питать от одного трансформатора, то необходимо, чтобы вторичная обмотка трансформатора 2х220 В обеспечивала ток не менее 80 мА, а 180 В – 15 мА. Из унифицированных трансформаторов подойдет ТАН50—127/220—50. Возможный, но не самый лучший с точки зрения энерговооруженности, вариант – ТАН36—127/220—50.

Нижнее плечо источника питания общее для обоих каналов, к его выходу +160 Вольт подключаются катоды обеих ламп выходного каскада. Соответственно потребление по нижнему плечу источника питания увеличивается до 11 мА, поэтому номиналы резисторов фильтра питания нижнего плеча необходимо изменить.

Верхнее плечо полностью дублируется для второго канала. В идеале нужны отдельные обмотки для питания накала 4П1Л (чтобы минимизировать взаимное влияние выходных каскадов). Если же такой возможности нет, то накал каждой лампы запитывается от одной обмотки, но через свой выпрямитель.

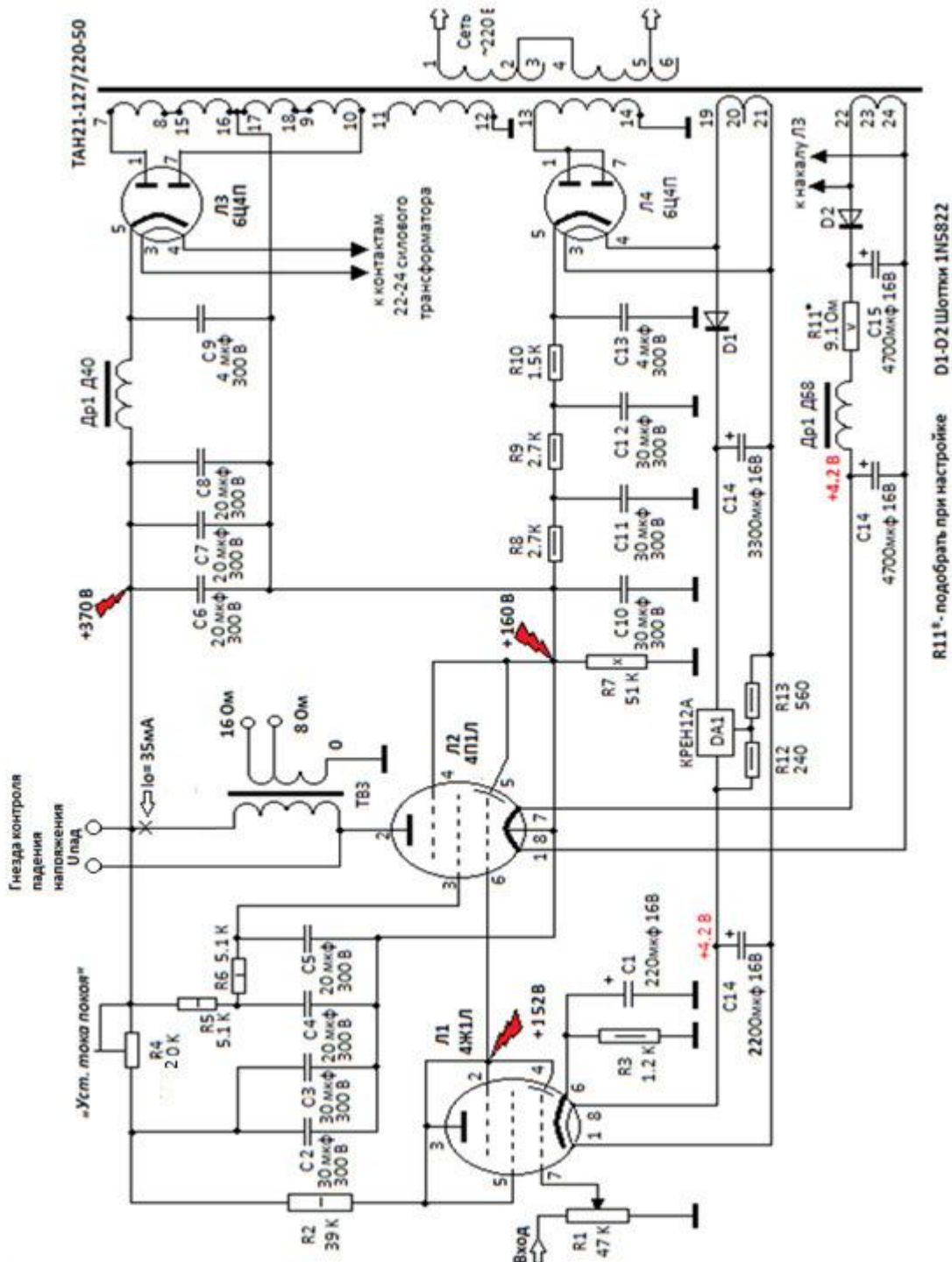


Рис.43. Принципиальная схема усилителя с гнездами контроля тока покоя выходного каскада.

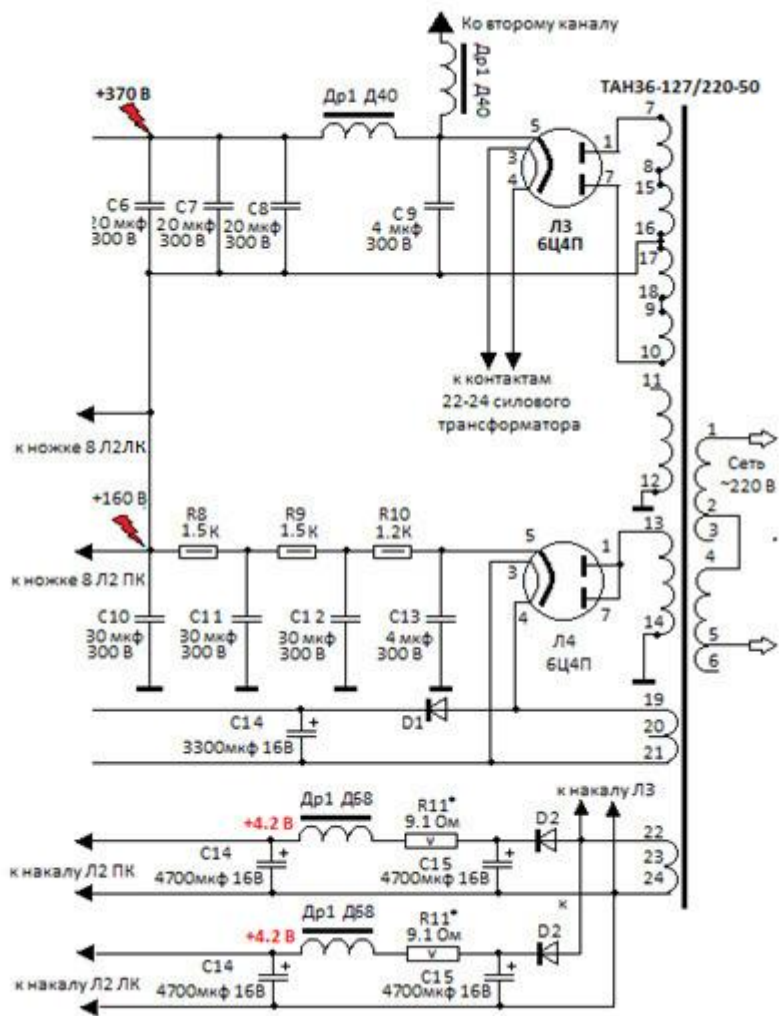


Рис.44 Принципиальная схема блока питания для стерео варианта усилителя.

Оконечный усилитель 12Ж1Л+12П17Л

Основные характеристики:

Выходная мощность 2,5 – 3 Ватта

Чувствительность 0,2 – 0,3 Вольта

Приведенное сопротивление первичной

- обмотки выходного трансформатора 4 кОм
- Сопротивление нагрузки 8, 16 Ом
- Полоса пропускания по уровню -1 дБ 20 Гц – 25000 кГц
- Ток покоя выходного каскада 35 мА

Хотя лампа 12П17Л считается косвеннонакальным аналогом 4П1Л, ее ВАХ имеет небольшое отличие, в результате чего оптимальное значение приведенного сопротивления нагрузки первичной обмотки составляет 4 кОм, а не 5 как у 4П1Л. Можно, конечно, использовать и 5-ти килоомный трансформатор, при этом незначительно уменьшится выходная мощность и КНИ усилителя. Звук «на ухо» неотличим от 4П1Л.

Выходной трансформатор

Вариант№1 (Ra = 4 кОм).

- 1.Броневой сердечник сечением 25х25 от трансформатора **ОСМ**- 0,063
- 2. Первичная обмотка содержит3800 витков провода **ПЭЛ** диаметром0.18 **мм**
- 3. Вторичная обмотка содержит189 витков провода ПЭЛ диаметром0.63 **мм**

В данном исполнении сопротивление нагрузки 8 **Ом**. Обмотка на 16 Ом не помещается.

4.Прокладка немагнитного зазора трансформатора – один слой канцелярской бумаги плотностью 80 г/м2. Либо слюда или лакоткань соответствующей толщины.

Схема намотки:

Первичная обмотка состоит из четырех секций. Первая и четвертая секция содержат по 600 витков, вторая и третья по 1300 витков. Вторичная обмотка состоит из трех секций по 63 витков, располагающихся между секциями первичной обмотки. Каждый слой первичной и вторичной обмоток изолирован от соседнего одним слоем изоляции. Между секциями 2—3 слоя изоляции. Между секциями 2—3 слоя изоляции. (рис.45).

Вариант №2 (Ra = 4 кОм).

- 1.Броневой сердечник сечением 25х40 от трансформатора **ОСМ**-0,1
- 2. Первичная обмотка содержит3000 витков провода **ПЭЛ** диаметром0.18 **мм**
- 3. Вторичная обмотка содержит 215 витков провода ПЭЛ диаметром 0.6 **мм**

В данном исполнении сопротивление нагрузки 16 **Ом**. Отвод от 150 витка для нагрузки 8 **Ом**.

4.Прокладка немагнитного зазора трансформатора – один слой канцелярской бумаги плотностью 80г/кв. м. Либо слюда или лакоткань соответствующей толщины.

Схема намотки:

Первичная обмотка состоит из четырех секций. Первая и четвертая секция содержат по 500 витков, вторая и третья по 1000 витков. Вторичная обмотка – из трех секций. Первые две секции по 75 витка, третья – 65 витков, располагающихся между секциями первичной обмотки. Каждый слой первичной и вторичной обмоток изолирован от соседнего одним слоем изоляции. Между секциями 2—3 слоя изоляции.

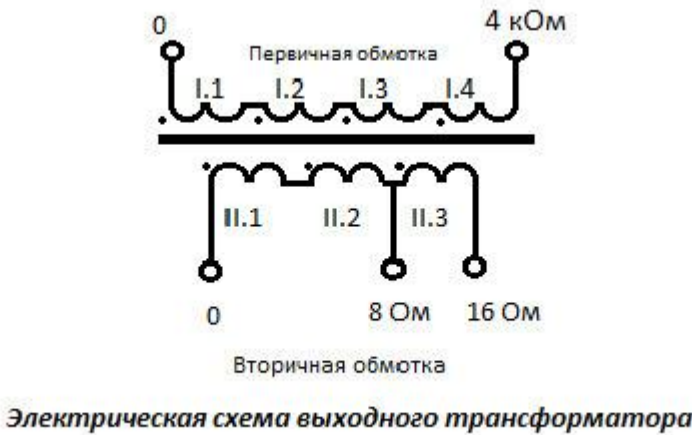


Рис.45

- I.1 – I.4 – первая, вторая, третья и четвертая секции первичной обмотки
- II.1 – II.3 – Соответственно первая, вторая и третья секции вторичной обмотки

Принципиальная схема

В целом принципиальная схема (Рис.46)данного усилителя не отличается от схемы усилителя 4Ж1Л+4П1Л. Особенности только в организации накала ламп. При использовании в качестве силового трансформатора ТАН21—127/220—50 обмотки 6.3 Вольта соединяются последовательно для получения напряжения 12.6 Вольта. При этом в точку соединения накальных обмоток необходимо будет подать «подпирающее» напряжение порядка 80—85 вольт для обеспечения паспортных режимов напряжения катод-подогреватель (см. схему). Напряжение это получается с обыкновенного резистивного делителя R11-R12, установленного в нижнем плече (+160 В) источника питания. При наличии трансформатора с двумя обмотками 12.6 Вольт с отводом от середины организация питания накала упрощается. Накал лампы первого каскада совмещается с накалом кенотрона нижнего плеча источника питания, а накал выходного каскада с накалом верхнего плеча (см. схему). Никто не воспреещает использовать в источнике питания два трансформатора: анодный и накальный (рис.47). Вот список подходящих для этих целей трансформаторов:

Накальные ТН32—127/220—50, ТН36—127/220—50

Анодные ТА21—127/220—50, ТА22—127/220—50, ТА24—127/220—50, ТА25—127/220—50.

Применять их можно в любом сочетании. Для примера ниже приведены справочные данные на два трансформатора.

Трансформатор питания анодных цепей ТА-25-127/220—50:

- Сердечник: **ШЛ16х25**
- Мощность: **26 Вт**
- Ток первичной обмотки: **0,28/0,16 А**
- Масса: **0,85 кг**.

Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
11-12	200	0,032
13-14	200	0,032
15-16	180	0,032
17-18	180	0,032
19-20	20	0,032
21-22	20	0,032

Электрические параметры трансформатора ТА25-127/220-50 и ТА25-220-50

Трансформаторы ТА25 на 220 В выпускаются начиная с 1979 г. (обозначаются как **ТА25-220-50**), они имеют одну первичную обмотку и такую же нумерацию выводов, как у трансформаторов на 127/220 В. Электрические параметры, габаритные и установочные размеры, а также масса трансформаторов ТА25 на 220 В такие же, как у соответствующих трансформаторов ТА25 на 127/220 В. Напряжение на отводах первичных обмоток трансформаторов ТА25 на 127/220 В:

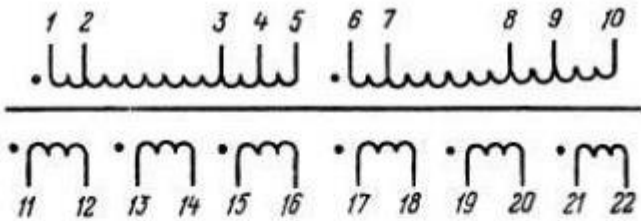
- между выводами 1 и 2, 6 и 7 – 110 В;
- между выводами 2 и 3, 7 и 8 – 10 В;
- между выводами 3 и 4, 8 и 9 – 7 В;
- между выводами 4 и 5, 9 и 10 – 7 В.

При использовании трансформаторов ТА25—127/220 на 127 В необходимо:

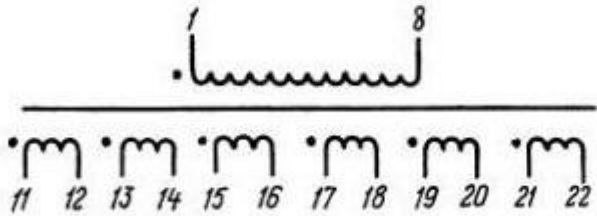
- соединить выводы 1 и 6, 4 и 9, при этом первичные обмотки 1—6 и 4—9 соединяются параллельно;
- подать напряжение 127 В на выводы 1 и 4.

При использовании трансформаторов ТА25—127/220 на 220 В необходимо:

- соединить выводы 2 и 6;
- подать напряжение 220 В на выводы 1 и 8.



Электрическая принципиальная схема анодного трансформатора ТА25-127/220-50



Электрическая принципиальная схема анодного трансформатора ТА25-220-50

В трансформаторах ТА25 возможно последовательное и параллельное согласное соединение вторичных обмоток. Последовательное включение различных вторичных обмоток позволяет подобрать необходимое выходное напряжение, параллельное – повысить мощность на выходных обмотках. При последовательном включении обмоток с разными допустимыми токами ток через обмотки не должен превышать минимально допустимого. Параллельное соединение допускается только для тех обмоток, напряжение на зажимах которых одинаковы.

Накальный трансформатор ТН-36-127/220—50.

- Сердечник: ШЛ16х32
- Мощность: 30 Вт
- Ток первичной обмотки: 0,3/0,17 А
- Масса: 1,0 кг

Выводы обмоток	Напряжение, В	Допустимый ток, А
7-8	6,3	1,2
9-10	6,3	1,2
11-12(13)	5(6,3)	1,2
14-15(16)	5(6,3)	1,2

Электрические параметры трансформатора
ТН36-127/220-50 и ТН36-220-50

Трансформаторы ТН36 на 220 В выпускаются начиная с 1979 г. (обозначаются как ТН36-220-50), они имеют одну первичную обмотку и такую же нумерацию выводов, как у трансформаторов на 127/220 В. Напряжение на отводах первичных обмоток трансформаторов ТН36 на 127/220 В составляют:

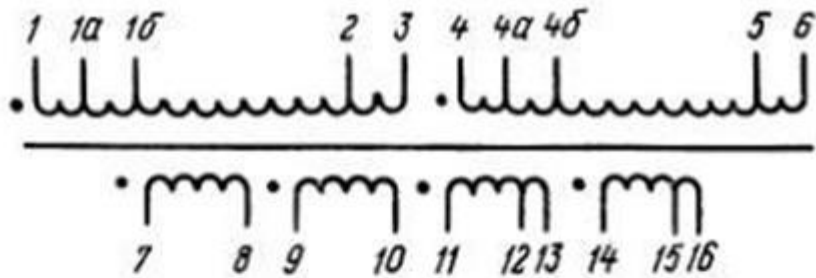
- между выводами 1 и 1а, 4 и 4а – 3,2 В;
- между выводами 1 и 1б, 4 и 4б – 6,3 В;
- между выводами 1 и 2, 4 и 5 – 110 В;
- между выводами 1 и 3, 4 и 6 – 127 В.

При использовании трансформаторов ТН36—127/220 на 127 В необходимо:

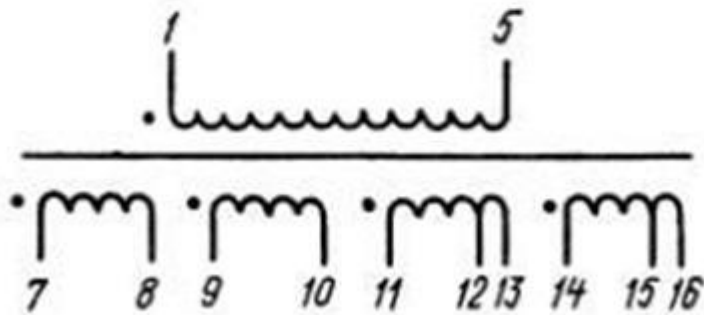
- соединить выводы 1 и 4, а также 3 и 6;
- подать напряжение 127 В на выводы 1 и 3.

При использовании трансформаторов ТН36—127/220 на 220 В необходимо:

- соединить выводы 2 и 4;
- подать напряжение 220 В на выводы 1 и 5.



Электрическая принципиальная схема накального
трансформатора ТН36-127/220-50



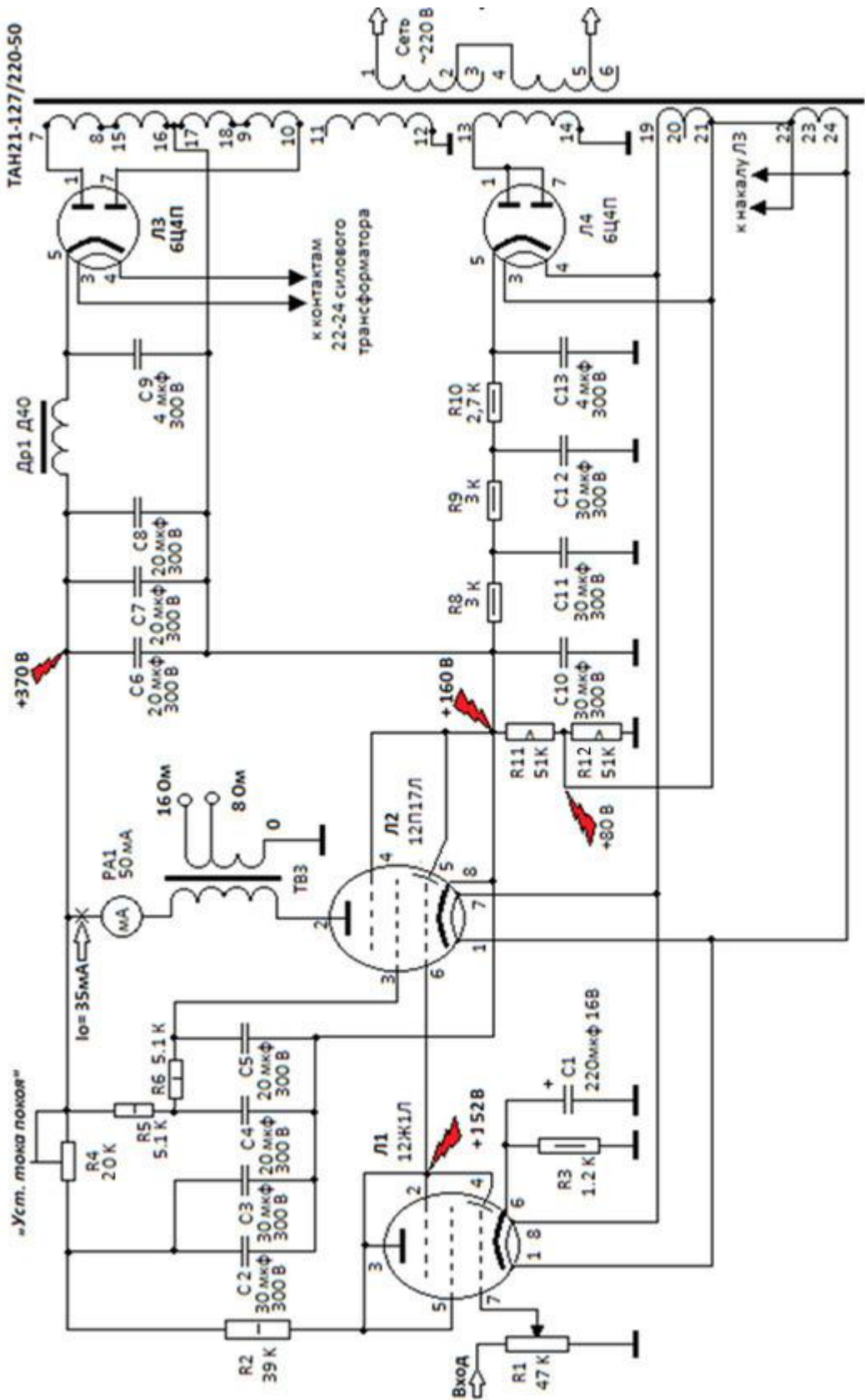
Электрическая принципиальная схема
накального трансформатора ТН36-220-50

В трансформаторах ТН36 возможно параллельное согласное соединение вторичных обмоток для увеличения их нагрузочной способности.

Детали, монтаж и регулировка усилителя

Рекомендации по типу применяемых компонентов и монтажу усилителя, а также регулировке тока покоя, особенностей не имеют и аналогичны усилителю на 4П1Л. За одним исключением: **настраивать напряжение накала не нужно.**

Рис.46



Принципиальная схема усилителя с блоком питания на основе трансформатора TAN21-127/220-50
(Наряжения +152,+160 и +370 Вольт измерены относительно общего провода)

О чем мечтает аудиофил?



Technical drawing of a 1000W electric heater. The drawing shows a side view of the heater with the following dimensions: total length 93,5, mounting bracket length 58, mounting hole diameter 12, mounting hole offset 5, mounting hole diameter 8, mounting hole diameter 4,5,3, and mounting hole diameter 40.

Не верьте, если Вам скажут, что нет предела совершенству. Предел есть! Человек – существо ограниченное, как и все в этом тварном мире. Вот и мы подошли к пределу оптимального сочетания качество/мощность/цена. Итак, королева

(в представлении автора) ламп – ГУ-15, и усилитель на ней. Именно таким усилителем, в виде двух моноблоков в сочетании с АС 30А-130 производства времен застоя, пользуется автор этой книги. Справка: временами застоя в СССР называют благословенные 70—80 гг. XX века в бытность генсека КПСС Л. И. Брежнева. Зато у нас было детство. Ностальгия, что ли?

Вот, глядя на комплектующие этих усилителей, пришла мысль дать имя собственное этим аппаратам для воспроизведения звука:

«ОСКОЛКИ ИМПЕРИИ».

ГЕНЕРАТОРНЫЙ ЛУЧЕВОЙ ПЕНТОД

ГУ-15

По техническим условиям ЧТУ 11.404.52

Основное назначение — генерирование колебаний и усиление мощности в диапазоне частот до 60 Мгц в аппаратуре специального назначения.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный прямого накала.
Оформление — стеклянное бесцокольное.
Вес наибольший — 100 г.
Рабочее положение — вертикальное баллоном вверх.

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ

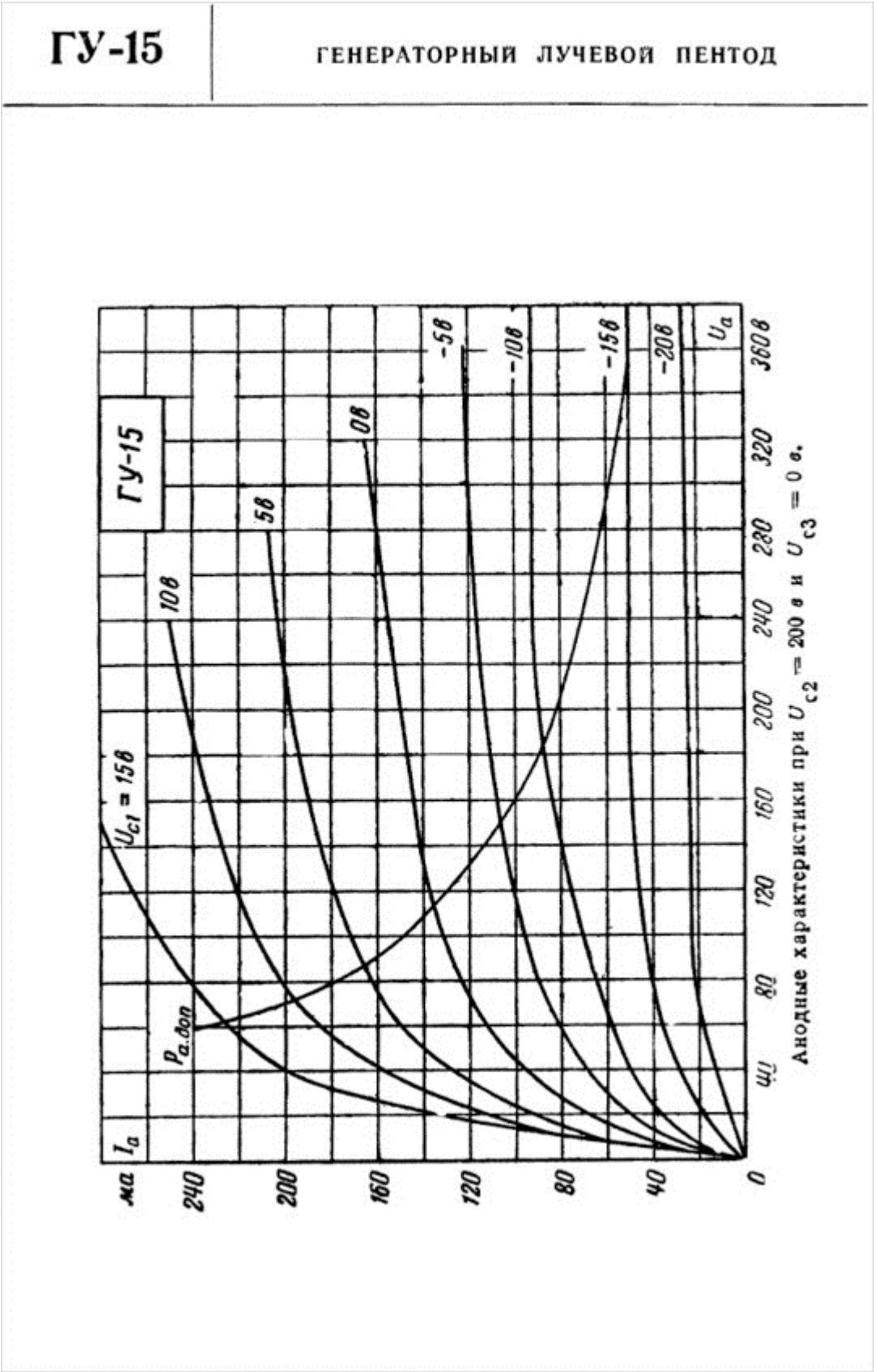
1 — катод
2 — сетка первая
3 — сетка вторая
4 — средняя точка катод-да

5 — сетка третья
6 — анод
7 — экран
8 — катод

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Напряжение накала (∼ или =)	4,4 в
Ток накала	0,68±0,06 а
Напряжение анода (=)	220 в
Напряжение сетки третьей	0
Напряжение сетки второй (=)	200 в
Напряжение сетки первой (=)	минус 14 ⁺⁵ ₋₅ в
Ток анода ○	90±30 ма
Ток сетки второй ▽	не более 7,5 ма
Крутизна характеристики ▽	4,7±1 ма/в
Обратный ток сетки первой ▽	не более 2 мка
Колебательная мощность □:	
при напряжении накала 4,4 в	не менее 12 вт
» » » 4 в	не менее 9,6 вт
Время готовности	не более 5 сек

ГЕНЕРАТОРНЫЙ ЛУЧЕВОЙ ПЕНТОД		ГУ-15
Относительная влажность при температуре 15—25° С		
		95—98%
Вибропрочность:		
частота		16—22 гц
ускорение		5 g
Виброустойчивость:		
частота		20—30 гц
ускорение		2,5 g
Гарантийный срок хранения в складских условиях		
		3 года
По ТУ 11 ТД3.310.008 ТУ		
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ		
Ток накала		0,685±0,075 а
Напряжение сетки первой (отрицательное) .		13,4±5,6 в
Колебательная мощность:		
при напряжении накала 4,4 в		12 вт
при напряжении накала 4 в		9,5 вт
Долговечность		не менее 1000 ч
УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ		
Относительная влажность при температуре 20° С		95—98%
Примечание. Остальные данные такие же, как у прибора ГУ-15 по ЧТУ 11.404—52, кроме критерия долговечности (колебательная мощность при накале), вибропрочности и виброустойчивости, которые не устанавливаются.		



Оконечный усилитель 4Ж1Л+ГУ-15

- Основные характеристики:**
Выходная мощность 5 Ватта
Чувствительность 0,8 Вольта
Приведенное сопротивление
первичной обмотки выходного трансформатора 2. 5 кОм
Сопротивление нагрузки 8, 16 Ом
Полоса пропускания по уровню -1 дБ 20 Гц-25000 кГц
Ток покоя выходного каскада 65—70 мА

Топология схемы данного усилителя (рис.49) не отличается от схем описанных выше. Разница заключается в более мощном верхнем плече источника питания (используется кенотрон 5Ц9С), и другой организации накала лампы. Накал лампы 4Ж1Л осуществляется от одной с кенотроном 6Ц4П накальной обмотки 6.3 Вольта имеющей отвод от середины. Но накал кенотрона осуществляется непосредственно напряжением 6.3 Вольта, а 4Ж1Л через двухполупериодный выпрямитель на диодах Шоттки VD1. Накал кенотрона 5Ц9С производится от отдельной обмотки напряжением 5 Вольт 3 Ампера. Накал лампы ГУ-15 организован от отдельной обмотки 6.3 Вольта 1 Ампер путем однополупериодного выпрямления диодом Шоттки (наилучший звук обеспечивается именно при применении диодов Шоттки) и сглаживания пульсаций П-образным LC фильтром. Необходимое напряжение 4.4 Вольта устанавливается подбором гасящего резистора. В авторском варианте проволоочный 2.7 Ом 5 ватт. Трансформатор питания самодельный, изготовленный из трансформатора ТС-200. Сетевая обмотка и экран оставлены заводские, вторичные намотаны в соответствии с расчетами. Найти подходящий готовый трансформатор промышленного изготовления затруднительно. Никто не воспрещает использовать в источнике питания два трансформатора: анодный и накальный, либо два анодно – накальных трансформатора (отдельный на нижнее плечо, отдельный на верхнее источника питания). В этом случае напряжение 4.2 Вольта для лампы 4Ж1Л придется получить используя микросхемный стабилизатор K142ЕН12А. Вот список подходящих для этих целей трансформаторов:

А. При использовании двух анодно-накальных трансформаторов

Нижнее плечо: ТАН2—127/220—50, ТАН3—127/220—50, ТАН4—127/220—50, ТАН5—127/220—50, ТАН16—127/220—50.
Верхнее плечо: ТАН74—127/220—50, ТАН109—127/220—50

Рекомендуемая пара: ТАН2—127/220—50 + ТАН109—127/220—50.

Б. При использовании анодного и накального трансформаторов

(Рис. 51)

Накальные: ТН21—127/220—50, ТН23—127/220—50, ТН34—127/220—50

Анодные: ТА76—127/220—50, ТА79—127/220—50, ТА80—127/220—50, ТА109—127/220—50

Рекомендуемые пары: ТН21—127/220—50 + ТА79—127/220—50, ТН22—127/220—50 + ТА80—127/220—50. В принципе, в любом сочетании. Вторичные обмотки соединить в соответствии с паспортами на трансформаторы для получения необходимых напряжений.

Выходной трансформатор

Наилучший вариант для самостоятельного изготовления – взять железо от трансформатора ОСМ-0.25 или ОСМ-0.3. Можно использовать железо от выходных и сетевых трансформаторов транзисторных трансляционных усилителей СТЕПЬ-103, ТУ-100.

Вариант №1 (Ra=2.5 кОм).

1.Броневой сердечник сечением 30х50 от трансформатора

ОСМ-0,3

2. Первичная обмотка содержит2400 витков провода ПЭЛ диаметром0.25 мм

3.Вторичная обмотка содержит 215 витков провода ПЭЛ диаметром 0.9 мм.Соппротивление нагрузки 16 Ом. Для нагрузки 8 Ом отвод от 150 витка.

4.Прокладка немагнитного зазора трансформатора – два слоя канцелярской бумаги формата А4 плотностью 80 г/м2. Либо слюда или лакоткань соответствующей толщины.

Схема намотки:

Первичная обмотка состоит из пяти секций. Первая и пятая секция содержат по 240 витков, вторая и четвертая по 480 витков, пятая 960 витков. Вторичная обмотка состоит из четырех секций. Первые три секции имеют по 50 витков провода ПЭЛ диаметром0.9 мм, четвертая 65 витков провода ПЭЛ диаметром 0.6 мм, располагающихся между секциями первичной обмотки. Отвод от 150 витка для нагрузки 8 Ом. Каждый слой первичной и вторичной обмоток изолирован от соседнего одним слоем изоляционного материала. Между секциями 3—4 слоя изоляции.

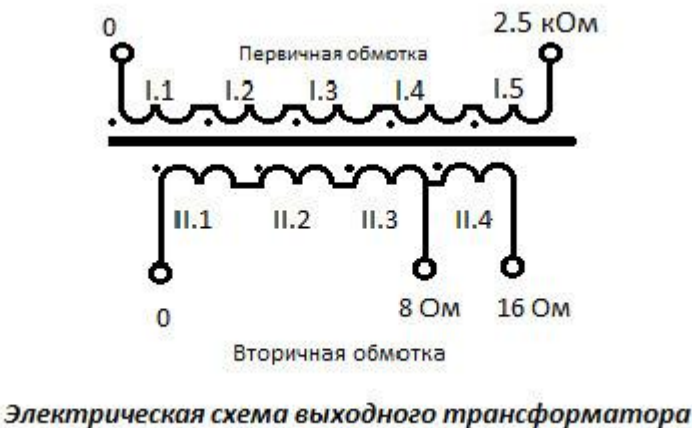


Рис.48

Конструкция и настройка усилителя

Рекомендации по типу применяемых комплектующих и монтажу остаются теми же, что и для предыдущих усилителей. Порядок настройки описан в главе про усилитель 4Ж1Л+4П1Л. Установка тока покоя выходного каскада производится резистором R4. Ток покоя должен находиться в пределах 65—70 мА. Напряжение накала лампы ГУ-15 установить в пределах 4.2—4.6 Вольт подбором резистора R11. Делается это следующим способом: включить вместо резистора R11 последовательно соединенные постоянный резистор сопротивлением 2.7 Ома с подстроечным проволочным резистором сопротивлением от 2.2 до 4.7 Ома, установив его в положение максимального сопротивления. Включить усилитель и, постоянно контролируя напряжение накала, вращением шлица подстроечного резистора установить необходимое напряжение. Выключить усилитель. Измерить получившееся суммарное сопротивление цепочки резисторов и заменить их одним постоянным резистором соответствующего сопротивления.

Указанные на принципиальных схемах номиналы деталей рассчитаны под трансформаторы указанные на схемах. Если трансформаторы будут взяты из рекомендуемых списков, то придется сделать следующее:

– изменить порядок соединения обмоток силовых трансформаторов в соответствии с их паспортом для получения необходимых напряжений.

– Пересчитать сопротивления в фильтре нижнего плеча источника питания с тем, чтобы на выходе получилось напряжение Uплеча=+160 Вольт. Методика расчета следующая: Ток первого каскада I1= 4 мА, ток через сопротивление R7 Iн= 3 мА при R7=51 кОм или 1,5 мА при R7=100 кОм. Напряжение на входе кенотрона U может отличаться от рекомендованных 180 Вольт в зависимости от применяемого трансформатора. На кенотроне Л4 падает примерно 20 Вольт. Тогда суммарное сопротивление Rсумм фильтра нижнего плеча составит

– Rсумм= (U x 1.27- 20) / (I1+ Iн) или

Rсумм= (U x 1.27- 20) /0.007 для R7=51 кОм,

Rсумм= (U x 1.27- 20) /0.0055 для R7=100 кОм.

– Получившееся суммарное сопротивление разбить на три стандартных номинала. Расчет закончен. Для более точной настройки, возможно, придется сопротивление подобрать практически.

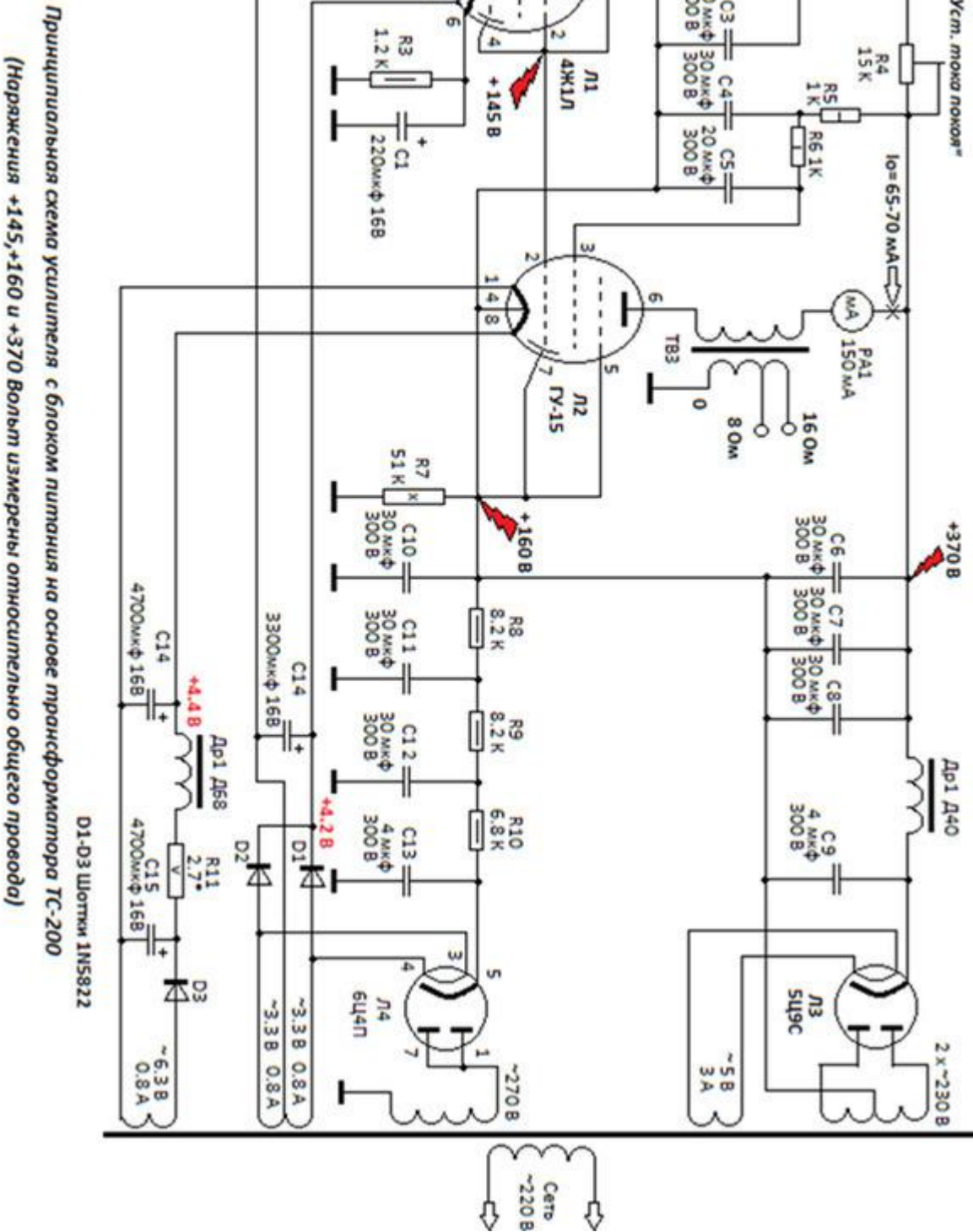
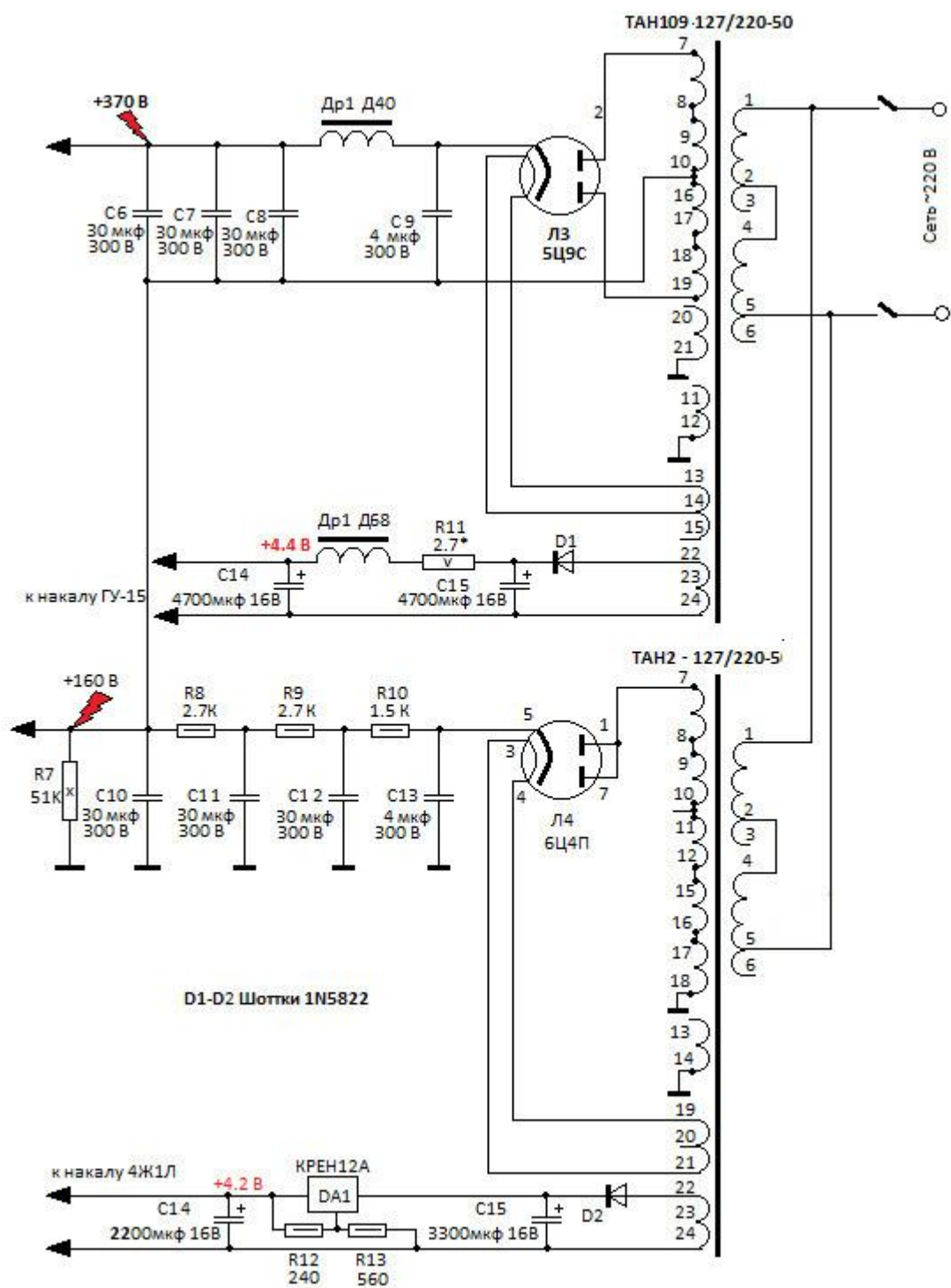
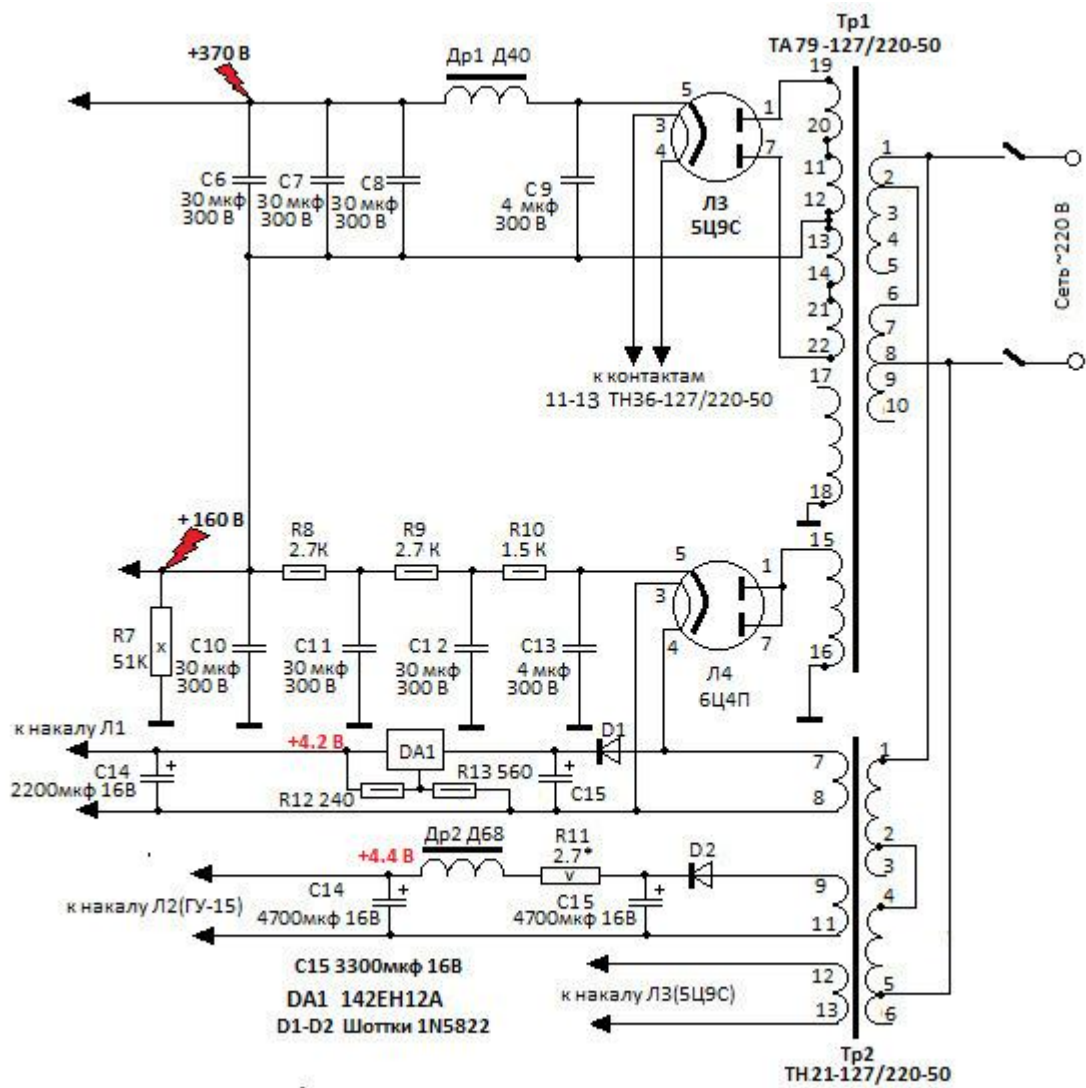


Рис.49



Вариант источника питания на двух трансформаторах типа ТАН

Рис.50



Вариант источника питания на трансформаторах ТА и ТН

Тип.51

Немного теории конструирования усилителей с непосредственными связями

В данной главе приведена методика расчета элементов усилителя с непосредственными связями и двуполярным источником питания (Лофтин-Уайт-Комиссаров). Порядок расчета применим для любых ламп, мы же для примера возьмем пару 12Ж1Л +12П17Л (Рис.19). Естественно, что при применении триодов или пентодов в триодном включении отпадает необходимость расчета сопротивления в цепи второй сетки. Принципиальная схема для пояснения порядка расчета находится в конце главы на рис.52.

Расчет

Выбираем по классической методике (путем построения нагрузочных прямых на ВАХ ламп) рабочие точки ламп и рассчитываем значения элементов каскадов.

Первый каскад. 12Ж1Л в триодном включении

Uпит1=310 В, Uа=150 В, Uсм=5 В, Iа=4 мА, Rн=R2=40 кОм мощностью не менее 160 В*0,004 А =0,64 Вт. Берем стандартный резистор величиной 39 кОм мощностью 1 Вт. Катодный резистор R3 = Uсм/Iа = 5/0,004 = 1250 Ом. Берем стандартный резистор величиной 1.2 кОм мощностью 0.5 Вт.

Итак, получаем R2=39 кОм 1 Вт, R3=1.2 кОм 0.5 Вт.

Второй каскад. 12П17Л в штатном включении

Uа=200 В, Uс2= 150 В, Uсм=8 В, Iа=35 мА, Rн=4 кОм,

где Uпит1— напряжение питания первого каскада;

Uа— напряжение на аноде;

Uсм— напряжение смещения на сетке первой;

Uс2— напряжение на сетке второй;

Iа— ток анода;

Rн— сопротивление анодной цепи лампы.

Исходя из этих данных вычисляем необходимые напряжения источника питания Uвп— напряжение верхнего плеча и Uнп— напряжение нижнего плеча.

Расчет величины напряжения нижнего плеча источника питания

Напряжение смещения лампы 12П17Л выходного каскада задается разностью напряжений между напряжением на сетке первой и напряжением на катоде. Напряжение нижнего плеча источника питания Uнп является напряжением на катоде лампы 12П17Л. Напряжение анода первой лампы (12Ж1Л) является напряжением первой сетки лампы 12П17Л и равно оно 150 В. Напряжение смещения 12П17Л равно 8 В. Значит, напряжение на катоде 12П17Л должно быть больше, чем напряжение первой сетки на эту величину. Так получаем Uнп=150+8 =158 В. Для упрощения расчетов примем Uнп=160 В. Напряжение анода лампы первого каскада Uа1 (точка «Г» по схеме) поднимется до 152 В.

Расчет величины напряжения верхнего плеча источника питания.

Напряжение верхнего плеча Uвп источника питания складывается из напряжения на лампе 12П17Л Uа2и падения напряжения Uпад на выходном трансформаторе ТВЗ. Uпад вычисляется исходя из значения сопротивления первичной обмотки выходного трансформатора Rтр. В авторской конструкции оно равнялось 290 Ом. Итак,

Uпад=IаRтр=0.035*290=10,15В.

Uвп= Uа2+Uвп=200+10,15=210,15 В, впрочем, «попутайское крылышко» величиной 0,15 В можно не считать. Итого

Uвп=210 В.

Теперь, зная Uвп, можно рассчитать величину сопротивления в цепи второй сетки лампы 12П17Л. Посмотрев на схему, увидим, что сопротивление это составлено из двух последовательно соединенных резисторов R5 и R6. Сделано это с целью улучшения фильтрации напряжения второй сетки. Поэтому сначала рассчитываем общее сопротивление, а затем разбиваем его примерно пополам. R5 + R6= (Uвп-Uс2) /Iс2. Значение тока Iс2 берем из справочника. R5 + R6 = (210—150) /0,006=10000 Ом. Общее сопротивление равно 10 кОм. Делим пополам, получаем 5 кОм. Стандартное значение 5.1 кОм. Значение

R5 = R6=5.1 кОм 1 Вт.

Расчет сопротивления резистора регулировки тока покоя R4

Резистор R4 должен обеспечивать падение напряжения с 370 В в точке «А» до 310 В в точке «Д». Через резистор течет ток IЛ1, равный току Iа первого каскада. Сопротивление резистора, следовательно, должно быть не менее чем R4 = 370—310/0,004=15000 Ом. Берем переменный резистор сопротивлением 20 кОм. Итак, R4=20кОм.

Расчет величины напряжения обмотки // трансформатора питания, питающей нижнее плечо, и сопротивлений R8,R9,R10 фильтра нижнего плеча.

Выпрямитель нижнего плеча должен обеспечить напряжение 160 В при токе около 6 мА. Ток, текущий через резисторы R8,R9,R10 складывается из тока первого каскада IЛ1 и тока IР, текущего по цепочке R11-R12.Цепь R11-R12 нужна для организации смещения напряжения накала +80 вольт. Примем, что напряжение на ножке 5 кенотрона Л4 должно превышать напряжение в точке «Б» на 50 вольт, и будет составлять 210 вольт. Учитывая, что при токе в 6 мА на внутреннем сопротивлении кенотрона упадет примерно 20 вольт, получаем 210+20=230 В. Такое напряжение должно получиться после однополупериодного выпрямления. Значит, переменное напряжение на обмотке II трансформатора питания должно составить ~U=230/1.27=181,1 В. Переменное напряжение на обмотке II, питающей выпрямитель +160 В должно быть примерно 180 В.

Тогда суммарное сопротивление резисторов R8,R9,R10 составит $50\text{В}/0.006\text{А}=8333\text{ Ом}$. Применив три последовательно включенных резистора сопротивлением 2.2 кОм, 3 кОм и 3 кОм получим 8.2 кОм. Что вполне удовлетворяет практическим целям.

В результате расчетов получаем сопротивление

$R8=2.2\text{кОм}$

$R9=3\text{кОм}$

$R10=3\text{ кОм}$

Напряжение на обмотке II трансформатора питания

$U = \sim 180\text{ В}$

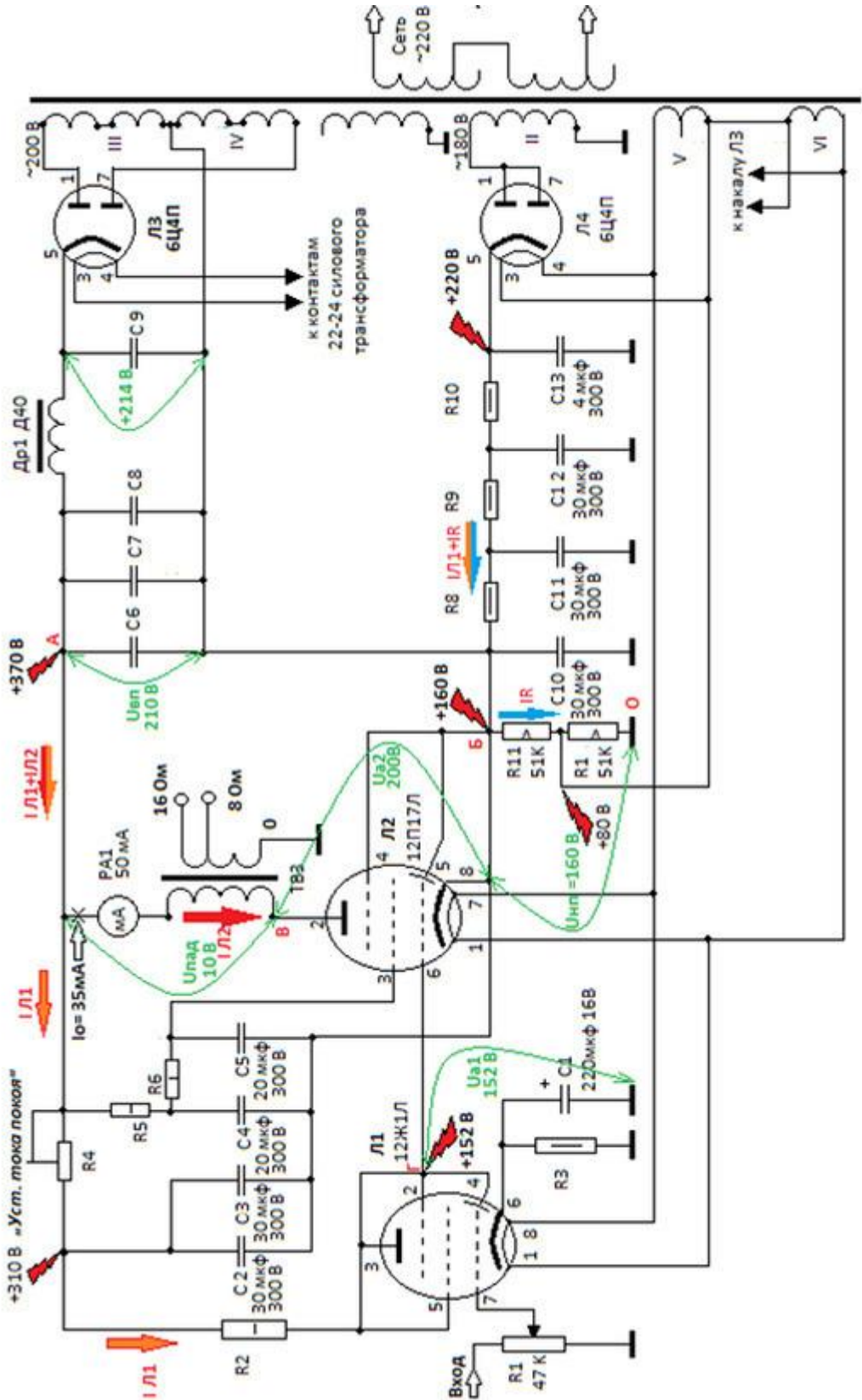
Расчет величины напряжения обмотки III трансформатора питания, питающей верхнее плечо

Верхнее плечо источника питания выполнено по двухполупериодной схеме выпрямления. Обмотки III, IV должны обеспечивать ток не менее 40 мА. Выходной каскад потребляет 35 мА.. Активное сопротивление дросселя Д40 составляет 125 Ом. Значит, падение напряжения на нем будет равно $125 \cdot 0.035=4.35$ вольт. На ножке 5 кенотрона ЛЗ мы должны получить напряжение $U_{вп}+4.35=210+4.35=214.35$ вольт. Учитывая, что при токе в 35 мА на внутреннем сопротивлении кенотрона упадет примерно 50 вольт, получаем $214+70=284\text{ В}$. Такое напряжение должно получиться после двухполупериодного выпрямления. Тогда переменное напряжение на обмотке III трансформатора питания должно быть $\sim U=284/1,41=200\text{ В}$.

Напряжение на обмотке III трансформатора питания $U = \sim 200\text{ В}$.

Обмотки V и VI должны обеспечивать переменное напряжение 6.3 вольта при токе 0.8 А.

Расчет величин емкостей конденсаторов не приводится, т.к. существующие методики сводятся, как правило, к расчету минимальной необходимой емкости. На практике ставят большую, чем расчетная, емкость.



Принципиальная схема для пояснения методики расчета усилителя
(Напряжения +152,+160,+310 и +370 Вольт измерены относительно общего провода. Точка 0)

Рис.52

Усилитель на лампах12П17Л с трансформаторной связью между каскадами

Если посмотреть на ВАХ ламп, то нетрудно заметить, что при одинаковой величине смещения положительной и отрицательной полуволн сигнала на входе, расстояние между линиями ВАХ, относительно рабочей точки, неодинаково. (См. рис 53) Особенно это заметно на ВАХ пентодов.

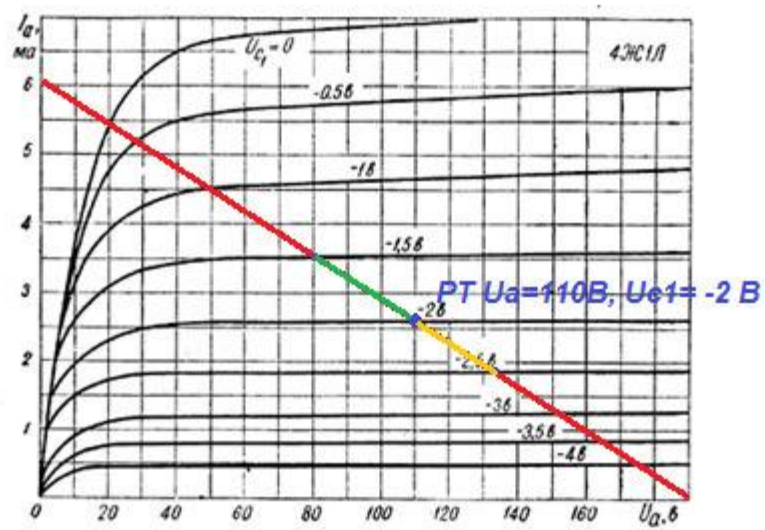


Рис.53

Как видно из графика, при входном сигнале $\sim U_{c1}$ амплитудой 0,5 вольта, соотношение зеленого участка к желтому на нагрузочной прямой равно примерно $30/23=1,3$. Т.е. каскад на лампе усиливает явно «криво».

Как выйти из этого положения? Поскольку классический усилительный каскад с общим катодом является инвертирующим, можно применить на входе лампу, степень нелинейности (назовем так отношение зеленого участка нагрузочной прямой к желтому относительно рабочей точки РТ) которой равна степени нелинейности выходной лампы. Возможно, этим отчасти объясняется «спетость» некоторых типов ламп друг с другом. Например: 6Н9С и 6С4С, 4Ж1Л и EL34 и т. д. В предельном случае улучшить линейность лампового однотактного усилителя можно применением в выходном и входном каскадах (при двухкаскадной реализации) одинаковых типов ламп, т.е. применить два одинаковых каскада. В идеальном случае должна произойти полная компенсация искажений, возникающих из-за нелинейности усиления лампы. Рис.54 иллюстрирует принцип работы такого технического решения:

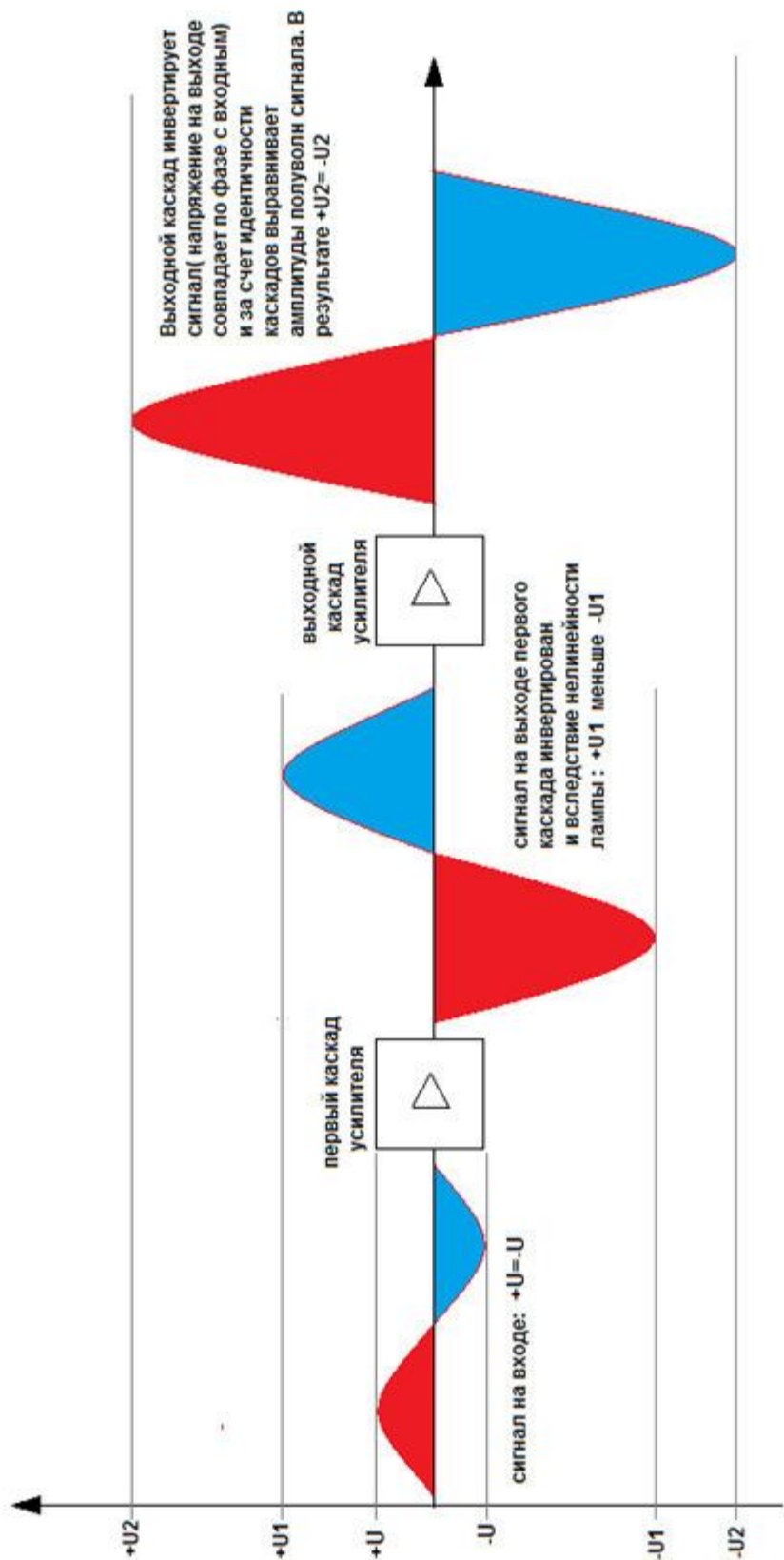


Рис.54

Реализовывать первый каскад с резистивной нагрузкой в этом случае энергетически невыгодно, так как будут большие затраты на нагрев воздуха, кроме того, усложняется блок питания. А вот трансформаторная нагрузка сразу решает эту проблему. Конечно, сам межкаскадный трансформатор представляет собой немалую сложность. Реализовать такой усилитель на триодах сложно, так как понадобится межкаскадный трансформатор с коэффициентом передачи не менее 1. При таких условиях трудно получить в реальном усилительном каскаде, да еще при ограниченных возможностях любителей по выбору материалов для трансформатора, верхнюю граничную частоту выше 14 кГц. Но есть наши любимые пентоды, и без проблем можно задаться более низким коэффициентом передачи при сохранении полосы пропускания усилителя сверху не менее 20 кГц.

В результате проведенных экспериментов установлено, что достаточно, с точки зрения трудозатрат и получаемых технических характеристик, иметь понижающий межкаскадный трансформатор с $K_{тр}=4$. Но враг коварен и подкрался с другой стороны- с низкочастотной области. Поскольку пентоды имеют высокое внутреннее сопротивление, то для получения приличных показателей по полосе пропускания снизу необходима большая индуктивность первичной обмотки трансформатора. В итоге получаем следующие общие положения по изготовлению межкаскадного трансформатора:

- Коэффициент передачи должен быть менее 1, оптимально в районе $\frac{1}{4}$.
- Для получения полосы пропускания по «низам» не хуже 31 Гц индуктивность первичной обмотки должна быть не менее 20 Гн, т.е. сердечник должен быть большим, в идеале на том же железе, что и выходной трансформатор. Количество витков первичной обмотки должно обеспечивать соответствующую индуктивность.

«У-у!» – сказали мужики... Но не так страшен черт, как его малюют. Он еще страшнее. И, поскольку основная масса акустических систем не воспроизводит не только 20, но 31 Гц, то все не так плохо. Усилитель с межкаскадными трансформаторами получается большой и тяжелый. «Поет» лучше, чем классический с межкаскадным конденсатором. Мало того, форма синусоиды сохраняется неискаженной даже на 20 герцах, только что амплитуда уменьшается. Принципиальная схема усилителя представлена на рис.57.

ТТХ усилителя

Основные характеристики:

- Выходная мощность 2,5—3 Ватта
- Чувствительность 0,7—1 Вольт
- Приведенное сопротивление первичной обмотки выходного трансформатора 4 кОм
- Сопротивление нагрузки 8, 16 Ом
- Полоса пропускания по уровню -3 дБ 31 Гц-30000 кГц
- Ток покоя выходного каскада 30—35 мА

Схемотехнически усилитель никаких особенностей не имеет, одного взгляда на схему достаточно для понимания принципа его работы. Все как в учебнике.

Теперь о самом болезненном: о трансформаторах. Межкаскадные и выходные трансформаторы изготавливаются на одинаковых сердечниках, так что понадобится 4 комплекта. В предыдущих главах говорилось, что для намотки выходного трансформатора наиболее подходящим является железо от трансформаторов ОСМ-0.1. Но, как оказалось на практике, не менее хороший результат дает использование сердечника и каркаса катушки от трансформатора ТПП-286-220-50. Каркас катушки капроновый с монтажными лепестками. Намоточные данные выходного трансформатора при этом остаются прежними (как при намотке на ОСМ-0.1). Выходной трансформатор описан в главе об усилителе на лампах 12Ж1Л+12П17Л.

Межкаскадный трансформатор (Ra = 4 кОм, Rн=270—300 Ом)

- 1. Броневой сердечник сечением 25х40 от трансформатора **ОСМ-0,1 (или ТПП-286)**
- 2. Первичная обмотка содержит3000 витков повода **ПЭЛ** диаметром**0.18 мм**
- 3. Вторичная обмотка содержит750 витков провода ПЭЛ диаметром**0.25 мм**

В данном исполнении сопротивление нагрузки 270—300 Ом

- 4.Прокладка немагнитного зазора трансформатора – один слой канцелярской бумаги плотностью 80г/кв. м. Либо слюда или лакоткань соответствующей толщины.

Схема намотки

Первичная обмотка состоит из четырех секций. Первая и четвертая секция содержат по 500 витков, вторая и третья по 1000 витков. Вторичная обмотка – из трех секций. Все секции вторичной обмотки имеют по 250 витков, располагающихся между секциями первичной обмотки. Каждый слой первичной и вторичной обмоток изолирован от соседнего одним слоем изоляции. Между секциями 2—3 слоя изоляции.

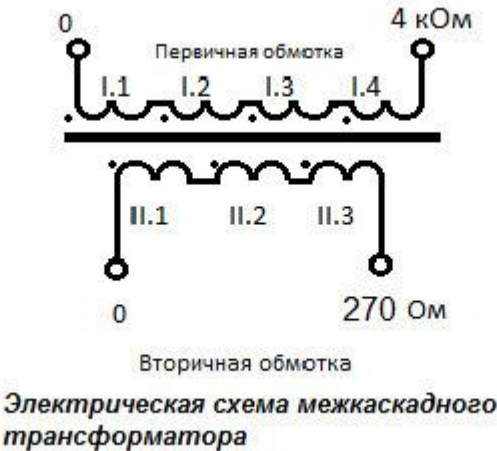


Рис.55

- I.1 – I.4 – первая, вторая, третья и четвертая секции первичной обмотки
- II.1 – II.3 – Соответственно первая, вторая и третья секции вторичной обмотки

Силовой трансформатор

В качестве силового трансформатора можно применить трансформатор ТС-180 или ТС-250. В авторской конструкции применен промышленный трансформатор ТС250—2М (см. рис.56) с небольшими доработками. Доработка заключается в сматывании с обеих катушек обмотки 4—4» и намотке на одной катушке проводом ПЭЛ диаметром 0,9—1,0 мм обмотки на 5 Вольт для питания кенотрона 5Ц4С, а на другой катушке проводом ПЭЛ 0,8 мм обмотки на 10 вольт для питания накала ламп 12П17Л. Ошибки тут нет, накал ламп необходимо будет выпрямить, после чего напряжения накала станет примерно 12.5—13 Вольт, в зависимости от внутреннего сопротивления диодного моста. Выпрямление накала необходимо для минимизации наводок на межкаскадный трансформатор. Ничего не поделаешь, существуют и побочные эффекты. ТС-180 никаких доработок не требует (см. рис.57).

Трансформатор ТС-250

Предупреждение! Отводы 9—9» сделаны от анодной обмотки 5—5», и потому в данной конструкции использовать их нельзя!

Трансформаторы типа ТС-250 унифицированной конструкции применяются в блоках трансформатора БТ-11 телевизоров цветного изображения УПИМЦТ-61-С-2 и УПИМЦТ-67-С-1. Трансформатор ТС-250 имеет несколько модификаций ТС-250-1, ТС-250-2, ТС-250-2М, ТС-250-2П.

Первичная обмотка		
Выводы обмоток	Напряжение, В	Ток, А
1 - 2	110	2,2
1 - 3	127	1,9
1 - 2 - 2' - 1'	220	1,1
Вторичная обмотка		
Выводы обмоток	Напряжение, В	Ток, А
4 - 4'	18	2,2
5 - 5'	208	0,9
6 - 6'	6,8	0,9
8 - 8'	10	0,15
9 - 9'	132	0,04

Электрические параметры трансформаторов ТС-250 и ТС-250-1

Первичная обмотка		
Выводы обмоток	Напряжение, В	Ток, А
1 - 2	110	2,1
1 - 2 - 2' - 1'	220	1,1
Вторичная обмотка		
Выводы обмоток	Напряжение, В	Ток, А
4 - 4'	19,2	1,8
5 - 5'	190	0,8
6 - 6'	6,8	0,9
8 - 8'	10	0,15
9 - 9'	127	0,04

Электрические параметры трансформаторов ТС-250-2, ТС-250-2М и ТС-250-2

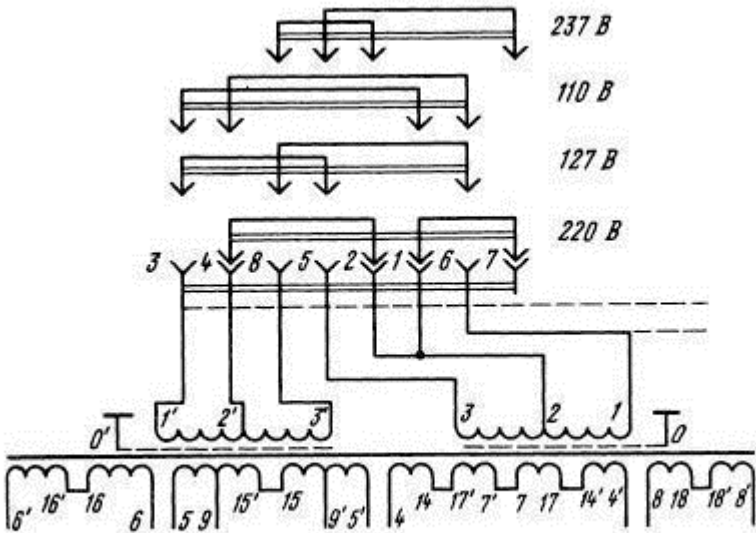


Рис.56. Принципиальная схема трансформатора ТС-250.

Трансформаторы питания ТС-250-2М и ТС-250-2П по сравнению с трансформаторами ТС-250, ТС-250-1 и ТС-250-2 имеют значительно меньшие массу и габаритные размеры. Кроме того, трансформаторы ТС-250-2М и ТС-250-2П рассчитаны на более надежную защиту первичной обмотки при перегреве по сравнению с трансформаторами ТС-250, ТС-250-1 и ТС-250-2. Все рассматриваемые трансформаторы взаимозаменяемы.

Необходимо заметить, что применяемый в блоке БТ-11 трансформатор ТС-250 отличается от трансформатора ТС-250-2М, используемого в блоке БТ-11-1, тем, что его первичная обмотка рассчитана на подключение к электрической сети с напряжением 110, 127, 220 и 237 В.

Переменное напряжение, снимаемое с выводов 5—5» через контакты 4 и 5 соединителя на мостовую схемы выпрямителя блока БП-11, составляет у трансформаторов ТС-250 вместо 190В – 208 В. Принципиальная электрическая схема трансформатора ТС-250, показанная на рис.56, включает переключатель напряжения сети, устанавливаемый в блоке трансформтора БТ-11.

Трансформатор ТС-180

Трансформаторы питания типономиналов ТС-180, ТС-180-2, ТС-180-2В и ТС-180-4 применяют в устройствах электропитания унифицированных телевизионных приемников моделей УНТ-47, УНТ-49, УЛПТ-61-11, УЛПТ-67-1 и некоторых других моделей черно-белого изображения.

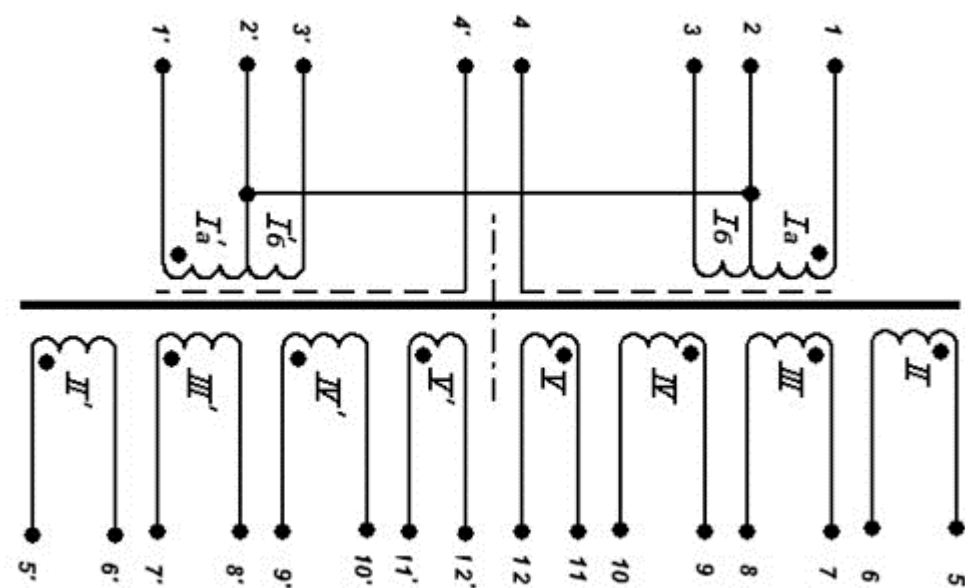


Рис.57. Принципиальная схема трансформатора ТС-180.

Трансформаторы типа ТС-180 изготавливают на стержневых магнитопроводах типа ПЛ21х45. Основные конструктивные размеры, габаритные и установочные размеры трансформаторов типономиналов ТС-180, ТС-180-2, ТС-180-2В, ТС-180-4 одинаковы. По электрическим параметрам трансформаторы также взаимозаменяемы. Трансформаторы типа ТС-180 рассчитаны на подключение к сети переменного тока напряжением 127 и 220 В. Остальные типоразмеры трансформаторов могут быть подключены к сети напряжением 110, 127, 220 и 237 В. Номинальная выходная мощность трансформаторов 180 Вт.

Трансформаторы изготовлены из электротехнической стали марки 3311. Толщина применяемой ленты 0,35 мм.

Сопротивление изоляции между обмотками, а также между обмотками и металлическими деталями трансформатора ТС-180 в нормальных климатических условиях не менее 50 МОм. Сопротивление изоляции обмоток при повышенных температуре и влажности снижается до 3 МОм. При этом изменение основных электрических параметров не превышает $\pm 10\%$, измеренных до воздействия всех внешних факторов, указанных в условиях эксплуатации.

Электрические параметры и намоточные данные обмоток трансформаторов типа ТС-180 приведены в таблицах ниже.

Первичная обмотка		
Выводы обмоток	Напряжение, В	Ток, А
1 - 2	110	1,75
1' - 2'	110	1,75
2 - 3	17	1,75
2' - 3'	17	1,75
Вторичная обмотка		
Выводы обмоток	Напряжение, В	Ток, А
5 - 6	63	0,5
5' - 6'	63	0,5
7 - 8	46	0,38
7' - 8'	46	0,38
9 - 10	6,8	4,7
9' - 10'	6,8	4,7
11 - 12	6,8	1,5
11' - 12'	6,8	1,5

Электрические параметры трансформатора ТС-180

Выводы обмоток	Число витков	Марка и диаметр провода	Сопротивление, Ом
1 - 2	375	ПЭЛ 0,8	2,3
2 - 3	58	ПЭЛ 0,8	0,4
1' - 2'	375	ПЭЛ 0,8	2,3
2' - 3'	58	ПЭЛ 0,8	0,4
5 - 6	226	ПЭЛ 0,56	3,4
5' - 6'	226	ПЭЛ 0,56	3,4
7 - 8	137	ПЭЛ 0,45	3,4
7' - 8'	137	ПЭЛ 0,45	3,4
9 - 10	23	ПЭЛ 1,5	0,1
9' - 10'	23	ПЭЛ 1,5	0,1
11 - 12	23	ПЭЛ 0,69	0,4
11' - 12'	23	ПЭЛ 0,69	0,4

Намоточные данные трансформатора ТС-180

Особенности применения ТС-180

Поскольку накальные напряжения на ТС-180 несколько выше, чем необходимо, то питание кенотрона производится от обмотки 9—10 или 9» -10» через гасящий проволочный резистор сопротивлением 0,8—1 Ома мощностью не менее 5 Вт. Накал ламп 12П17Л можно организовать двумя способами. В обоих вариантах сначала соединяются последовательно обмотки 11—12 и 11» -12». При этом получается 13.6 вольт переменного напряжения. Далее можно:

– Запитать сразу этим напряжением подогреватели ламп. В этом случае отвод от середины (места соединения между собой) обмоток необходимо соединить с массой для устранения фона.

– Выпрямить эти ~13,6 В. При этом получается на выходе выпрямителя около 18 вольт, что больше необходимых нам 12—13.5 вольт. Далее погасить излишки напряжения при помощи сопротивлений. Почему сопротивлений? Для того чтобы безбоязненно включать усилитель при неполном количестве ламп (при настройке и т. п. операциях) лучше всего каждой лампе в накал включить свое сопротивление. В нашем случае понадобится четыре сопротивления по 20 Ом мощностью не менее 3 Вт.

Для минимизации фона в идеале межкаскадный трансформатор желательно поместить в экран, а питание накалов ламп усилителя (за исключением кенотрона) все же выпрямить. В авторской конструкции межкаскадный трансформатор не экранирован, накалы ламп выпрямлены. Компоновка усилителя показана на *рис. 58*. Амплитуда напряжения фона на нагрузке 16 Ом при закороченном входе усилителя составляет 5—7 милливольт.

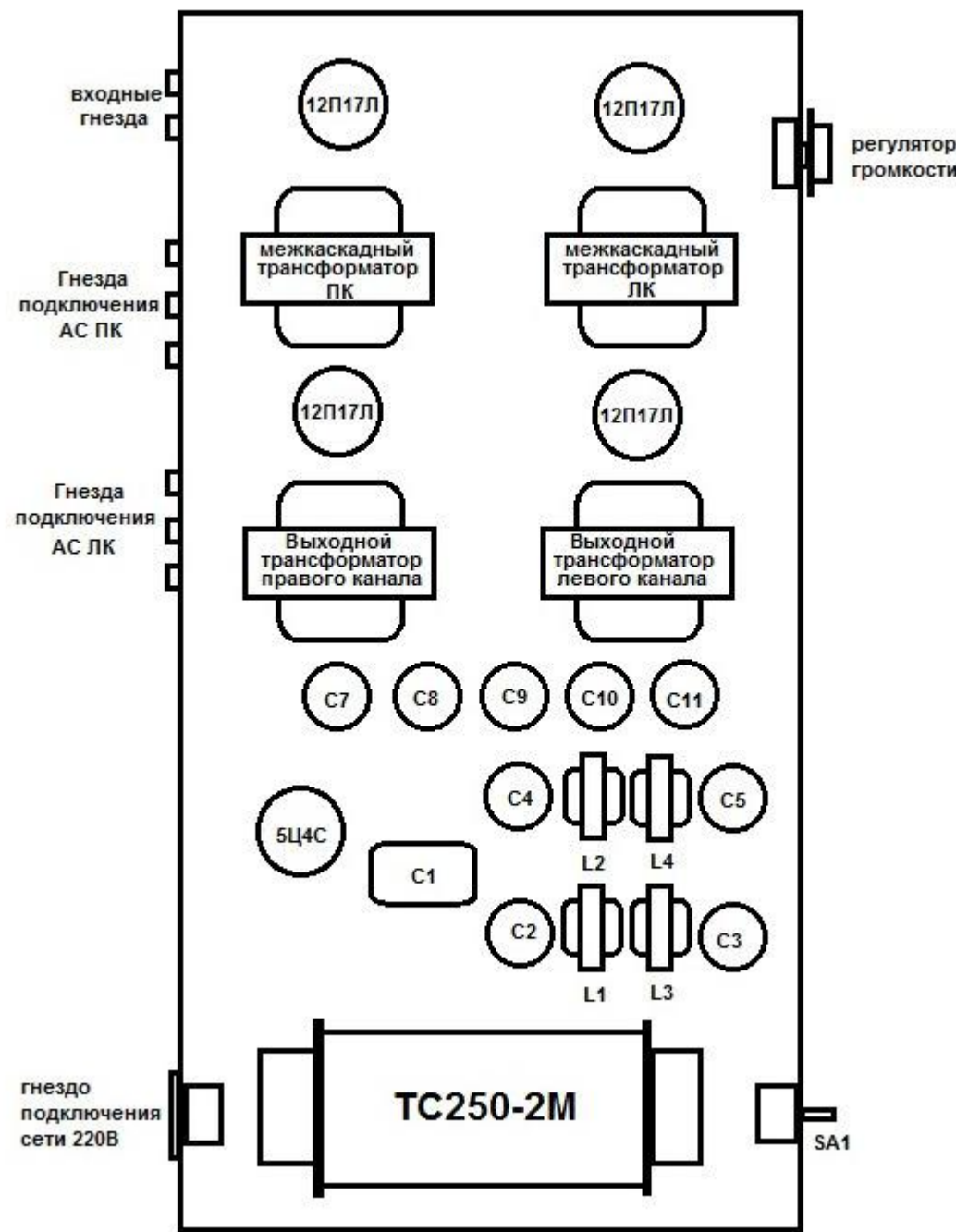


Рис.58. Компоновка усилителя с межкаскадными трансформаторами (авторский вариант).

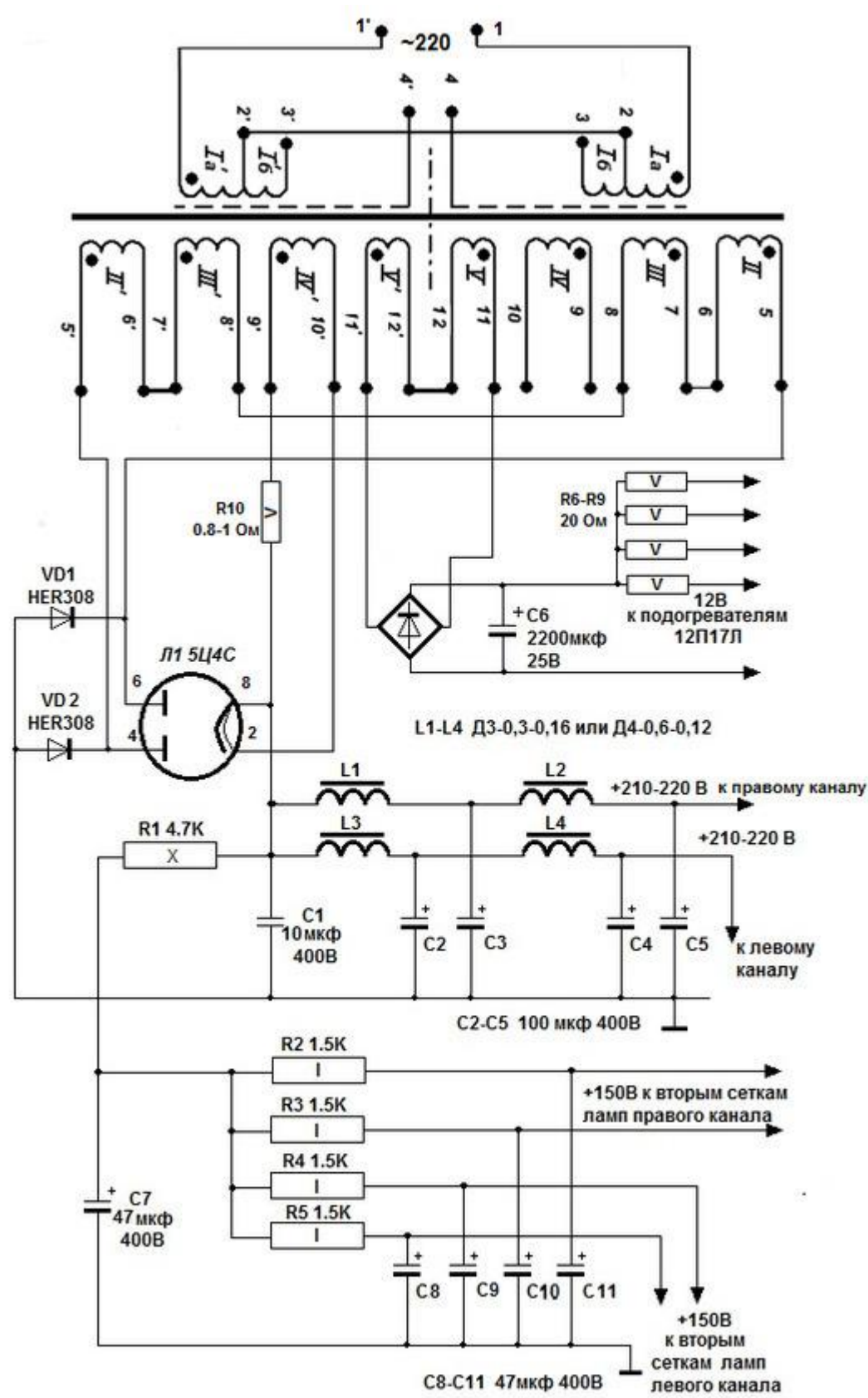


Рис.59

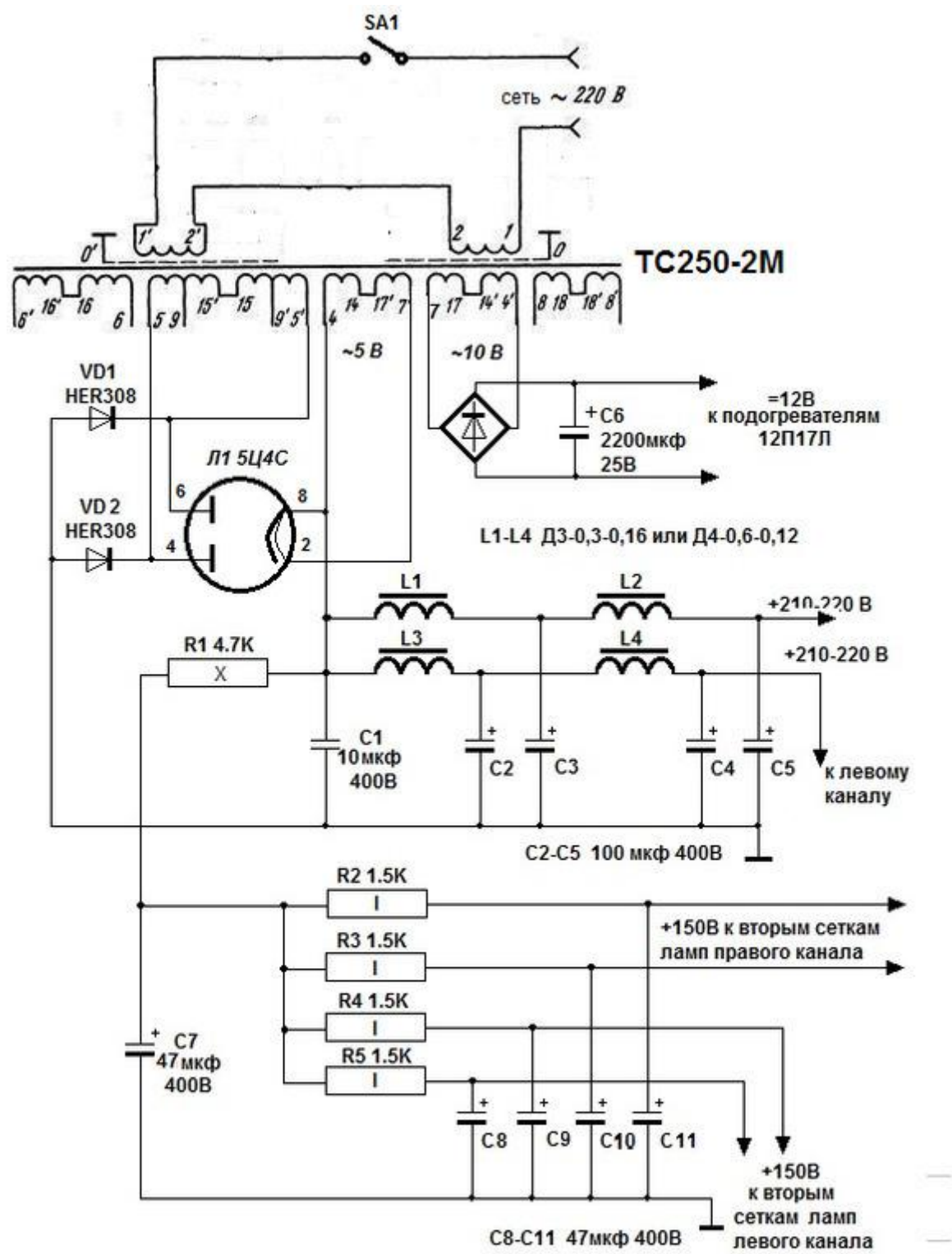


Схема блока питания на трансформаторе TC-250. (Обмотка 4-4' разделена на две обмотки 4-7 и 4'-7', которые, в свою очередь, перемотаны для получения необходимых напряжений накала).

Рис.60

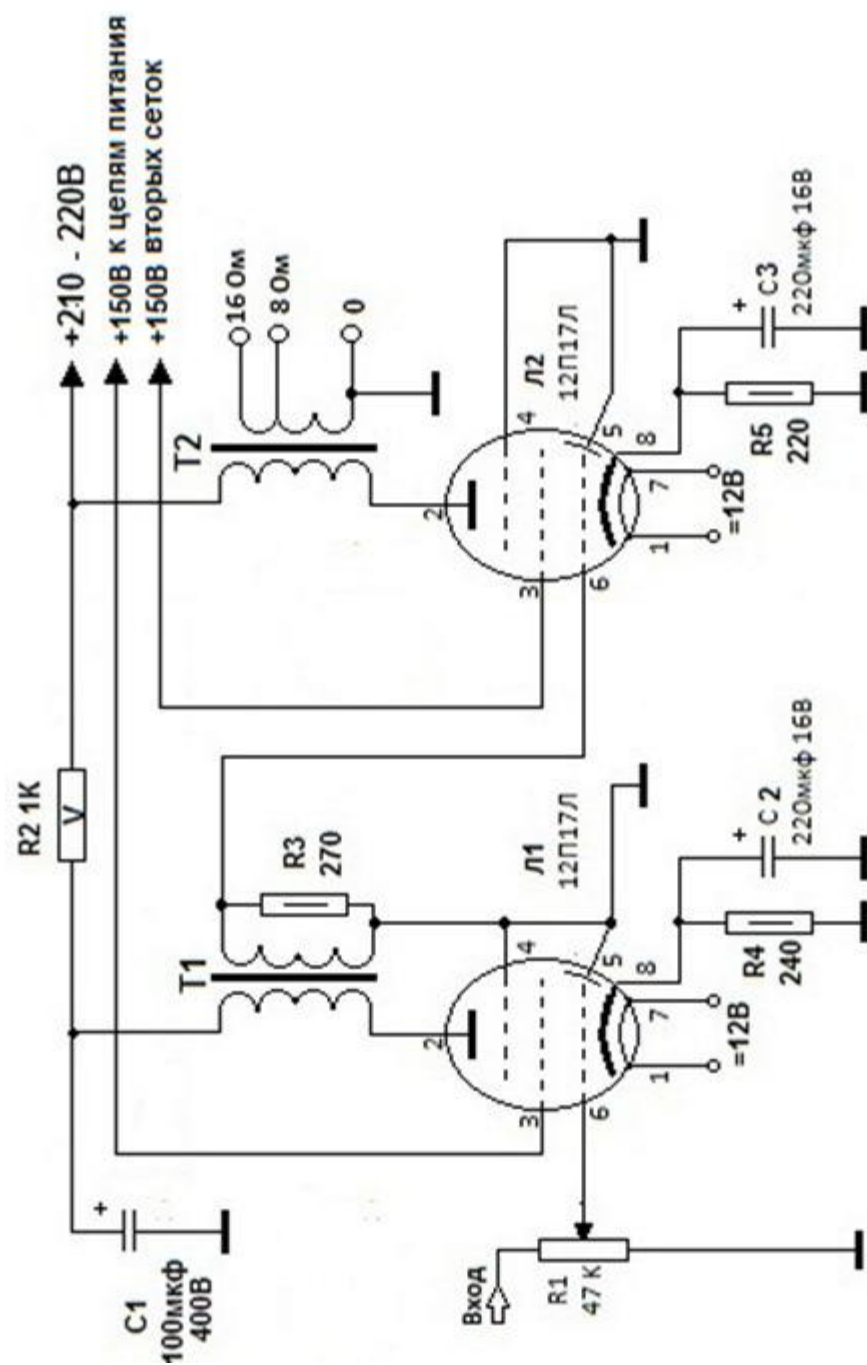


Рис.61. Принципиальная схема усилителя с межкаскадным трансформатором.

Безусловно, не возбраняется запитать вторые сетки ламп классическим способом: см. *рис 62*

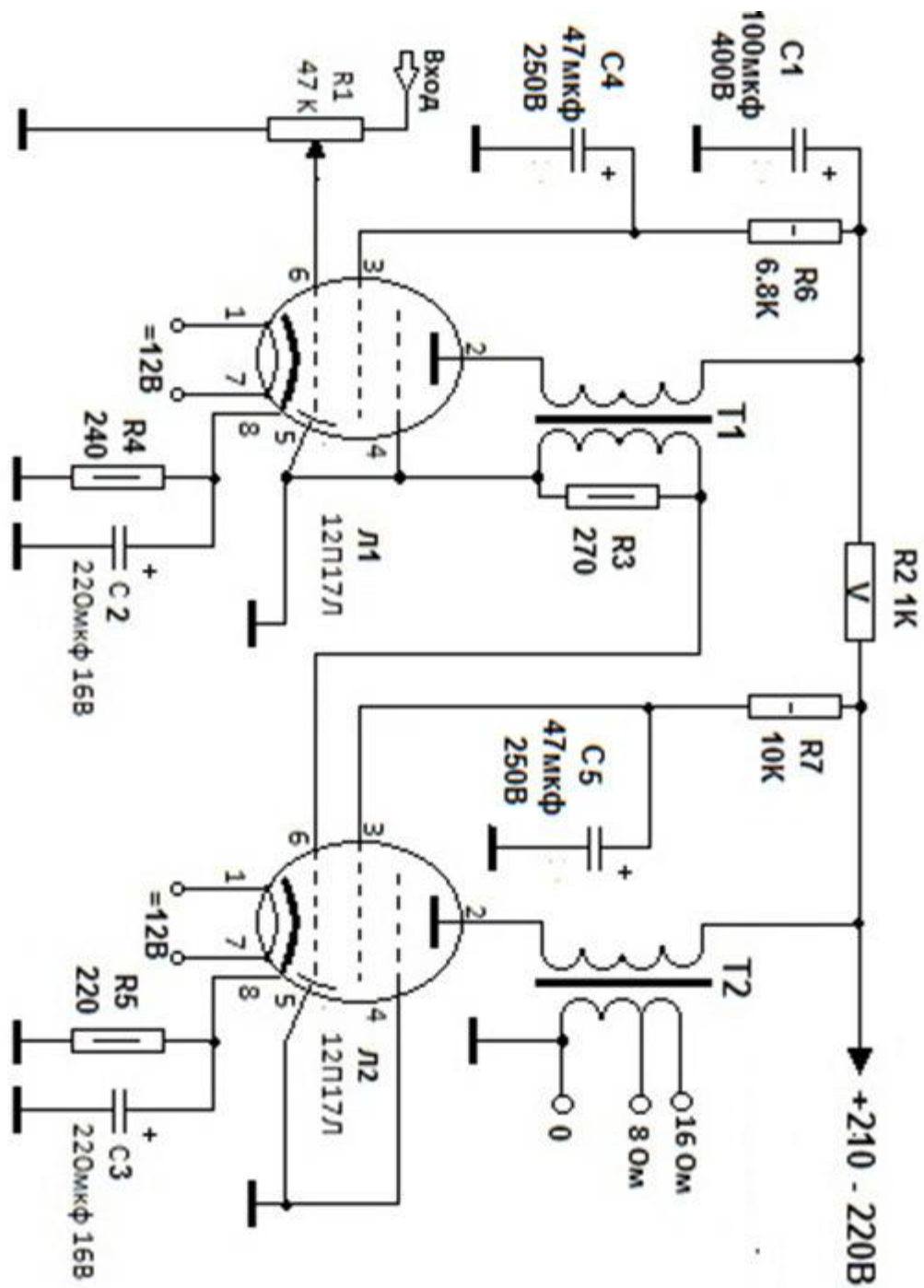


Рис.62. Второй вариант организации питания вторых сеток ламп в усилителе.

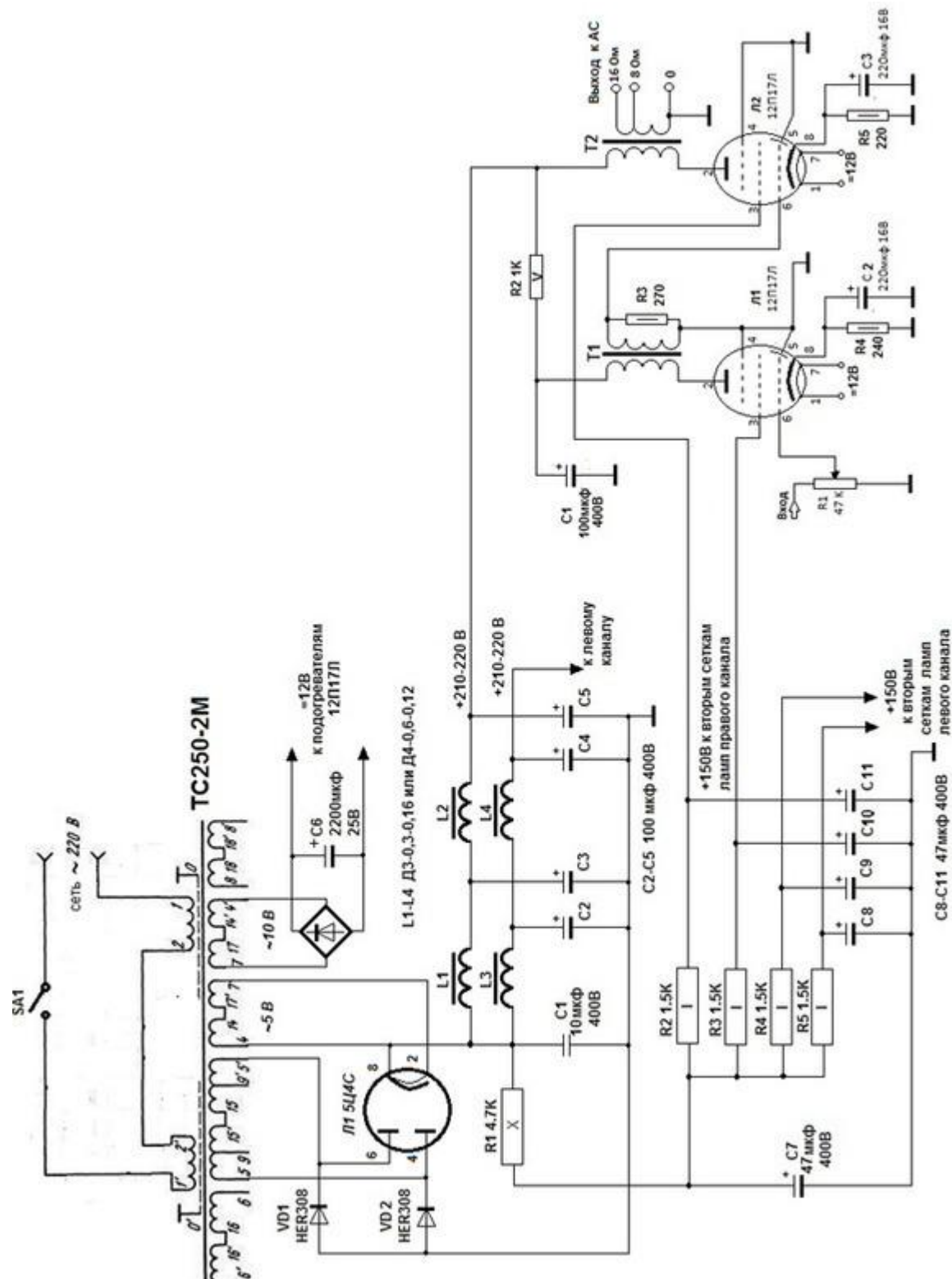


рис.63. Полная принципиальная схема авторского варианта усилителя.

Усилитель на лампах 12Ж1Л+12П17Л с конденсаторной связью между каскадами

Раз уж сказал «А», то придется сказать и «Б». Описывать работу данного усилителя нет смысла, так как схемотехника всем знакома. Следует лишь обратить внимание на то, как организовано питание усилителя. Для питания первого каскада требуется напряжение +300В 4мА, выходному каскаду: +200В 35мА. Поэтому выходной каскад запитывается через мощный гасящий резистор R4. На его сопротивлении «высаживается» порядка 100 вольт. Сделано это для того, чтобы обойтись блоком питания с одним напряжением +300 вольт. Качество звучания данного усилителя зависит от типа применяемого разделительного конденсатора C7. Рекомендации по выбору деталей даны в начале книги.



Рис.64

Однотактный усилитель мощностью 9 ВАТТ на лампе ГУ-50

В большинстве случаев выходной мощности усилителя величиной 5 Ватт достаточно для аудиофильского применения. Однако, если вдруг понадобится большая мощность без ухудшения качества звука, то выход есть. Заключается он в применении в выходном каскаде всем известной лампы ГУ-50. Ниже приведены технические характеристики лампы ГУ-50:

Общие данные лампы ГУ-50

Пентод ГУ-50 предназначен для усиления мощности и генерирования колебаний высокой частоты.

Применяется в передающих устройствах, в усилителях низкой частоты для усиления мощности и в телевизионных приемниках в каскадах строчной развертки.

Катод оксидный косвенного накала.

Работает в вертикальном положении выводами вниз. Выпускается в стеклянном бесцветном оформлении. Срок службы не менее 100 час.

Выводы электродов штырьковые. Штырьков 8. Первый штырек расположен против стеклянного выступа на баллоне.

Номинальные электрические данные

Напряжение накала, В	12.6
Напряжение на аноде, В	800
Напряжение на второй сетке, В	250
Напряжение смещения на первой сетке, В	-40+-10
Ток накала, мА	765+-65
Крутизна характеристики при токе анода 50 мА, мА/В	4+-1
Выходная мощность ^{*)} , Вт	60
Выходная мощность при напряжении накала 10.8 В ^{*)} , Вт	не менее 52

Предельно допустимые электрические величины

Наибольшее напряжение накала, В	14.5
Наименьшее напряжение накала, В	10.8
Наибольшее напряжение на аноде на частоте 46.1 МГц, В	1000
Наибольшее напряжение на аноде на частоте 66.6 МГц, В	800
Наибольшее напряжение на аноде на частоте 87.5 МГц, В	700
Наибольшее напряжение на аноде на частоте 120 МГц, В	600
Наибольшее пиковое напряжение на аноде, В	3000
Наибольшее напряжение на второй сетке, В	250
Наибольшая мощность, длительно рассеиваемая на аноде, Вт	40
Наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде при перегрузке в течение 1 мин., Вт	50
Наибольшая мощность, рассеиваемая на второй сетке, Вт	5
Наибольшая мощность, рассеиваемая на первой сетке, Вт	1
Наибольшее постоянное напряжение между катодом и подогревателем, В	200
Наибольший ток утечки между катодом и подогревателем, мкА	100
Наибольший ток в цепи катода, мА	230
Наибольшее сопротивление в цепи катод-подогреватель, кОм	5

^{*)} В режиме усиления мощности: ток в цепи анода 150 мА, напряжение смещения на первой сетке -100 В, ток в цепи первой сетки 8 мА, амплитуда напряжения возбуждения 135 В, рабочая частота 66,6 МГц. Междуэлектродные емкости, пФ: С_{вх}=14,0 +- 1,0. С_{вых}=9,15+-1,15. С_{прох} не более 0,1.

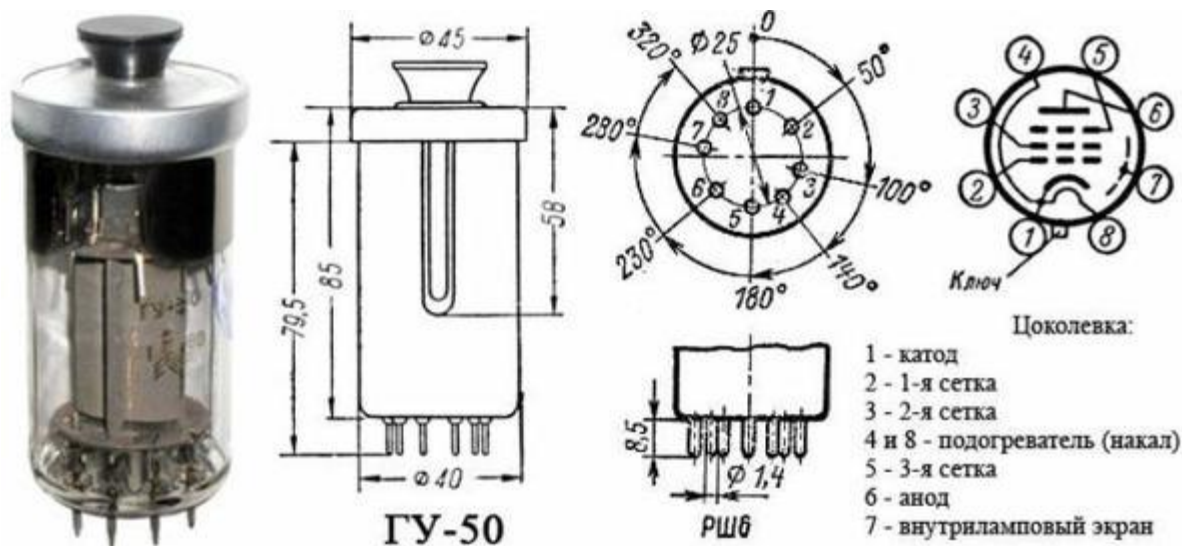
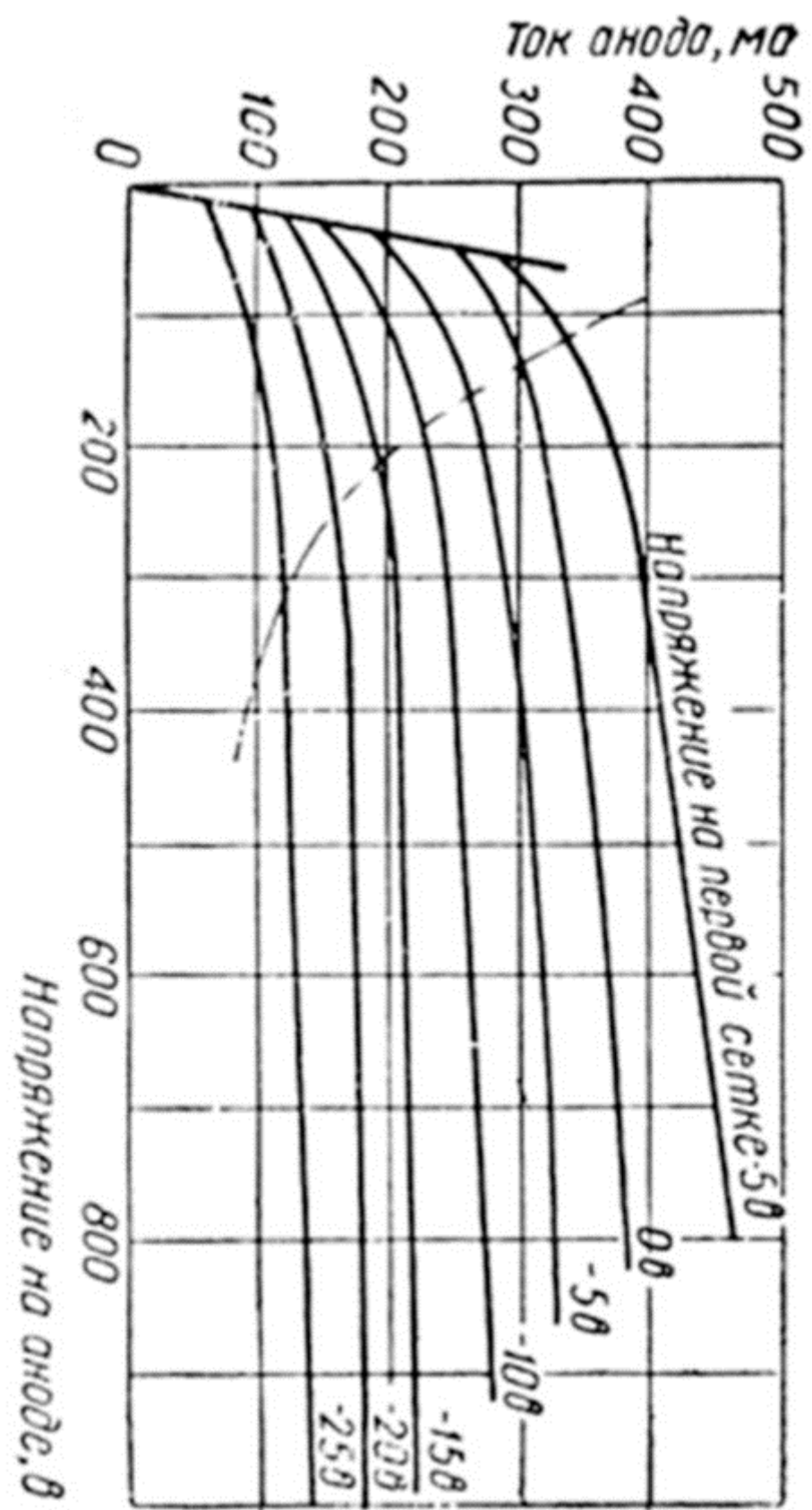
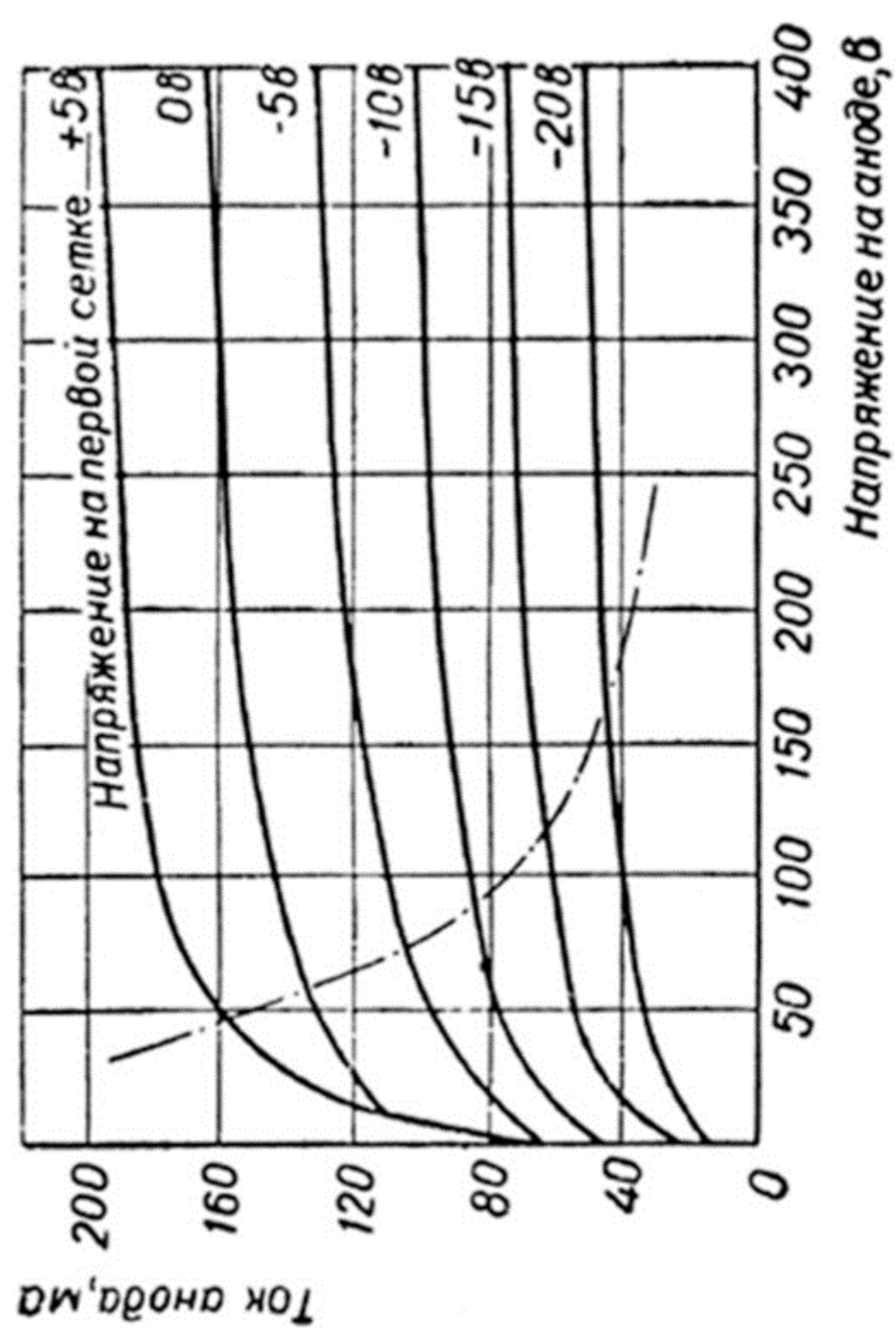
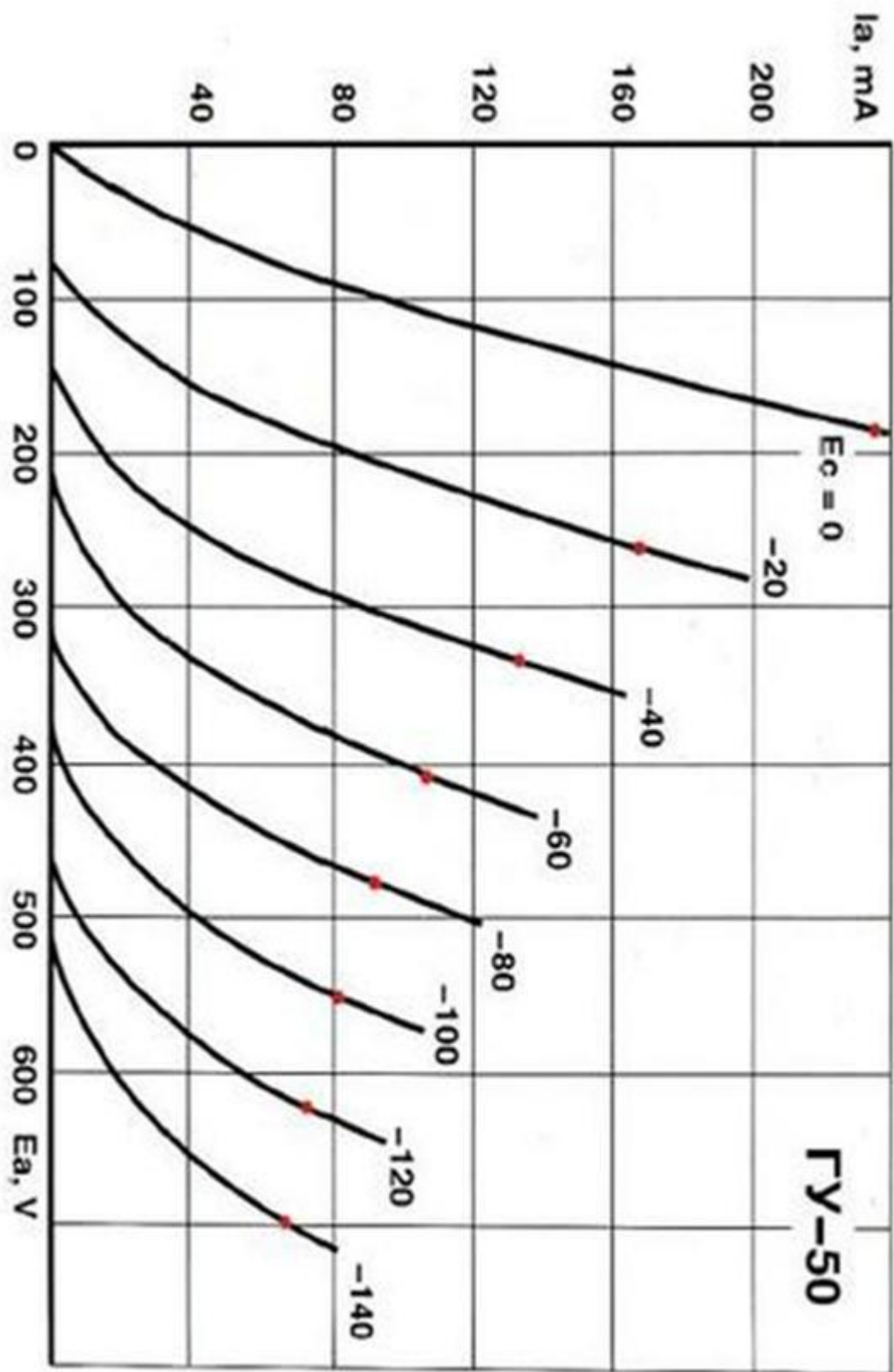


Рис.65. Внешний вид и цоколевка лампа ГУ-50.





ГУ-50. Анодно-сеточные характеристики в штатном (пентод) включении.



Включить ГУ-50 для получения наиприятнейшего звучания необходимо по триодному. При этом анод необходимо соединить со второй сеткой через резистор 200 Ом и напрямую с сеткой 3. Тогда при анодном питании +400В можно получить выходную мощность 8—10 Вт. Разброс зависит от качества выходного трансформатора и разброса параметров лампы ГУ-50. У этой лампы имеются зарубежные аналоги. Например, SRS552N производства ГДР (была такая страна), LS50, LV3 (ТЕЛЕФУНКЕН). При сравнительном прослушивании импортных ламп и отечественных разницы в звучании не обнаружено. Очевидная разница лишь в цене, иногда-во внешнем виде. По поводу сравнительного звучания усилителей на ГУ-15 и ГУ-50 мнения разделились на уровне вкусов. Однозначного ответа нет. Каждый выбирает по своим, одному ему ощутимым, нюансам. Перейдем к описанию усилителя.

Усилитель собран по схеме с фиксированным смещением ламп выходного каскада. Входной каскад выполнен на лампах 12Ж1Л. В общем, обыкновенная, ничем не примечательная, схема. (см. рис. 66). Ток покоя ламп выходного каскада регулируется при помощи подстроечных резисторов R8, R9. Величину этого тока рекомендуется установить в пределах 70—80 мА. Предпочтительнее 70 мА, так как опытным путем установлено, что при увеличении тока покоя до 80 мА звук не изменяется, а вот ресурс, как кенотрона, так и выходных ламп – уменьшается. (На рисунке не показан блок питания, так как он может быть исполнен по-разному). С целью устранения фона один из концов накальной обмотки необходимо заземлить. В идеале эта обмотка должна иметь отвод от средней точки для заземления. Сопротивление резисторов R6 и R7 подбирается из того условия, чтобы в верхнем по схеме положении движка переменных резисторов R8 и R9 не происходило запираение ламп выходного каскада. Чтобы ток через лампу, ориентировочно, составлял около 20—30 мА. Это необходимо для защиты от пробоя конденсаторов блока питания, так как без нагрузки на выходе кенотрона будет напряжение порядка +560 В. Можно, конечно, поискать конденсаторы с рабочим напряжением не менее 600 В. Но дело это весьма затратное. Панельки для ламп ГУ-50 такие же, что и для ГУ-15 и 5Ц9С. Могут быть исполнены с зажимами для ножек лампы такого же типа, что и в локтальных панельях (наиболее предпочтительны для использования), могут быть с цанговыми гнездами. Оба этих типа изготовлены из фарфора. Как правило, такие панельки конструктивно оформлены в защитном алюминиевом кожухе. Для «гражданского» применения выпускались пластмассовые с панельки контактами, по конструкции напоминающими контакты панелек для пальчиковых ламп (см. рис. 67).

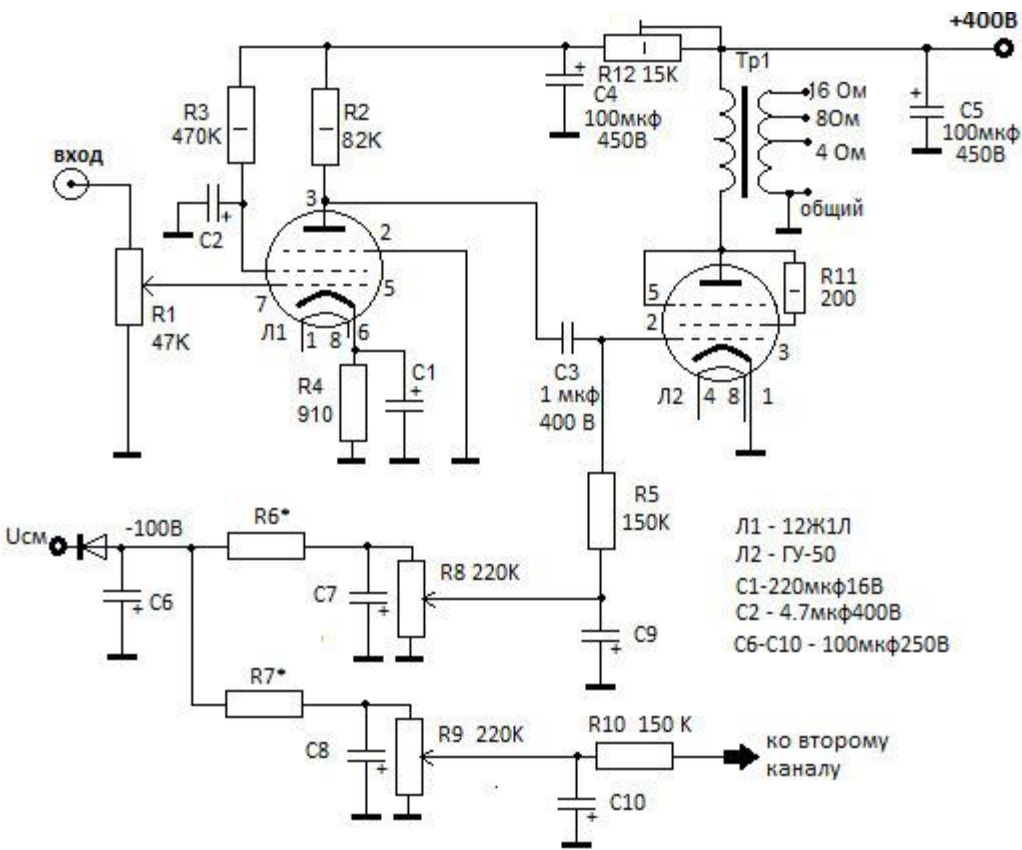


Рис.66. Принципиальная схема усилителя на ГУ-50.



Рис.67. внешний вид панелек для ГУ-50.

Выходной трансформатор для усилителя на ГУ-50. Должен иметь следующие характеристики: Габаритная мощность **P_{габ}** (не менее) 100 Вт Приведенное к аноду лампы сопротивление **R_a** = 4—5 кОм.

В качестве источника «железа» можно использовать стержневые трансформаторы ТС-160, ТС-180, ТС-200, ТС-250. Либо броневые сердечники от трансформаторов ОСМ-0.16, ОСМ-0.25, ОСМ-0.3, от выходных и силовых трансформаторов трансляционного усилителя Степь-103 и т. п. Все перечисленные трансформаторы дают очень хороший результат. В качестве примера приведены намоточные данные и схема коммутации (рис. 68) выходного трансформатора на сердечнике от трансформатора ТС-180.

Усредненный вариант выходного трансформатора (**R_a** = 4,5 кОм)

- 1.Стержневой сердечник сечением 21х45 от трансформатора **ТС-180**
- 2. Первичная обмотка – 2400 витков провода **ПЭЛ** диаметром 0.3 **мм**
- 3.Вторичная обмотка содержит 152 витка провода ПЭЛ диаметром 0.9**мм**. В данном исполнении сопротивление нагрузки**16 Ом**. Отвод от 76 витка (перемычка, соединяющая вторичную обмотку, между катушками) для нагрузки 4 **Ом**. Отвод от 114 витка для нагрузки 8 **Ом**.
- 4.Прокладка немагнитного зазора трансформатора – два слоя канцелярской бумаги плотностью 80г/кв. м. Либо слюда или лакоткань соответствующей толщины.

Поскольку у стержневого трансформатора две катушки, то на каждую катушку наматывается половина указанного выше количества витков обеих обмоток. На каждой катушке витки по секциям распределяются следующим образом: 1 секция первичной обмотки содержит 300 витков, затем 38 витков 1 секции вторичной, 600 витков 2 секции первичной, снова 38 витков 2 секции вторичной и, наконец, 300 витков 3 секции первичной. Одна катушка готова. Вторая наматывается точно также. При сборке трансформатора соединяют между собой концы соответствующих обмоток как показано ниже на рисунке.

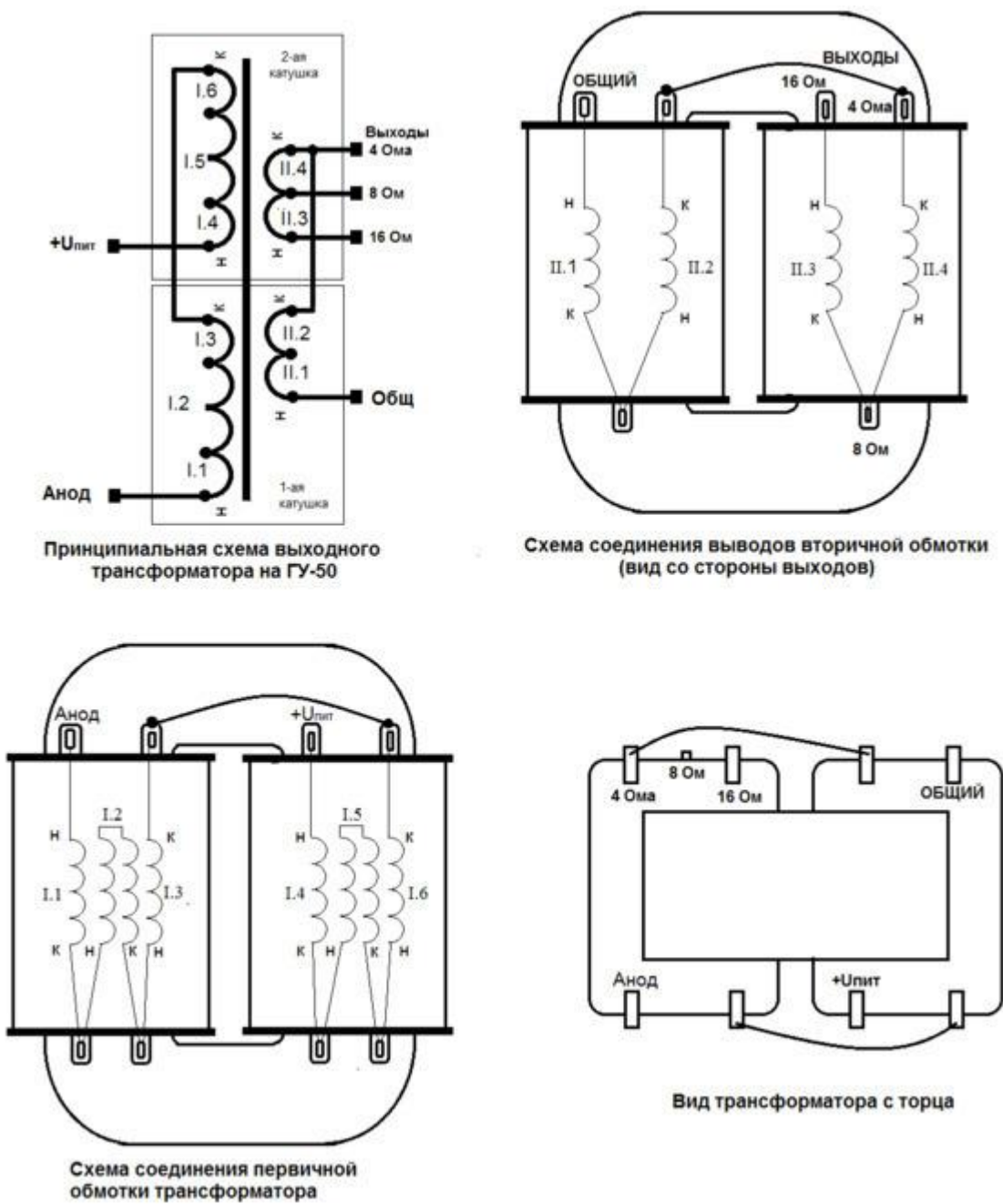


Рис.68 Конструкция выходного трансформатора на базе ТС-180 для лампы ГУ-50.

Блок питания усилителя

Блок питания для усилителя на ГУ-50 в триодном включении должен минимально обеспечивать:

- 1. Высокое напряжение +400В при токе не менее 160 мА.
- 2. Напряжения смещения ламп выходного каскада -80В при токе 10мА.
- 3. Напряжение ~12В (желательно с выводом средней точки) при токе 2,2А.
- 4. Если питание кенотронное (рекомендуется 5Ц9С), то 5В при токе 3А.

Трансформаторы ТС-270

Самый доступный для повторения блок питания собирается на основе промышленного трансформатора от цветных ламповых телевизоров ТС-270. Встречается «брат» этого трансформатора с обмотками из алюминиевого провода – ТСА-270. Его использовать нельзя, так как невозможно будет обеспечить необходимые токи накальных обмоток. Но и ТС-270 применим не любой, а лишь тот, у которого обмотки VII и VII», намотаны таким же проводом, что и обмотки VIII, VIII», т.е. реально позволяющие получить ток больше указанного в паспорте. Такое встречается часто, ввиду работы технологов завода-изготовителя по упрощению технологии производства (проще все мотнуть с одной катушки, благо, что размер трансформатора позволяет). Данные на трансформаторы ТС-270 приведены ниже.

Трансформаторы ТС-270 выпускались на стержневых сердечниках типа ПЛ 25х50х120 и предназначены для блоков питания цветных ламповых, лампово-полупроводниковых телевизионных приёмников.

Номинальная мощность трансформатора 270 ватт.

Напряжение сети 220 вольт подключается к выводам 1 и 1», и устанавливается перемычка между выводами 2 и 2».

Трансформаторы могут быть с первичной обмоткой только на 220 вольт (отсутствует вывод 3), нумерация выводов трансформаторов при этом не изменяется.

Трансформаторы имеют несколько модификаций, ТС-270-1, ТС-270-2, ТСА-270-1, ТСА-270-2, СТ-270-1. Трансформаторы ТСА отличаются тем, что их обмотки выполнены алюминиевым проводом.

Все трансформаторы взаимозаменяемые.

Тип трансформатора	Обмотки		Число витков	Марка и диаметр провода, мм	Сопротивл. пост. току, Ом	Напряжение, ном. В	Ток, ном. А
	Номер	Выводы					
ТС-270-1 ТС-270-2 СТ-270-1	I	1-2-3	275+43	ПЭВ-1 0,85	1,7+0,3	110+17	1,25
	I'	1'-2'-3'	275+43	ПЭВ-1 0,85	1,7+0,3	110+17	1,25
	II	9-4-14	6+315	ПЭВ-1 0,5	0,1+15	2,2+122	0,4
	II'	9'-4'-14'	6+315	ПЭВ-1 0,5	0,1+15	2,2+122	0,4
	III	5-15	183	ПЭВ-1 0,31	5,2	71	0,2
	III'	5'-15'	183	ПЭВ-1 0,31	5,2	71	0,2
	IV	6-16	183	ПЭВ-1 0,31	5,2	71	0,2
	IV'	6'-16'	183	ПЭВ-1 0,31	5,2	71	0,2
	V	7-17	247	ПЭВ-1 0,2	35	97	0,07
	V'	7'-17'	247	ПЭВ-1 0,2	35	97	0,07
	VI	8-18	42	ПЭВ-1 0,91	0,2	16,5	1,85
	VI'	8'-18'	42	ПЭВ-1 0,91	0,2	16,5	1,85
	VII	10-20	8,5	ПЭВ-1 0,75	0,1	3,3	0,9
	VII'	10'-20'	8,5	ПЭВ-1 0,75	0,1	3,3	0,9
	VIII	11-21	9	ПЭВ-1 1,12	0,1	3,3	2,1
	VIII'	11'-21'	9	ПЭВ-1 1,12	0,1	3,3	2,1
	IX	12-22	9	2хПЭВ-1 0,85	0,1	3,4	2,95
	IX'	12'-22'	9	2хПЭВ-1 0,85	0,1	3,4	2,95

Технические данные трансформаторов ТС-270.

* – Напряжения даны для полуобмоток (напр 5—15). Напряжение всей обмотки 5—5» равно 5—15+15» -5». Встречаются варианты трансформаторов ТС-270, где обмотки 4—4» и 9—9» выполнены отдельно.

– Обмотка 4—4» (4—14+14» -4) соответствует данным выше.

– Обмотка 9—9» (9—19+19» -9») содержит всего 6 (3+3) витков, соответственно полное номинальное напряжение всей обмотки равно 2,2 вольта.

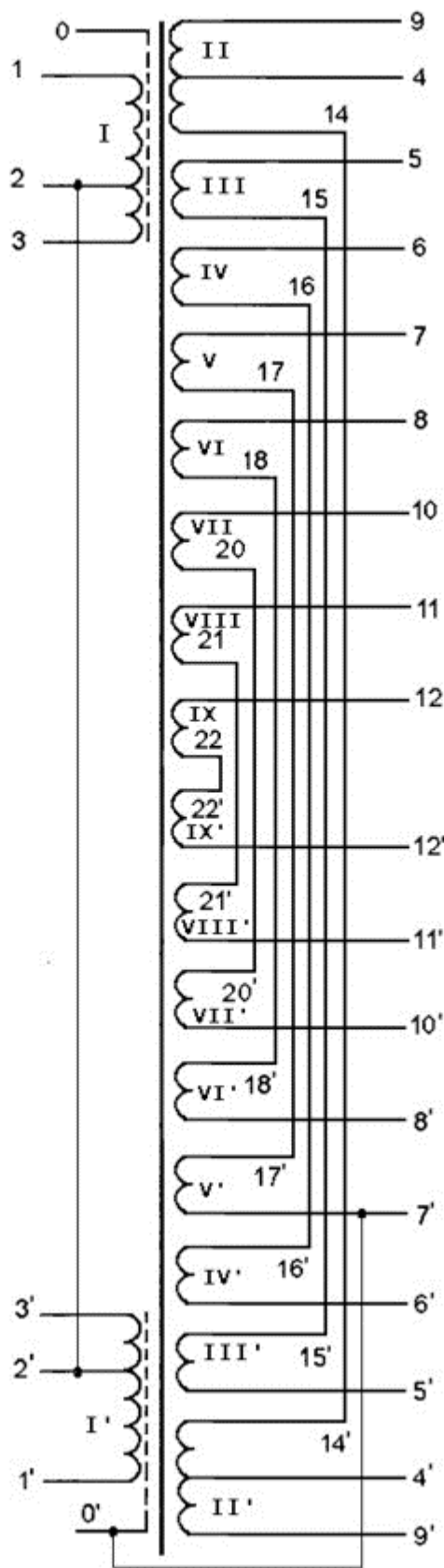


Рис.69. Принципиальная схема трансформаторов ТС-270, СТ-270.

Использование ТС-270 в блоке питания усилителя на ГУ-50 (Рис.70)

Коммутация производится следующим образом:

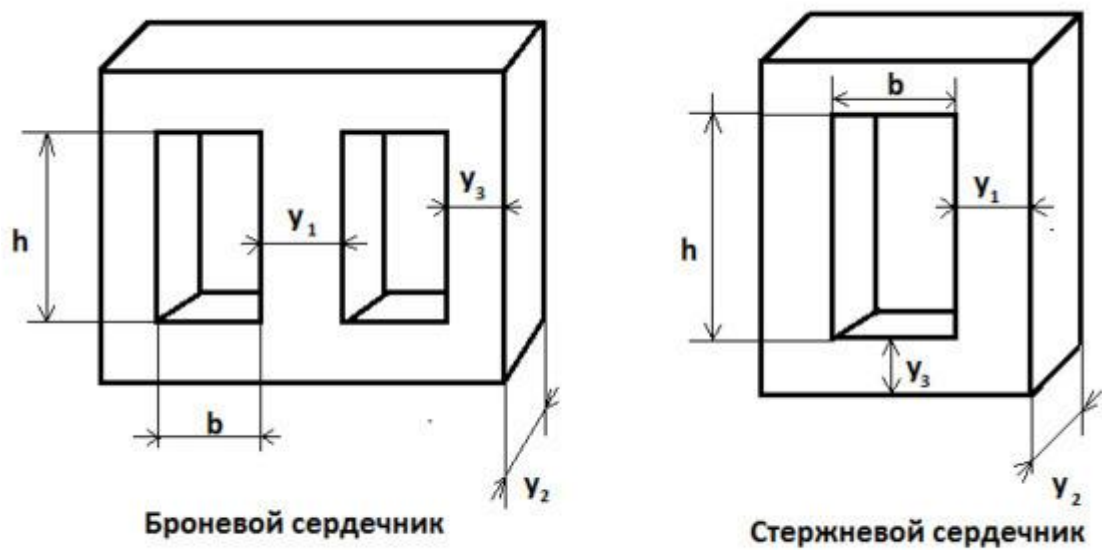
- 1) Накал кенотрона питается через гасящий резистор сопротивлением 0,36 Ома мощностью не менее 5 Ватт от обмотки IX – IX` (выводы 12—12`).
- 2) Напряжение смещения получают однополупериодным выпрямлением напряжения ~97В/0.07А, снимаемого с обмотки V` (вывод 7` -земля, вывод 17` – к катоду диода выпрямителя).
- 3) Напряжение ~12 В накала ламп усилителя получают так: разъединить (разорвать перемычку) выводы 20 и 20` . Соединить вывод 20 с выводом 11, а вывод 20` с выводом 11` . Перемычка, соединяющая выводы 21 и 21` , будет средней точкой получившейся обмотки. На выводах 10 и 10` получим напряжение ~12 Вольт/2.1А.
- 4) Напряжение ~380В (для получения анодного) получают следующим образом:
 - Разъединить выводы 14—14` ,15—15` .
 - Затем на первой катушке соединить вывод 14 с выводами 5 и 6; а вывод 15 соединить с выводом 16.
 - Соответственно, то же самое проделать на второй катушке с выводами 14` , 5` , 6` и 15` , 16` .
 - На выводах 9—9` будет напряжение ~384 В/ 0.4А.

После выпрямления переменного напряжения 384 Вольта на при отсутствии нагрузки на конденсаторе С1 будет напряжение порядка +540 В. При номинальном токе усилителя 80 мА на канал падение напряжения на кенотроне составит около 100—120В. Плюс падение напряжения на активном сопротивлении дросселей L1 (L2) и, в итоге, на выходе блока питания получаем примерно 390—400В. Емкость конденсатора С1 может быть в пределах от 4 до 16 микрофард.

Цепочка RсСс необходима для подавления импульсной помехи, возникающей при выключении. Если ее не устанавливать, то при выключении усилителя, поскольку какое-то время усилитель будет продолжать работать, пока не остынет катод и не разрядятся конденисаторы, в акустических системах будет слышен весьма громкий щелчок низкого тона.

a – коэффициент распределения активного сопротивления между обмотками берем равным 0.35 (считаем, что первичка занимает вдвое больше места, чем вторичка).

m - количество промежутков между секциями.



Геометрические величины трансформатора

Расчет

1. Исходя из размеров трансформатора, определяем его конструктивный параметр: $G=S_c (S_{ок} / I_o)^{1/2}$, где

$I_o \approx 2y_1+2y_2+2,5b$ – (см) для броневого сердечника;

$I_o \approx 2y_1+2y_2+1,1$ – (см) для стержневого сердечника.

1.1. Находим потребный для реализации трансформатора конструктивный параметр:

$G_{треб}=1020P_{вых}^{1/2} (1-\eta) / (B_m (a\eta (1-a) (1-\eta) K_{ок})^{1/2})$

1.2. Сравниваем их и, если $G_{треб} \leq G$, то такой трансформатор технически реализуем.

2. Для определения КПД (по таблице) находим

$P_{габ} (Вт) = S_c * S_{ок} / 20$.

Ргаб (Вт)	До 1	1-10 Вт	10-100	100-1000
КПД, η	0,7-0,8	0,75-0,85	0,84-0,93	0,92-0,96

Таблица для определения КПД трансформатора.

3. Вычислив КПД, находим коэффициент трансформации трансформатора: $n=W_1/W_2= (R_a / (R_n/\eta))^{1/2}$.

4. Вычисляем активное сопротивление первичной обмотки:

$r_1=0,5R_a (1-\eta)$.

5. Вычисляем активное сопротивление вторичной обмотки:

$r_2=R_n (1-\eta) / 2\eta$.

6. Вычисляем эквивалентное сопротивление выходного каскада: $R_{эkv} = (R_i+r_1) (R_a -r_1) / (R_i+ R_a)$.

7.Находим необходимую величину индуктивности первичной обмотки: $L_{1н}=0,159R_{эkv} / (F_n (M^2-1)^{1/2})$. При завале АЧХ -1дБ $M=1.122$ и $F_n=20Гц$ формула приобретает вид:

$L_{1н}=0,016+R_{эkv}$.

8.Определяем амплитуду напряжения на первичной обмотке U_{m1} :

8.1. Для этого сначала находим напряжение в нагрузке при максимальной выходной мощности : $U_{на}=(2R_nP_n)^{1/2}$,затем

$U_{m1}=nU_{на}=n (2R_n P_n)^{1/2}$.

9.Находим количество витков первичной обмотки:

$W1= (2,25*10^7 U_{m1}) / (F_n S_c K_c B_m)$.

10.Находим количество витков вторичной обмотки:

$W2=W1/n$.

11.Вычисляем диаметр провода первичной обмотки:

$d1 (мм) =0.15 (W_1I_o /r_1)^{1/2}$. Для расчета диаметра проводов I_o ставим в метрах, r_1, r_2 в Омах.

12. Вычисляем диаметр провода вторичной обмотки:

$d2 (мм) =0.15 (W_2I_o /r_2)^{1/2}$.

13. Определяем толщину немагнитного зазора трансформатора (I_o —ток покоя выходного каскада А):

$d_{зaz}=0,62*10^{-6}W_1 I_o(мм)$

14. Находим величину индуктивности первичной обмотки:

$L_1 = 0.4*10^{-8} \pi \mu W_1^2 * S_c / I_c$, где

$l_c=2h+2b+0,5\pi y_1$ — (см) для броневого сердечника,

$l_c=2h+2b+\pi y_1$ — (см) для стержневого сердечника.

Сравним L_1 и $L_{1н}$. Если $L_1\geq L_1$, трансформатор получился не хуже задуманного.

15. Определяем частоту среза трансформатора по нижним частотам по уровню -1Дб: $F_{н\text{ факт}}=R_{экв}/(\pi*L_1)$.

16. Определяем индуктивность рассеивания трансформатора: $L_s=0.4*10^{-8}\pi W_1^2I_c D/(m^2 h_n)$.

17.Определяем частоту среза трансформатора по верхним частотам по уровню -1Дб: $F_{в}=(R_i+R_a)/(\pi L_s)$.

18. проверяем, поместятся ли обмотки в окне трансформатора. Для этого вычисляем суммарную толщину всех обмоток:

18.1. Толщина первичной обмотки:

$T1=(1,2,...,1,4) * (N_1 d_{1i} + \delta_1 (N_1 -1))$

18.2. Толщина вторичной обмотки:

$T2=(1,2,...,1,4) * (N_2 d_{2i} + \delta_2 (N_2-1))$, где

N_1, N_2 — число слоев первичной и вторичной обмоток соответственно;

d_{1i}, d_{2i} — диаметры провода в изоляции (мм);

δ_1, δ_2 — толщина межслойной изоляции (обычно выбирают $= 0,2d$, в пределах 0,01—0,15 мм).

18.3. Толщина всей намотки: $T_{сум}=T1+T2+ \delta_{мс}$, где $\delta_{мс}$ суммарная толщина изоляции между секциями трансформатора. Если $T_{сум}\leq 0.95b$ (для броневых магнитопроводов) и $T_{сум}\leq 0.47b$ (для стержневых двухкатушечных), то все обмотки разместятся в окне трансформатора.

Расчет силового трансформатора. (приводится по статье Сергея Комарова)

Сразу оговоримся, что рассматриваются однофазные трансформаторы для питания наземной стационарной радиоаппаратуры мощностью в десятки – сотни ватт, что имеет самое распространенное применение.

Прежде, чем приступить к расчетам трансформатора, которых может быть великое множество, необходимо договориться о критериях его качества, что непременно отразится на построении расчетных формул. Полагаем, что главный качественный показатель силового трансформатора для радиоаппаратуры это его надежность. Следствие надежности – это минимальный нагрев трансформатора при работе (иными словами он должен быть всегда холодным!) и минимальная просадка выходных напряжений под нагрузкой (иными словами, трансформатор должен быть «жестким»).

Другие критерии оптимизации кроме надежности, как-то: экономия меди, минимальные габариты или вес, высокая удельная мощность, удобство намотки, минимизация стоимости, ограниченный срок службы (чтобы новые покупали чаще, взамен сгоревших) считаем неприемлемыми в инженерной практике.

Трансформатор должен работать и не создавать проблем. Это его главная функция. Исходя из этого, будем его и рассчитывать!

Прежде всего, необходимо уяснить для себя некоторую минимальную теорию.

Итак: силовой трансформатор. Не идеальный. А по сему, эти неидеальности нужно понимать и правильно учитывать. Главных неидеальностей у силового трансформатора – две:

1. Потери на активном сопротивлении провода обмоток.
2. Потери на перемагничивание в сердечнике, – на некоем «магнитном сопротивлении».

Именно эти две неидеальности должны быть разумно-минимальными, чтобы трансформатор удовлетворял требованиям надежности.

Активное сопротивление обмоток и, как следствие, их нагрев, определяется заложенной при расчете плотностью тока в проводе. А по сему, ее значение должно быть оптимальным. На основании большого практического опыта рекомендую использовать значение плотности тока в медном проводе не более 3,2 ампера на квадратный миллиметр сечения. Как правило, плотность тока в медном проводе выбирают 2.7 А/мм² для трансформаторов мощностью менее 100 Вт и 2.5 А/мм² для более мощных. При использовании серебряного провода, плотность тока можно увеличить до 3,5 ампер на квадратный миллиметр. А вот, для алюминиевого провода она не должна превышать значение 2 ампера на квадратный миллиметр. Указанные значения плотности тока категорически превышать нельзя! И из этих значений мы выведем формулы для определения диаметра провода обмоток, коими будем пользоваться в расчете.

Мотать обмотки более толстым проводом (при меньшем значении плотности тока) – можно. Более тонким – категорически нет! Однако, и более толстым проводом мотать обмотки не стоит, поскольку тогда мы рискуем не уложить нужное число витков в окно сердечника. А в хорошем трансформаторе должно быть много витков, чтобы свести к минимуму магнитные потери и чтобы не грелся его сердечник.

Большинство холоднокатаных электротехнических сталей сохраняют свою линейность до значения магнитной индукции 1,35 Тесла или 13500 Гаусс. Но надо не забывать, что напряжение в розетке электросети может иметь разброс от 198 до 242 вольт, что соответствует нормированному 10-и процентному отклонению от номинала как в плюс, так и в минус. То есть, если мы хотим, чтобы во всем диапазоне питающих напряжений наш трансформатор работал надежно, надо его рассчитать так, чтобы сердечник не подходил бы к нелинейности при любом допустимом напряжении питающей сети. В том числе и при 242 вольтах. А по сему, на номинальном напряжении 220 вольт, магнитная индукция должна выбираться не более 1,2 Тесла или 12000 Гаусс.

Соблюдение этих двух указанных требований обеспечит высокий КПД трансформатора и высокую стабильность выходных напряжений при изменении тока нагрузки от нуля до максимального значения. Иными словами, мы получим очень «жесткий» трансформатор. Что и нужно! А вот увеличение расчетного значения индукции более

1,2 Тесла приведет не только к нагреву сердечника, но и к снижению «жесткости» трансформатора. Если рассчитывать трансформатор на значение индукции более 1,3 Тесла, то мы получим «мягкий» трансформатор, выходные напряжения которого, плавно просаживаются при увеличении тока нагрузки от нуля до его номинального значения. Не для всех радиоустройств такие трансформаторы пригодны. Впрочем, в транзисторных схемах можно с успехом использовать стабилизатор выпрямленного напряжения. Но это – дополнительная схема, дополнительные габариты, дополнительная рассеиваемая мощность, дополнительные деньги и дополнительная ненадежность. Не лучше ли сразу сделать хороший трансформатор?

У мягкого питающего трансформатора напряжения на одних вторичных обмотках зависит от потребляемых токов в других – за счет просадки в общих цепях – на активном сопротивлении первичной обмотки и на магнитном сопротивлении. Например, если мы питаем от мягкого трансформатора двухтактный ламповый усилитель, работающий в режиме класса В или АВ, то изменение потребления по анодной цепи приведет к дополнительным колебаниям напряжения накала ламп. И, поскольку, напряжение накала ламп имеет также допустимый разброс в 10% от номинала, мягкий трансформатор внесет в это напряжение дополнительную нестабильность еще в 10, а то и в 15 процентов. А это неизбежно, сначала сократит выходную мощность усилителя на больших громкостях (инерционные просадки громкости), а с течением времени приведет к более ранней потери эмиссии у ламп.

Экономия на силовом трансформаторе аukaется более дорогими потерями в радиолампах и в параметрах радиоустройств. Вот уж воистину: «Экономия – путь к разорению и нищете!»

В настоящее время наиболее распространены магнитопроводы следующих конфигураций, показанных на *рис. 72*.

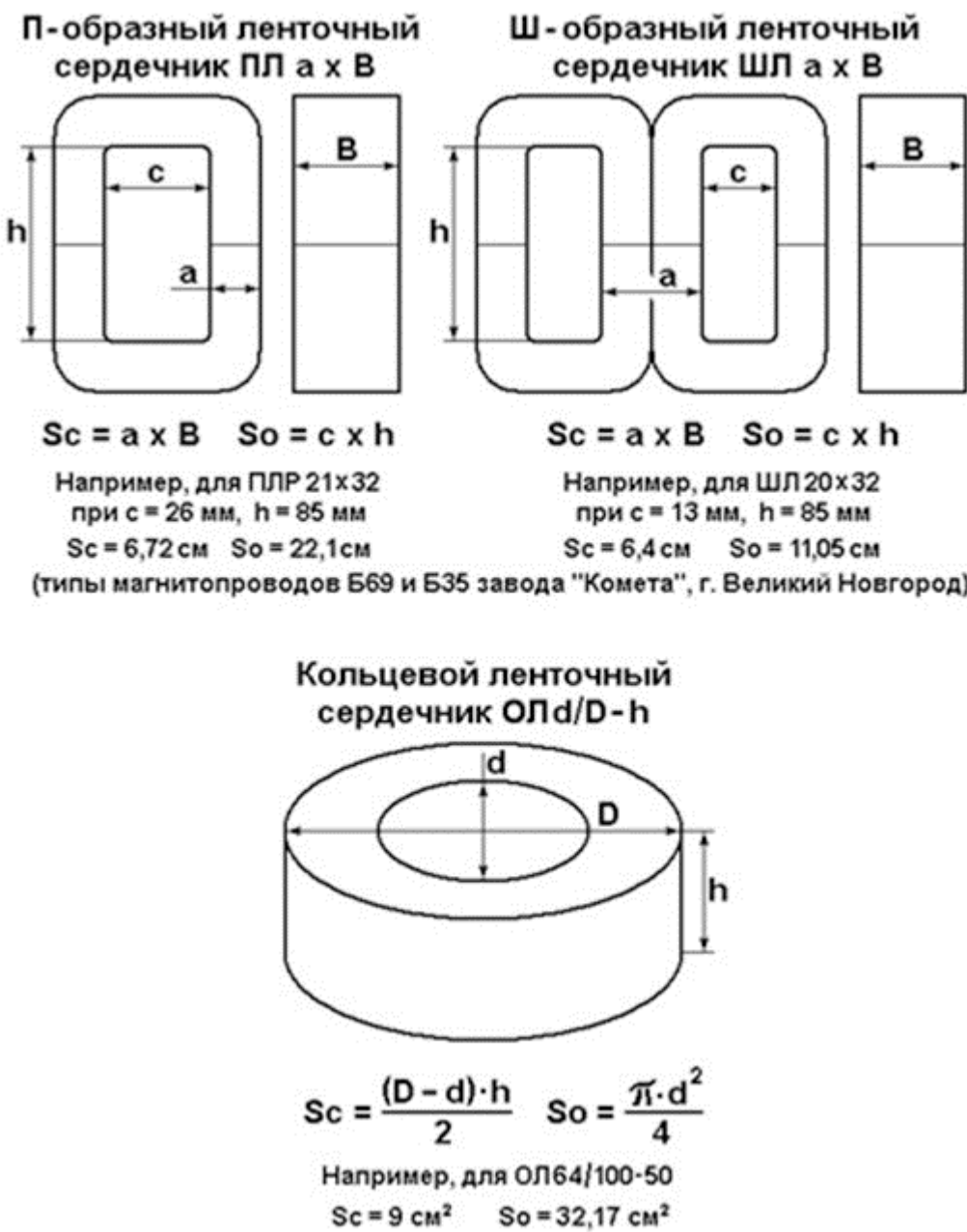


Рис.72

Дальнейший расчет трансформатора будем вести по строгим классическим формулам из учебника электротехники:

1. При соблюдении достигнутых договоренностей КПД трансформатора (при наиболее часто встречающихся мощностях 80 – 200 Вт) будет не ниже 95 процентов, а то и выше. Поэтому, в формулах будем использовать значение КПД = 0,95.
2. Коэффициент заполнения окна сердечника медью для тороидальных трансформаторов составляет 0,35. Для обычных каркасных броневого или стержневого – 0,45. При широких каркасах и большой длине намотки одного слоя (h), значение Km может доходить и до значения 0,5 ... 0,55, как, например, у магнитопроводов типа Б69 и Б35, параметры которых приведены на рисунке. При бескаркасной промышленной намотке Km может иметь значения и до 0,6 ... 0,65. Для справки: теоретический предел значения Km для слоевого размещения круглого провода без изоляции в квадратном окне – 0,87.

Приведенные практические значения Km достижимы лишь при ровной укладке провода строго виток к витку, тонкой межслойной и межобмоточной изоляции и заделке выводов за пределами окна сердечника (на боковых вылетах обмотки). При изготовлении каркасных обмоток в любительских условиях, в условиях лабораторного или опытного производства, лучше принимать значение Km = 0,45 ... 0,5.

Разумеется, все это касается обычных силовых трансформаторов для ламповой или транзисторной аппаратуры, с выходными и питающими напряжениями до 1000 вольт, где не предъявляются повышенные изоляционные требования к обмоткам и к заделке их выводов.

$$P = \frac{\eta \cdot S_c \cdot S_o \cdot 4,44 \cdot f \cdot B \cdot j \cdot K_m \cdot K_c}{(1 + \eta) \cdot 100}$$

Формула для расчета габаритной мощности трансформатора

3. Габаритная мощность трансформатора, в ваттах, на конкретно выбранном сердечнике определяется по приведенной выше формуле. Где

η = 0,95 – КПД трансформатора;

S_c и S_o – площади поперечного сечения сердечника и окна, соответственно [кв. см];

f – нижняя рабочая частота трансформатора [Гц];

B = 1,2 – магнитная индукция [Т];

j – плотность тока в проводе обмоток [А/кв. мм];

K_m – коэффициент заполнения окна сердечника медью;

K_c = 0,96 – коэффициент заполнения сечения сердечника сталью;

$$n_1 = \frac{U_1 \cdot 10^4}{4,44 \cdot f \cdot B \cdot S_c \cdot K_c}$$

Формула для расчета количества витков в обмотках.

4. Задавшись напряжениями обмоток, количество необходимых витков можно рассчитать по вышеприведенной формуле. Где: U_1, U_2, U_3, \dots – напряжения обмоток в вольтах, а n_1, n_2, n_3, \dots – число витков обмоток.

Если изначальные договоренности нами в точности соблюдены, и мы делаем жесткий трансформатор, то число витков как первичной, так и вторичной обмоток определяется по одной и той же формуле. Если же мы будем использовать трансформатор при предельном значении мощности для имеющегося типоразмера сердечника, рассчитанное по этой формуле, или мы проектируем маломощные трансформаторы (менее 50 Вт), с большим числом витков и тонким проводом обмоток, то число витков вторичных обмоток следует увеличить в $1/\eta$ раз. С учетом нашей договоренности, это составит 1,05 или больше расчетного на 5%.

Если изначальные договоренности нами в точности соблюдены, и мы делаем жесткий трансформатор, то число витков как первичной, так и вторичной обмоток определяется по одной и той же формуле. Если же мы будем использовать трансформатор при предельном значении мощности для имеющегося типоразмера сердечника, рассчитанное по этой формуле, или мы проектируем маломощные трансформаторы (менее 50 Вт), с большим числом витков и тонким проводом обмоток, то число витков вторичных обмоток следует увеличить в $1/\eta$ раз. С учетом нашей договоренности, это составит 1,05 или больше расчетного на 5%.

Что же касается напряжений накальных обмоток, то здесь стоит вспомнить указание самой главной книги по радиолампам: «Руководство по применению приемно-усилительных ламп», выпущенное для радиоинженеров-разработчиков Государственным комитетом по электронной технике СССР в 1964 году.

Надо открыть это руководство на 13-ой странице, внимательно рассмотреть график на рисунке 1, и уяснить из него, что оптимальное напряжение накала радиоламп для сохранения их максимальной надежности и, соответственно, долговечности составляет 95% от номинала. Что для ламп с напряжением накала 6,3 вольта, составит ровно 6 вольт. Поэтому не надо увеличивать число витков накальных обмоток в 1,05 раза. Пусть будет, как есть.

5. Определяем токи обмоток:

Ток первичной обмотки: $I_1 = P / U_1$

При использовании двухполупериодного выпрямителя средний ток каждой половины обмотки будет в 1,41 раза (корень из двух) меньше, чем необходимый выпрямленный ток нагрузки. В случае использования мостового полупроводникового выпрямителя, ток обмотки будет в 1,41 раза больше, чем выпрямленный ток нагрузки. Поэтому, надо не забыть в формулы для определения диаметров проводов подставлять потребления по постоянному току, в первом случае поделенные, а во втором, умноженные на 1,41.

Cu: $d_{[мм]} = 0,02 \times \sqrt{I_{[mA]}}$ или $d_{[мм]} = 0,632 \times \sqrt{I_{[A]}}$
Ag: $d_{[мм]} = 0,019 \times \sqrt{I_{[mA]}}$ или $d_{[мм]} = 0,605 \times \sqrt{I_{[A]}}$
Al: $d_{[мм]} = 0,025 \times \sqrt{I_{[mA]}}$ или $d_{[мм]} = 0,8 \times \sqrt{I_{[A]}}$

Формулы для вычисления диаметра проводов обмоток.

6. Рассчитываем диаметры проводов обмоток исходя из протекающих в них токов по представленным формулам (для меди, серебра или алюминия). Полученные значения округляем в сторону увеличения до ближайшего стандартного диаметра провода.

7. Делаем проверку расчета. Мощность первичной обмотки – произведение питающего напряжения на потребляемый ток, должна быть равна сумме мощностей всех вторичных обмоток. То есть: $U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2 + U_3 \times I_3 + U_4 \times I_4 + \dots$

- Намотав трансформатор, для проведения дальнейших расчетов выпрямителя необходимо замерить некоторые его параметры.
- Активное сопротивление первичной обмотки.
 - Активное сопротивление вторичных обмоток.
 - Точные значения напряжений вторичных обмоток, разумеется, проверив, чтобы в сети при этом напряжение составляло 220 вольт. Если же оно отличается от номинала (но находится в пределах 198 – 242), то пропорционально пересчитать измеренные значения.
 - Ток холостого хода первичной обмотки (какой ток трансформатор потребляет из сети при отсутствии нагрузки на его вторичных обмотках).

Послесловие (эпилог по-нашему)

Все, что Вы смогли узнать из этого далеко не всеобъемлющего труда, является не догмой, а лишь руководством к действию (да простят мне использование изречения В. И. Ульянова-Ленина). И Вы можете сами произвести расчеты режимов работы каскадов. Именно поэтому были так подробно даны характеристики ламп, использованных в описанных конструкциях.

Если будет желание, или не будет возможности сделать двуполярный блок питания у усилителя мощности, можно построить усилитель с непосредственными связями с катодным резистором выходной лампы. В этом случае понадобится одна высоковольтная обмотка трансформатора питания, обеспечивающая напряжение +370 вольт при соответствующих токах потребления. Тепловой режим усилителя будет более напряженным. Звучание усилителя ухудшится незначительно.

Желающим построить классический усилитель на выходных пентодах 4П1Л, 12П17Л, ГУ-15 и ГУ-50 можно посоветовать во входных каскадах применить следующие типы ламп:

- 1. 12Ж1Л (4Ж1Л) в триодном включении $U_{пит} = +200\text{ В}$, $R_{катода} = 750\text{ Ом}$, $R_a = 24\text{ кОм}$ 1 Вт.
- 2. Е80СС, 6Н23П-ЕВ как в СРПП так и в резистивном каскаде. Хороши также пентоды 6Ж4, EF11, EF14.

Этим выбор не ограничивается, можно поэкспериментировать с другими типами ламп, но стоит ли изобретать велосипед? Тем более, что все уже изобретено до нас. Инженеры Древнего Египта и Шумера были ничуть не менее талантливы, чем современные, так как смогли создать удивительные сооружения, используя те примитивные технологические средства, которые у них были. Не говорю уже об их организаторских способностях. Их творения до сих пор нас поражают, а долго ли живут ГАДЖЕТЫ? И слово-то какое противное нашли – ГАД ЖЕ ТЫ. Фу! Слава Богу, адмирал Шишков не слышит, как оскудела с его времен Русская Речь.



Шишков Александр Семенович 1754—1841гг. адмирал, президент Российской академии наук, филолог, автор большинства воззваний к Русскому народу в Отечественной войне 1812 г. Автор «Славяно-русского корнеслова».

Список использованной литературы

- 1.С.Л.Букашкин, Б.Ф.Змий и др. Справочник по расчету и проектированию ARC-схем.— М. Радио и Связь, 1984
- 2.Н. Н. Акимов и др. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА. Справочник 1994
- 3.А. М. Бройде, Ф. И. Тарасов. Справочник по электровакуумным и полупроводниковым приборам. Госэнергоиздат, Ростиздат. 1962
- 4.Г. В. Войшвилло. Усилители низкой частоты на электронных лампах. М: Связьиздат, 1959
- 5.В. К. Иоффе и др. Справочник по акустике. М: Связь, 1979
- 6.Д. И. Атаев В. И. Болотников. Функциональные узлы усилителей Hi-Fi. Москва. Издательство МЭИ ТОО «Позитив» 1994
- 7.Евгений Бабиченко, Игорь Гапонов. Усилители RIAA – коррекции на вакуумных триодах для «скоростных» (электродинамических) звукоснимателей. Некоторые принципы построения схем без обратных связей. Расчёт и настройка корректирующих цепей. Одесса 2004г.
- 8.Г. С. Цыкин. Трансформаторы низкой частоты. 1955г.