

Храмушин А.С.

Hi-end-усилители на “военных” лампах



4Ж1А

4П1А

12Ж1А

12П17А

ГУ-15

ГУ-50

А. С. Храмушин

**Hi-end-усилители на
«военных» лампах**

«Издательские решения»

Храмушин А. С.

Hi-end-усилители на «военных» лампах / А. С. Храмушин —
«Издательские решения»,

ISBN 978-5-44-856613-4

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.

ISBN 978-5-44-856613-4

© Храмушин А. С.
© Издательские решения

Содержание

| | |
|--|----|
| Преждесловие | 6 |
| Лампы | 7 |
| Источник питания винил-корректора | 21 |
| Винил-корректор | 25 |
| Краткое отступление по поводу воспроизведения грамзаписей | 26 |
| Стандарты грамзаписи | 27 |
| Методика расчета цепей коррекции для винил-корректоров без обратных связей | 32 |
| 1. Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в классической схеме усилителя-корректора | 33 |
| 2. Расчет сосредоточенной цепи коррекции, рекомендованной RIAA в схеме усилителя-корректора с непосредственными связями | 38 |
| 3. Расчет усилителя-корректора с формированием постоянной времени τ_1 на собственной индуктивности головки звукоснимателя | 40 |
| 4. Расчет усилителя-корректора с коррекцией, распределенной по каскадам | 43 |
| Винил-корректоры для MC-головок | 55 |
| Конец ознакомительного фрагмента. | 56 |

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

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

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. Желаящий 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 Вольта и 4.2 Вольта соответственно. В остальном они идентичны. Накал косвенный.

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

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

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

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

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

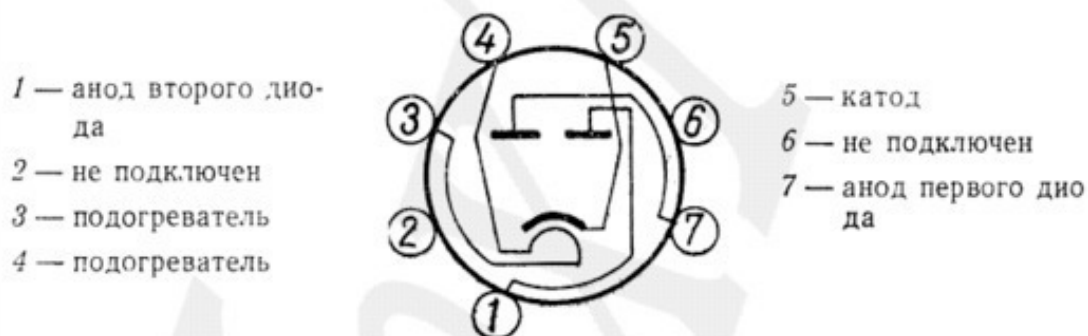
По ГОСТ 8347—66

Основное назначение — выпрямление переменного напряжения.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

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

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

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

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

6Ц4П

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

| | |
|---|--------|
| Напряжение накала (\sim 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

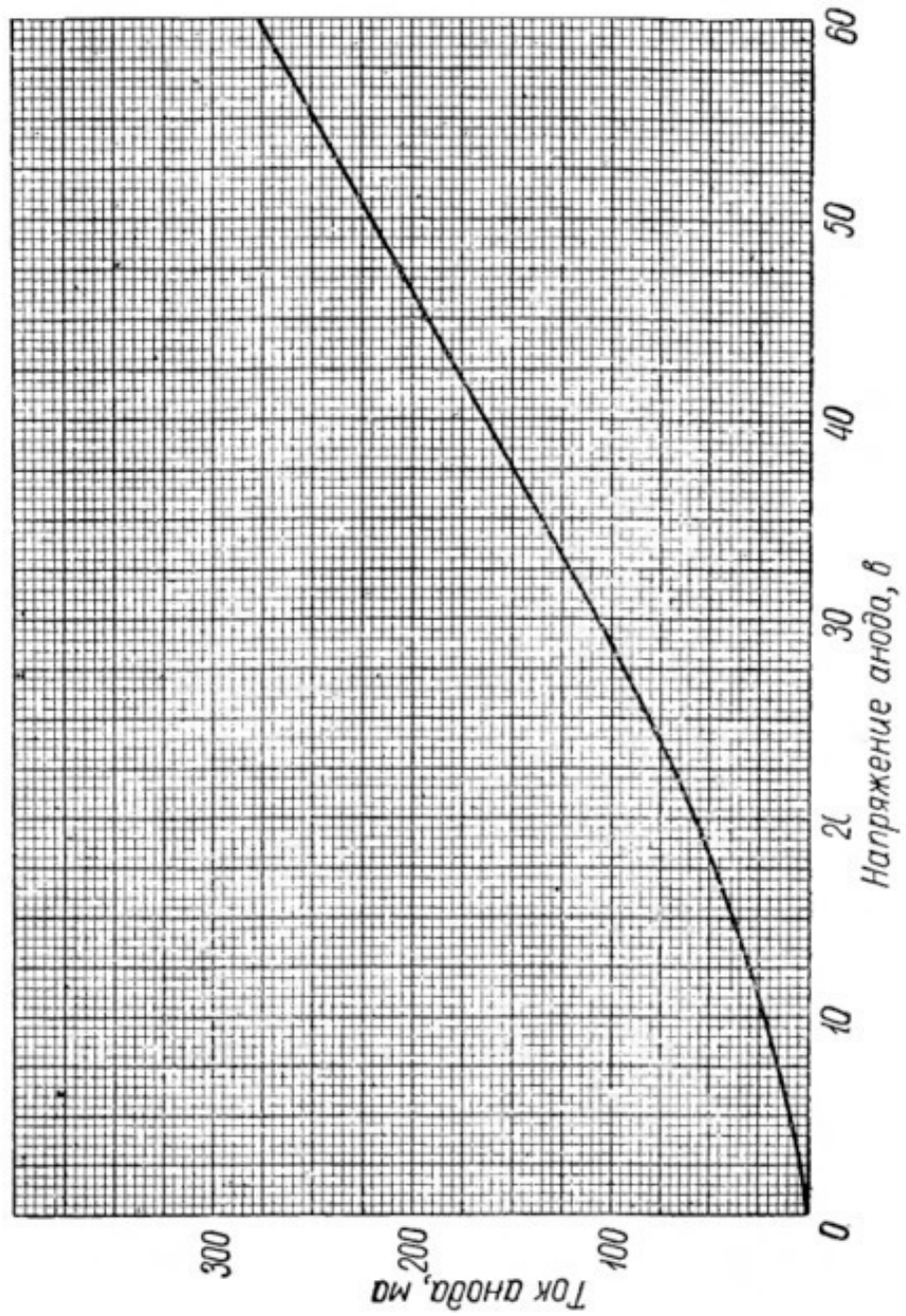
| | |
|--|-------------|
| Температура окружающей среды: | |
| наибольшая | плюс 70° С |
| наименьшая | минус 60° С |
| Относительная влажность при температуре 40° С | |
| | 95—98% |
| Вибропрочность | 2,5 g |
| Виброустойчивость | 2,5 g |
| Ударные нагрузки многократные | 35 g |
| Гарантийный срок хранения в складских условиях | |
| | 4 года |

6Ц4П

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

УСРЕДНЕННАЯ АНОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Напряжение накала 6,3 в



ДВУХАНОДНЫЙ КЕНЕТРОН

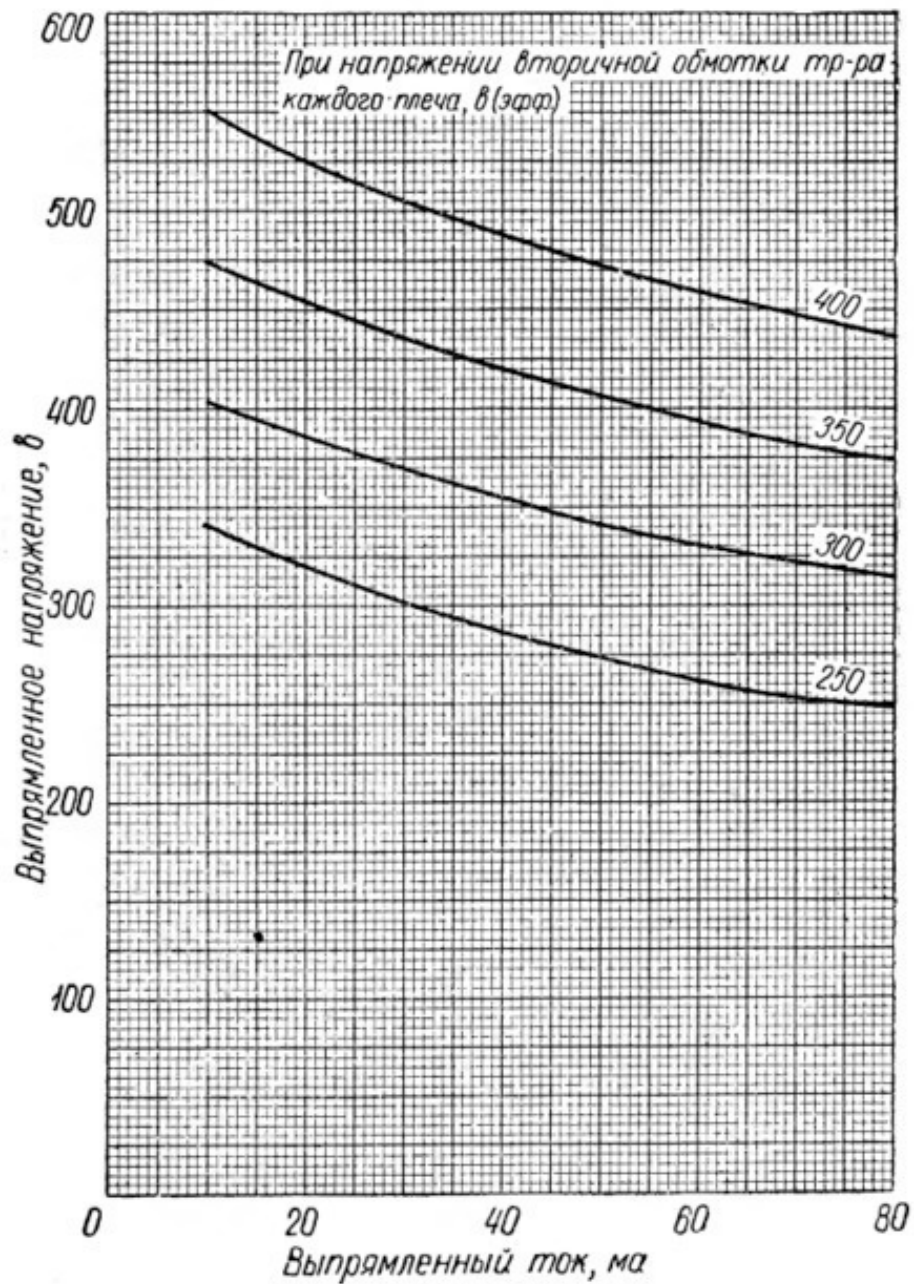
6Ц4П

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



**ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН
ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ**

6Ц4П-В

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

\circ 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° С | |
| 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 г |
| Вибропрочность: | |
| диапазон частот | 5—600 гц |
| ускорение | 10 г |

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

6Ц5С

Основное назначение — выпрямление переменного тока.

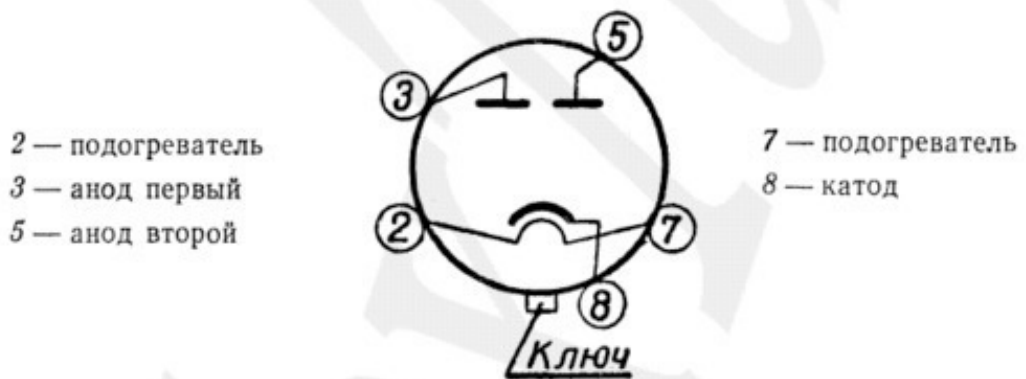
ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.

Оформление — стеклянное.

Вес наибольший 40 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

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

\circ 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 (\sim 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 температуре 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 (\sim или $=$) | 7 в |
| Наибольший выпрямленный ток | 75 ма |
| Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем при отрицательном потенциале подогревателя | 450 в |
| Наименьшее фазовое сопротивление источника переменного напряжения | 225 ом |
| Наибольшая температура баллона | 120° С |
| Относительная влажность при температуре 40° С | 95—98% |
| Вибропрочность | 2,5 g |

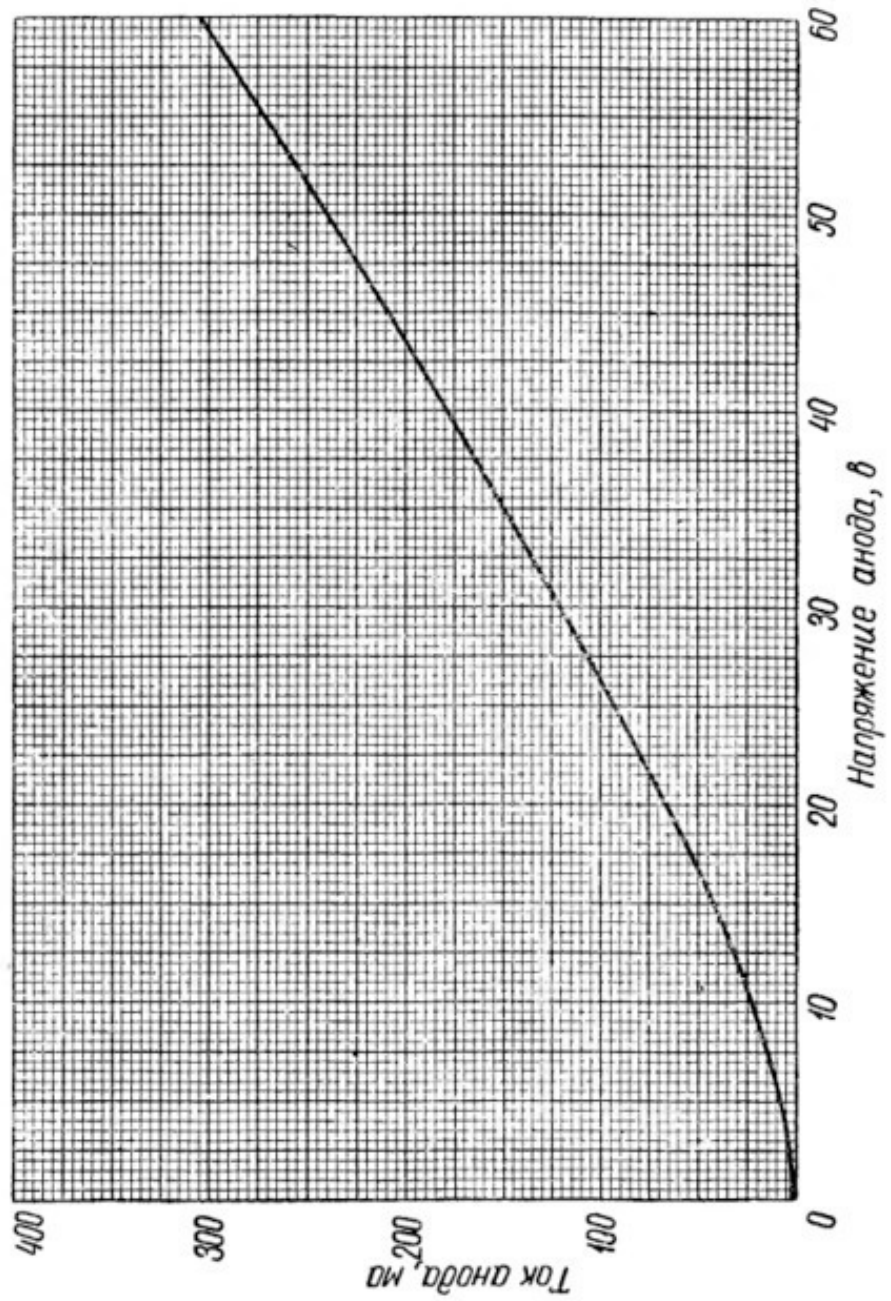
Примечание. *Остальные данные такие же, как у 6Ц5С по СДЗ.348.009 ТУ.*

6Ц5С

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

УСРЕДНЕННАЯ АНОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Напряжение накала 6,3 в



ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

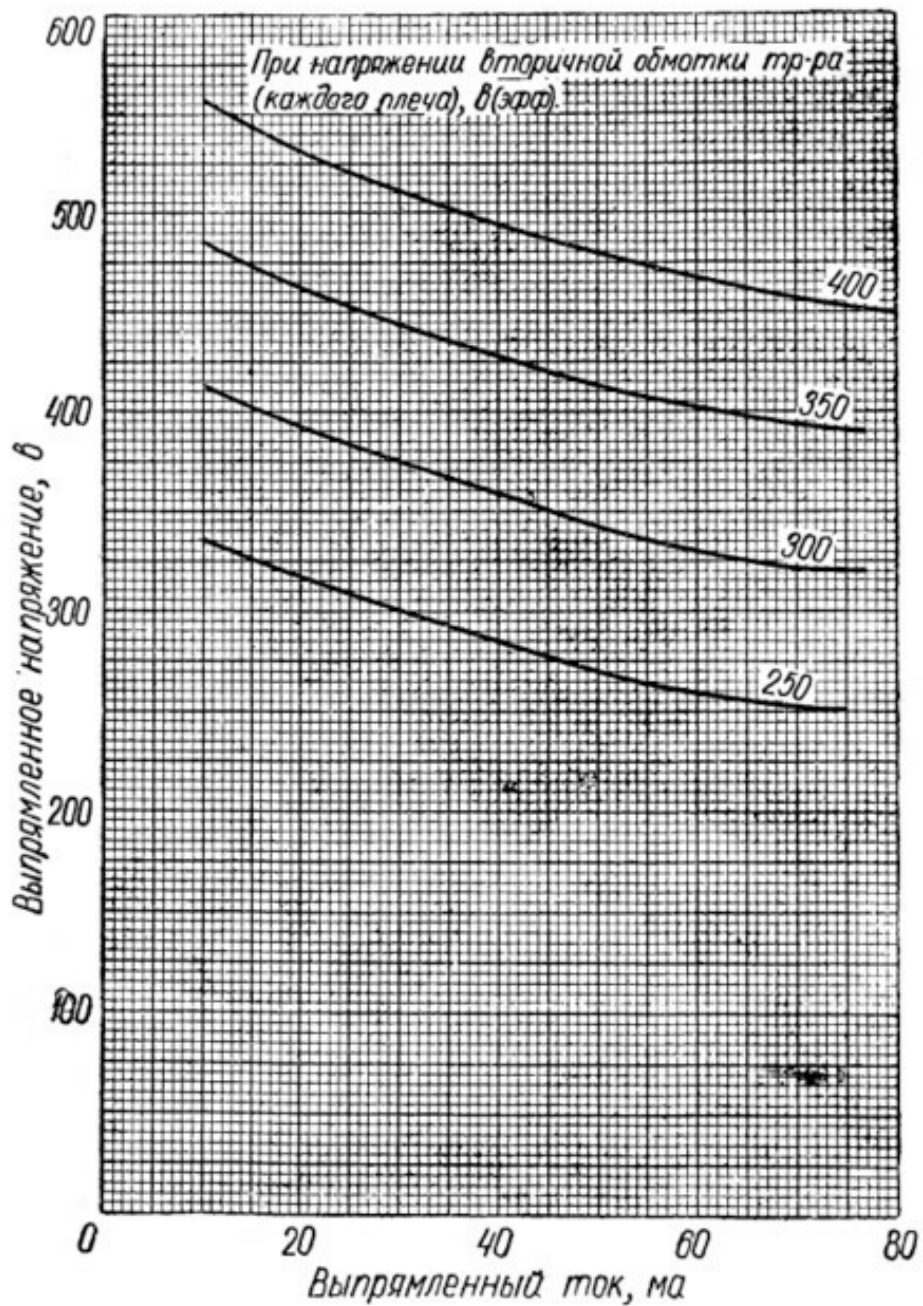
6Ц5С

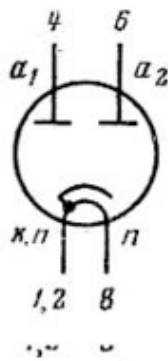
УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА

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 $U_n = 5$ В

| | |
|---|-----------------|
| Ток накала | $(3 \pm 0,3)$ А |
| Ток анода (при $U_a = 75$ В) | ≥ 180 мА |
| Выпрямленный ток (при $U_a = 500$ В, $R_n = 22$ кОм, $C = 4$ мкФ) | ≥ 190 мА |
| Наработка | ≥ 1000 ч |
| Критерий оценки: | |
| выпрямленный ток | ≥ 150 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, потрудиться 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:

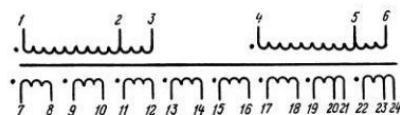
соединить выводы 1 и 4, 3 и 6, при этом первичные обмотки 1 – 3 и 4 – 6 соединяются параллельно;

подать напряжение 127 В на выводы 1 и 3 или 4 и 6.

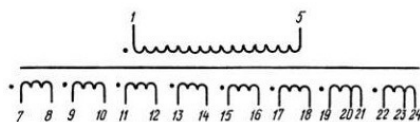
При использовании трансформаторов ТАН16—127/220 на 220 В необходимо:

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 Вольта снимается с выводов 7 и 14. В качестве дросселей питания можно использовать первичные обмотки трансформаторов ТВЗ1—9, ТВЗ-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.

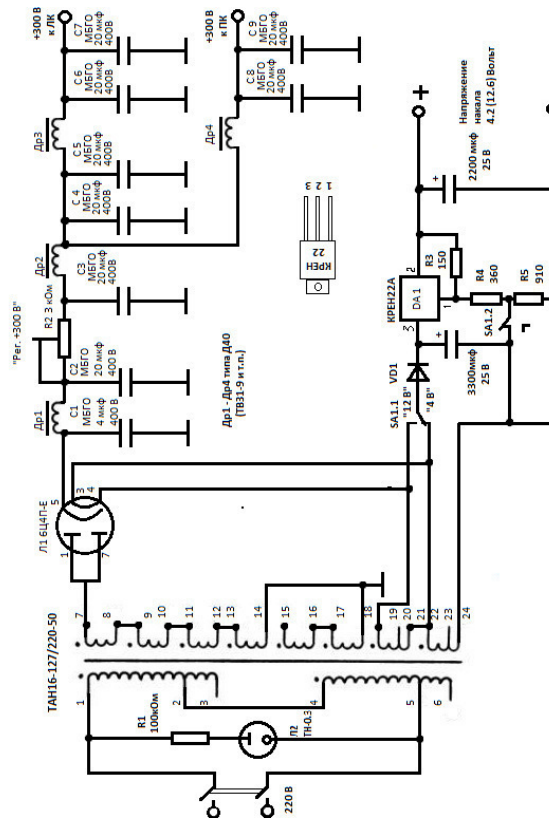


РИС.1
 Принципиальная схема источника питания винил-корректора на лампах 4Ж1Л (12Ж1Л)

Винил-корректор

Винил-корректор (Рис.2) представляет собой двухкаскадный усилитель с сосредоточенной классической цепью коррекции по стандарту RIAA. Цепь коррекции находится между каскадами, собранными на лампах 12Ж1Л (4Ж1Л), причем в первом каскаде лампа имеет штатное пентодное включение, а во втором – триодное. Особенность данной лампы – практическое отсутствие микрофонного эффекта и фона. Звуковая сигнатура великолепна как в пентодном так и триодном включении.

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 автоматически контактом стакана с шасси.

Соединительный разъем для подключения источника питания может быть любой, главное, чтобы в нем было не менее 5 контактов (два для накальных цепей, один общий и два для анодных цепей каналов).

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.

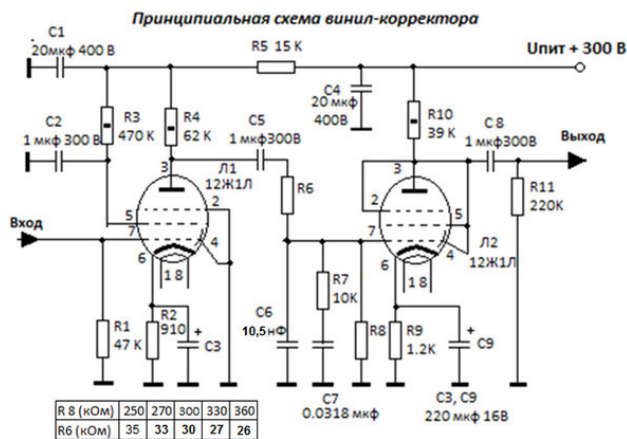


Рис.2. Принципиальная схема винил-корректора. От номиналов резисторов R6 и R8 зависит АЧХ устройства. В таблице приведены возможные сочетания их сопротивлений.



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 μ s (250 Hz).**

- 2 Европейский стандарт: "500"**
Европейский стандарт, действовавший до 1950, а также в США в компаниях **RCA Victor, Columbia.**
Постоянная времени: **318 μ s (500 Hz).**

- 3 Columbia N78**
Постоянные времени: **530 μ s (300 Hz) и 100 μ s (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 времена: **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 1953 года.

ФРГ 1952-1955: DGG 33 1/3 LP.

Постоянные времена: **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 времена: **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 времена: **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 времена: **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 |
| 1кГц | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2кГц | -0.2 | -0.7 | -2.9 | -3.4 | -3.4 | -3.4 | -2.0 | -1.9 | -1.4 | -1.4 | -2.6 | -1.8 |
| 4кГц | -0.3 | -0.9 | -7.5 | -8.1 | -8.1 | -8.1 | -5.5 | -5.1 | -4.2 | -4.2 | -6.6 | -4.7 |
| 6кГц | -0.3 | -1.0 | -10.7 | -11.3 | -11.3 | -11.3 | -8.3 | -7.9 | -6.7 | -6.7 | -9.6 | -7.2 |
| 8кГц | -0.3 | -1.0 | -13.1 | -13.7 | -13.7 | -13.7 | -10.5 | -10.0 | -8.8 | -8.8 | -11.9 | -9.3 |
| 10кГц | -0.3 | -1.0 | -15.0 | -15.6 | -15.6 | -15.6 | -12.3 | -11.8 | -10.5 | -10.5 | -13.8 | -11.0 |
| 12кГц | -0.3 | -1.0 | -16.5 | -17.1 | -17.1 | -17.1 | -13.8 | -13.3 | -11.9 | -11.9 | -15.3 | -12.4 |
| 15кГц | -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 *б*.

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.

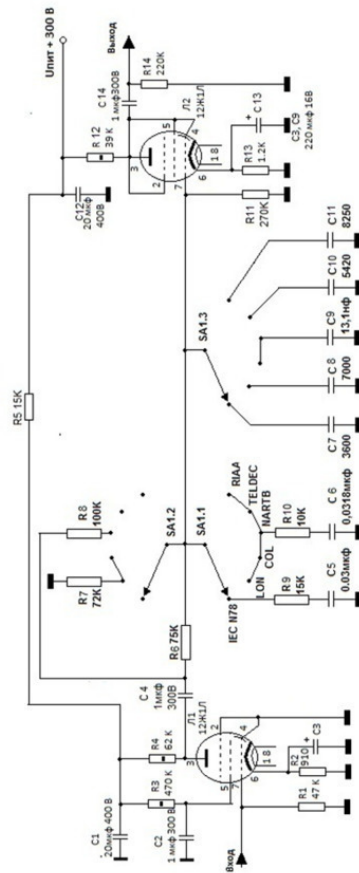


Рис. 4 Принципиальная схема винил-корректора на шесть типов коррекции

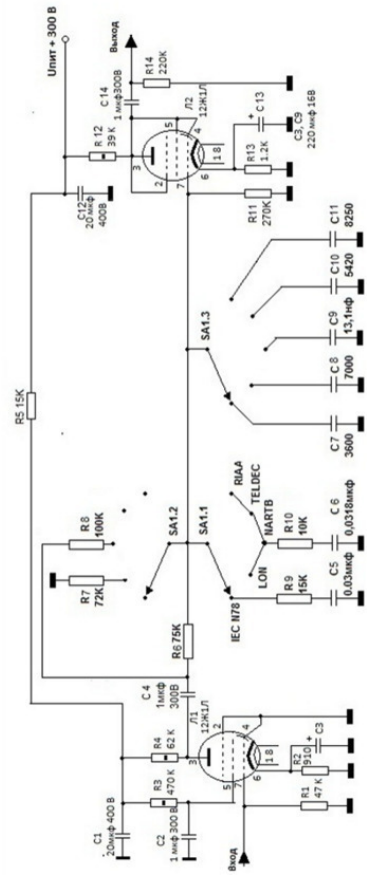


Рис. 5 Принципиальная схема винил-корректора на пять типов коррекции (Отсутствует стандарт COL M33)

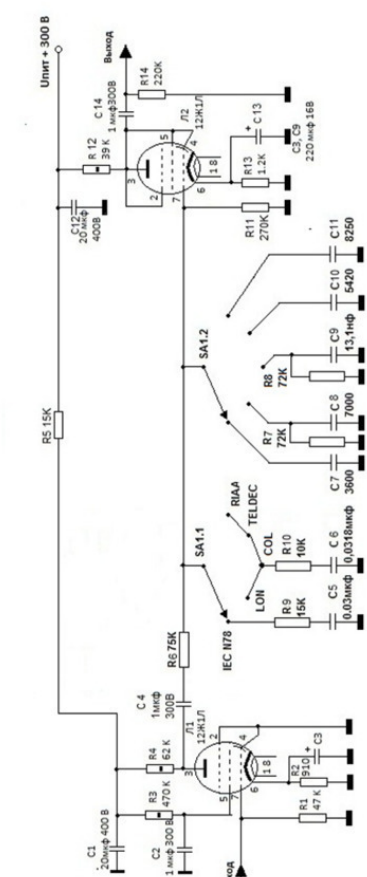


Рис. 6 Принципиальная схема винил-корректора на пять типов коррекции (Отсутствует стандарт NARTB)

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 ВВВИ-УРЭ. 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 t_1 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.

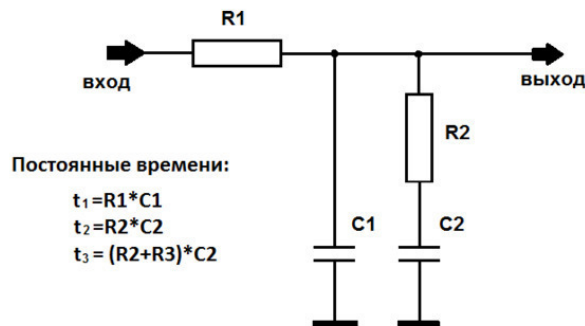


Рис.7. Принципиальная схема идеальной цепи коррекции.

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:

$\tau_1 = 50$ мкс

$\tau_2 = 450$ мкс

$\tau_3 = 3180$ 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 постоянной времени $t_3 = 3180$ мкс, а она связана с C2.

– Вычисляем сопротивление R2:

$R2 = \tau_2 / C2$

2. 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:

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

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

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

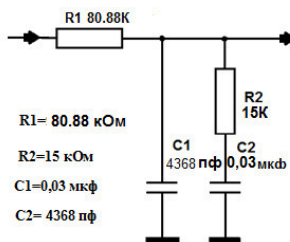


Рис.8 Принципиальная схема идеальной цепи коррекции стандарта IEC N78.

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.

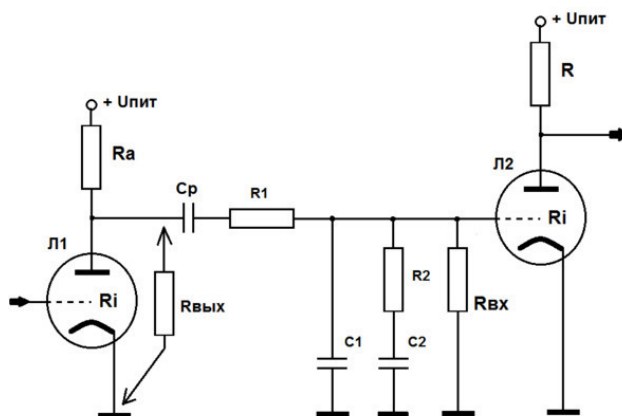


Рис.9. Включение узла коррекции в реальную схему.

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 R1, 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.

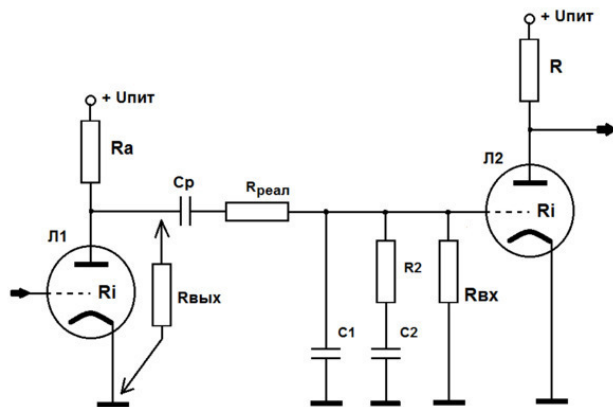


Рис.10

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.

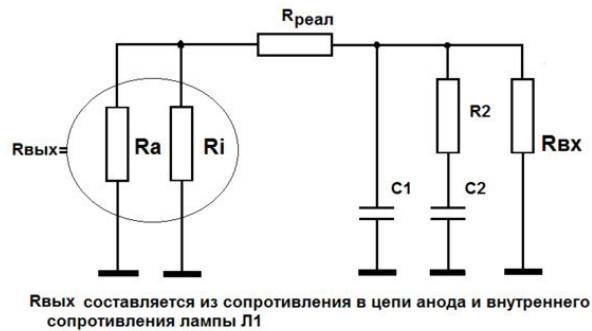


Рис.11

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

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

$$R_{\text{вых}} = R_i R_a / (R_i + R_a)$$

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

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

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

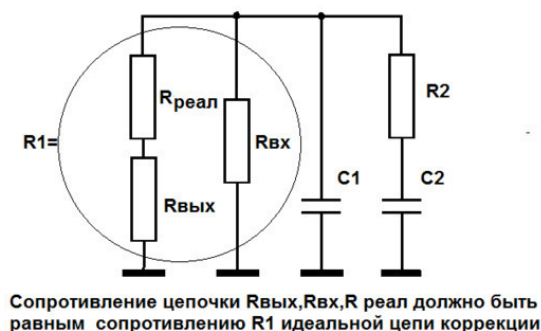


Рис 12.

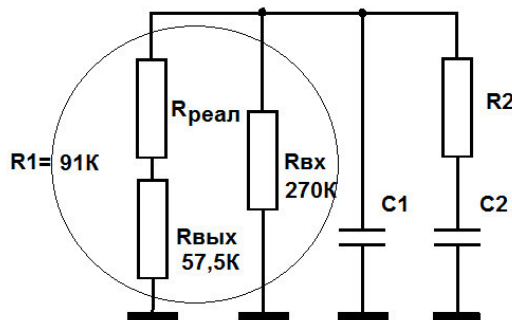
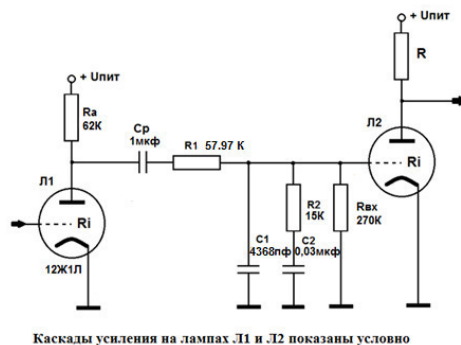


Рис.13

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: $80,88 = (R_{реал} + 57,5) 270 / (R_{реал} + 57,5 + 270)$ (Все сопротивления даны в килоомах). Решив его, получаем значение $R_{реал} = 57,97$ кОм. В итоге принципиальная схема цепи корректора на лампе 12Ж1Л для стандарта IEC78 приобретает вид, показанный на рис.14:



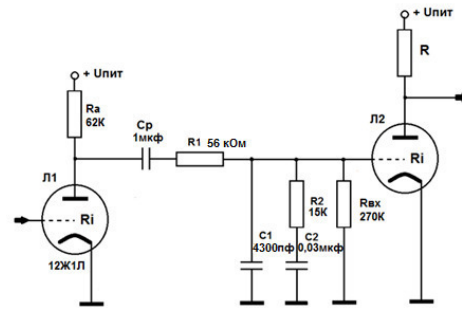
Каскады усиления на лампах Л1 и Л2 показаны условно

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 $\tau_1 = 50$ 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)



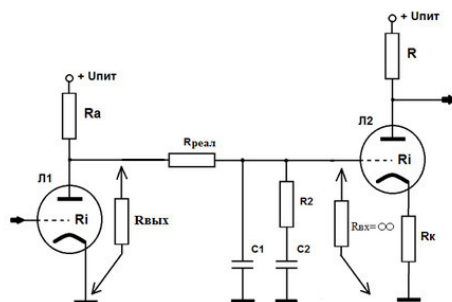
Каскады усиления на лампах Л1 и Л2 показаны условно

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 $R_{вх} = \text{бесконечность}$. Эквивалентная схема упрощается см. *рис.17*.

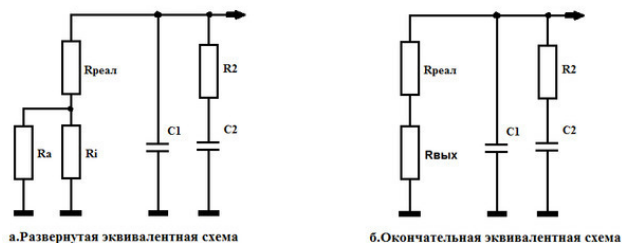


Рис.17

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

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

вычислено ранее и составляет 57,5 кОм

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

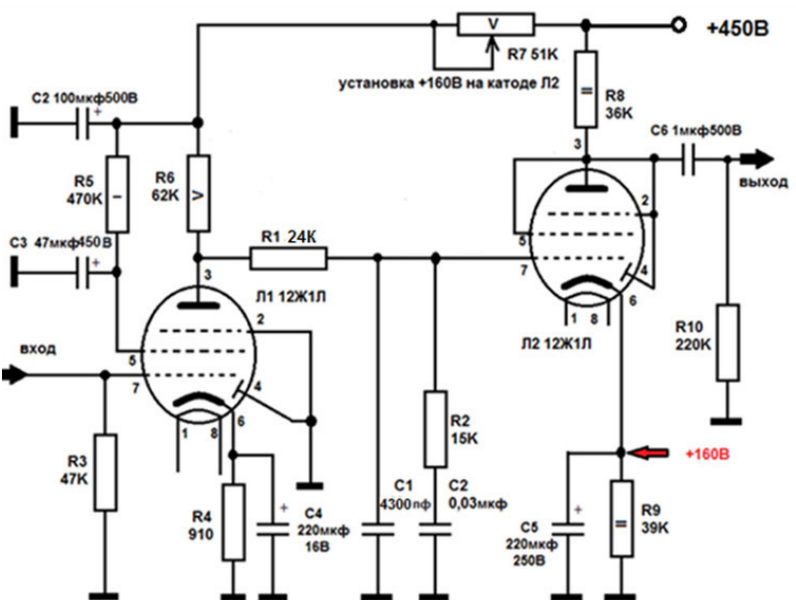


Рис.18.Винил-корректор с непосредственными связями для стандарта грамзаписи ПС N78.

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

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

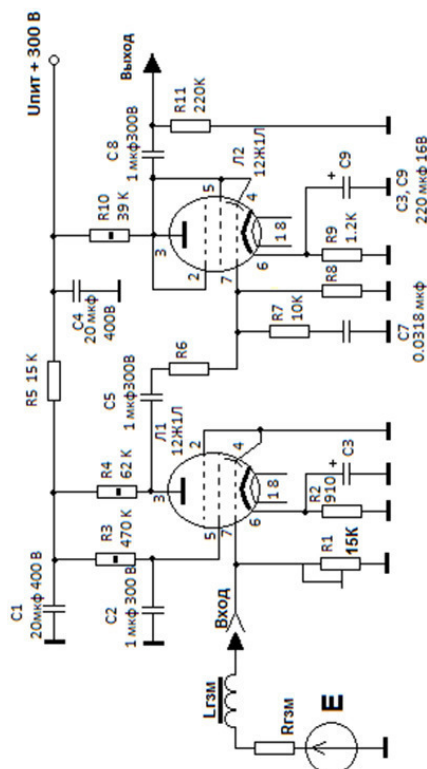


Рис.19. Винил-корректор стандарта RIAA с формированием τ_1 на собственной индуктивности ГЗМ.

Указанные на схеме $R_{ГЗМ}$ и $L_{ГЗМ}$ – это собственное 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. $R_1 / (R_1 + R_{ГЗМ}) > 0,5$

2. Емкость C_{Π} (см. *рис.20*) должна быть минимальна, т. е. если параллельно выходу проигрывателя включен конденсатор (такое бывает в промышленной аппаратуре), его надо удалить, или сделать отключаемым. C_{Π} – суммарная ёмкость «кабель+ катушка+ усилитель+ монтаж+ и т.д.», имеющаяся на входе усилителя-корректора.

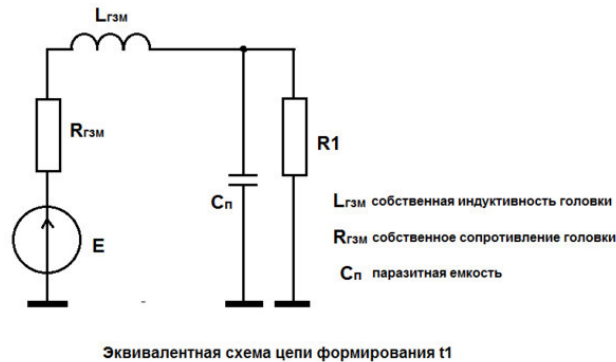


рис.20

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 R6R7C7 R8. Значения C7 и R8 задаем волевым решением и считаем:

$$\mathbf{R8 = 270 \text{ кОм}, C7 = 0.0318 \text{ мкф}}$$

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

$$\mathbf{R_{\text{вых}}=57.5 \text{ кОм}}$$
 (посчитано ранее),

$$\mathbf{R_{\text{вх}}=R8=270 \text{ кОм}}$$
 (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:

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

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

$$\mathbf{R6 = \tau_3 / C7 - R7}.$$

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

Теперь рассчитываем реальное значение $\mathbf{R6_{\text{реал}}}$ с учетом влияния R8 и $\mathbf{R_{\text{вых}}}$. Применив формулу:

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

И, подставив известные величины, получим уравнение:

$$90 = (57.5 + R6_{\text{реал}}) \cdot 270 / (57.5 + R6_{\text{реал}} + 270).$$

Решив его, получим $\mathbf{R6_{\text{реал}}=77.5 \text{ кОм}}$. 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, E7—22) и омметр (измеряющий сопротивление постоянному току, подойдет любой мультиметр). Почему, спросите, нельзя использовать в качестве омметра тот же E7—22. Потому, что он измеряет сопротивление на переменном токе и покажет большее значение из-за влияния индуктивности головки звукоизлучателя.

Переходим к расчету цепи, формирующей $\tau_I=75$ мкс. Собственно вычисляем значение R1.

Постоянная времени τ_I цепи $R1R_{ГЗМ}L_{ГЗМ}$ определяется по формуле

$$\tau_I = L_{ГЗМ} / (R1 + R_{ГЗМ}), \text{ где}$$

$R_{ГЗМ}$ – 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:

$\tau_I=75$ мкс, имеется ГЗМ Корвет-008. $L_{ГЗМ}=0,62$ Гн,

$R_{ГЗМ}=1002$ Ом.

$$R1 = (L_{ГЗМ} - R_{ГЗМ}\tau_I) / \tau_I =$$

$$= (0,62 - 1002 * 0,000075) / 0,000075 = \mathbf{7264 \text{ Ом.}}$$

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.

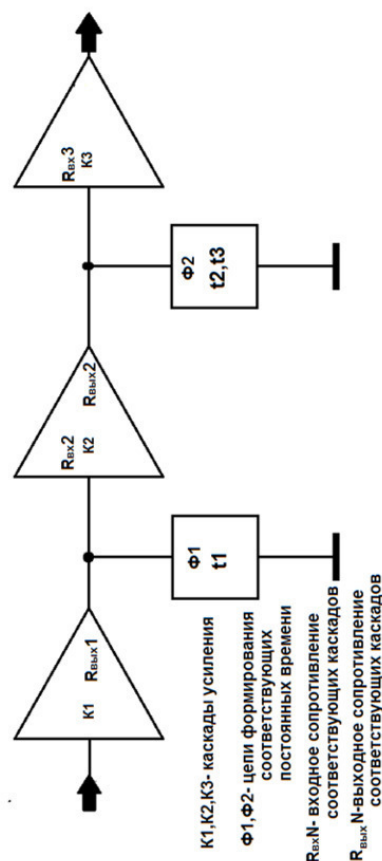


Рис.21. Структурная схема винил-корректора с распределенной по каскадам коррекцией.

Пример:

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

Емкость конденсатора С10 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. Rвых1 и Rвых2 (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.

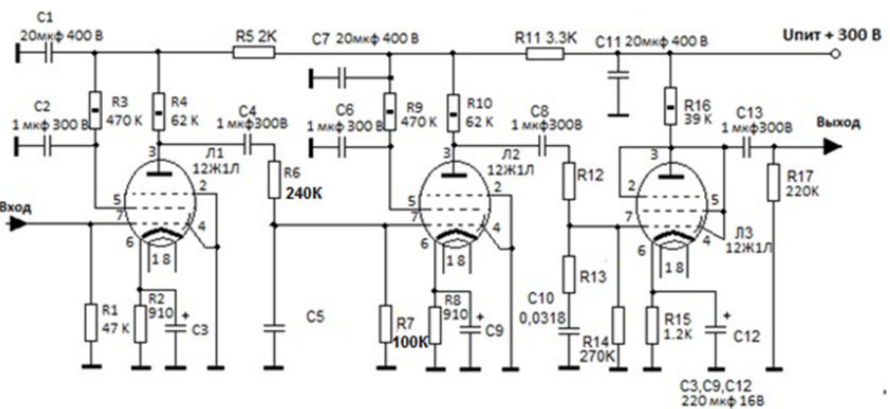


Рис.22 Принципиальная схема винил-корректора с распределенной по каскадам коррекцией. Стандарт записи ТЕЛДЕС.

1. Расчет (приводится по эквивалентной схеме) цепи формирования $\tau_1=50\mu\text{с}$, приведенной на рис.23.

Сопротивления известны, осталось рассчитать емкость конденсатора С5 по формуле:

$$C5 = \tau_1 / R_{экв}, \text{ где}$$

$$R_{экв} = (R_{вых} + R6) R7 / (R_{вых} + R6 + R7)$$

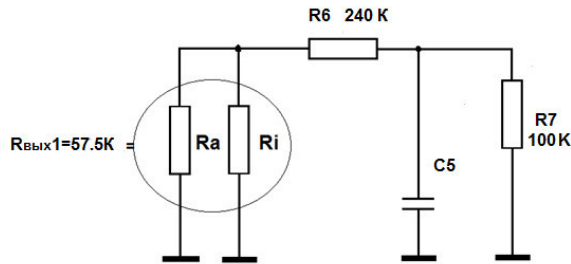


Рис.23. Эквивалентная схема для расчета цепи коррекции τ_1 .

$$C5 = 0,00005 / 75000 = 0,000000000668 \text{ Ф.}$$

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).

$$\text{Если } \tau_2 = R13 * C10, \text{ то } R13 = \tau_2 / C10.$$

$$R13 = 3.18 * 10^{-4} / 31.8 * 10^{-9} = 10000 \text{ Ом} = 10 \text{ кОм.}$$

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

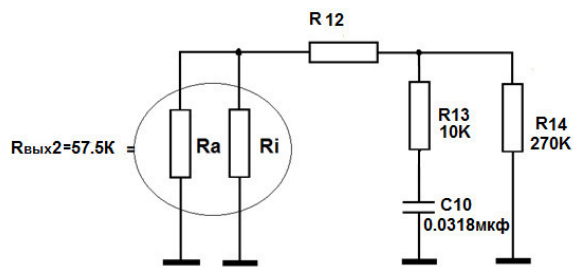


Рис.24. Эквивалентная схема для расчета цепи коррекции τ_2 .

Для того, чтобы τ_3 составило 3180 мкс, очевидно, что суммарное сопротивление всей цепи коррекции должно быть $R_{\text{сумм}} = \tau_3 / C10 = 3.18 * 10^{-3} / 31.8 * 10^{-9} = 100000 \text{ Ом} = 100 \text{ кОм}$.

Суммарное сопротивление складывается из последовательно соединенных сопротивлений R13 и сопротивления цепи Rвых2R12R14. Сопротивление этой цепи (обозначим его как Rx) равно

$R_x = R_{\text{сумм}} - R13 = 100 - 10 = 90 \text{ кОм}$. Осталось, глядя на рис.25, составить уравнение для вычисления R12.

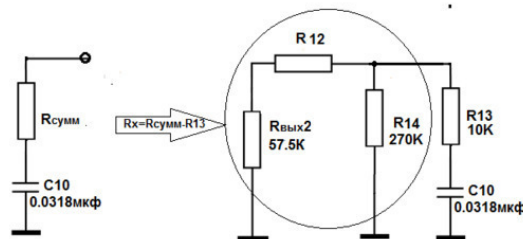


Рис.25. Эквивалентная схема для расчета цепи коррекции τ_3 .

$$R_x = R14 (R12 + R_{\text{ВЫХ2}}) / (R14 (R12 + R_{\text{ВЫХ2}}))$$

Подставив в это уравнение известные значения элементов найдем R12:

$$90=270 * (R12+57.5) / (R12+57.5+270)$$

$$R12=13950/180=77.5 \text{ кОм}$$

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

$$R6=75\text{кОм}, R12=77.5 \text{ кОм}, R13= 10 \text{ кОм}, C5=680\text{пф}, C10= 0.0318 \text{ мкф}.$$

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД
С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ**

12Ж1Л

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

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

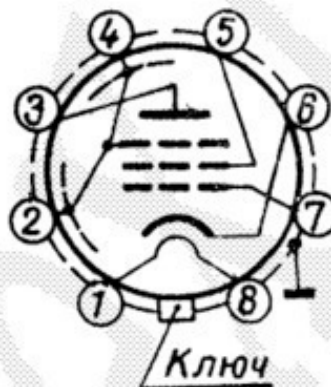
Катод — оксидный косвенного накала.

Оформление — стеклянное на плоской ножке с внешним металлическим экраном.

Вес наибольший 35 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ

- 1 — подогреватель
- 2 — сетка третья и внутренний экран
- 3 — анод
- 4 — сетка третья и внутренний экран



- 5 — сетка вторая
- 6 — катод
- 7 — сетка первая
- 8 — подогреватель

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

| | |
|--|--------------------|
| Напряжение накала (\sim 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 | $2,35 \pm 0,95$ 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 внутрилампных 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 второй 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 ускорением 8 г. | |
| МЕЖДУЭЛЕКТРОДНЫЕ ЕМКОСТИ | |
| Входная | $3,7^{+0,3}_{-0,3} \text{ нф}$ |
| Выходная | $4,0 \pm 0,35 \text{ нф}$ |
| Проходная | не более 0,007 нф |
| Анод — катод | не более 0,007 нф |
| 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. | |

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД
С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

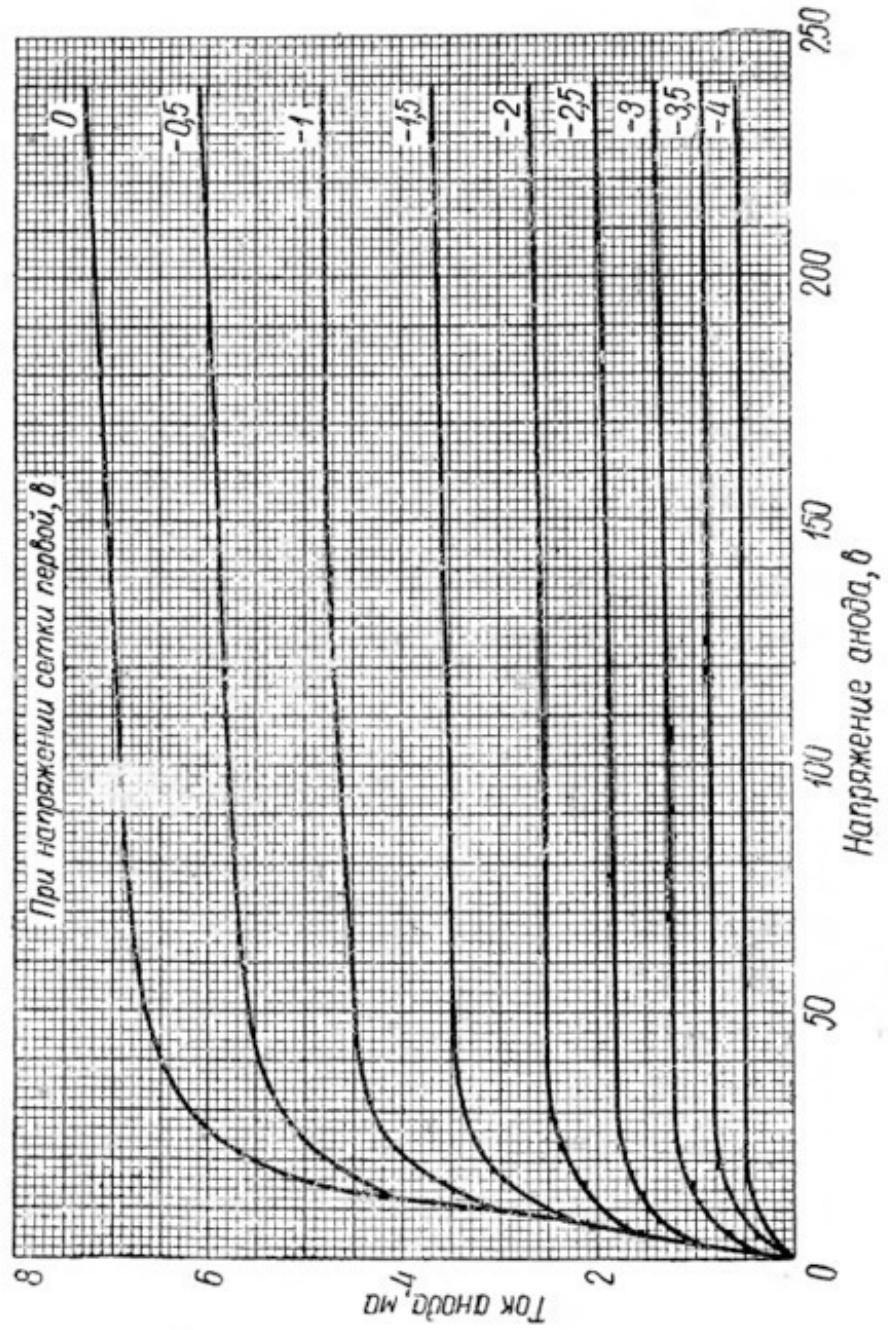
12Ж1Л

УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Напряжение накала 12,6 в

Напряжение сетки второй 75 в

Напряжение сетки третьей 0

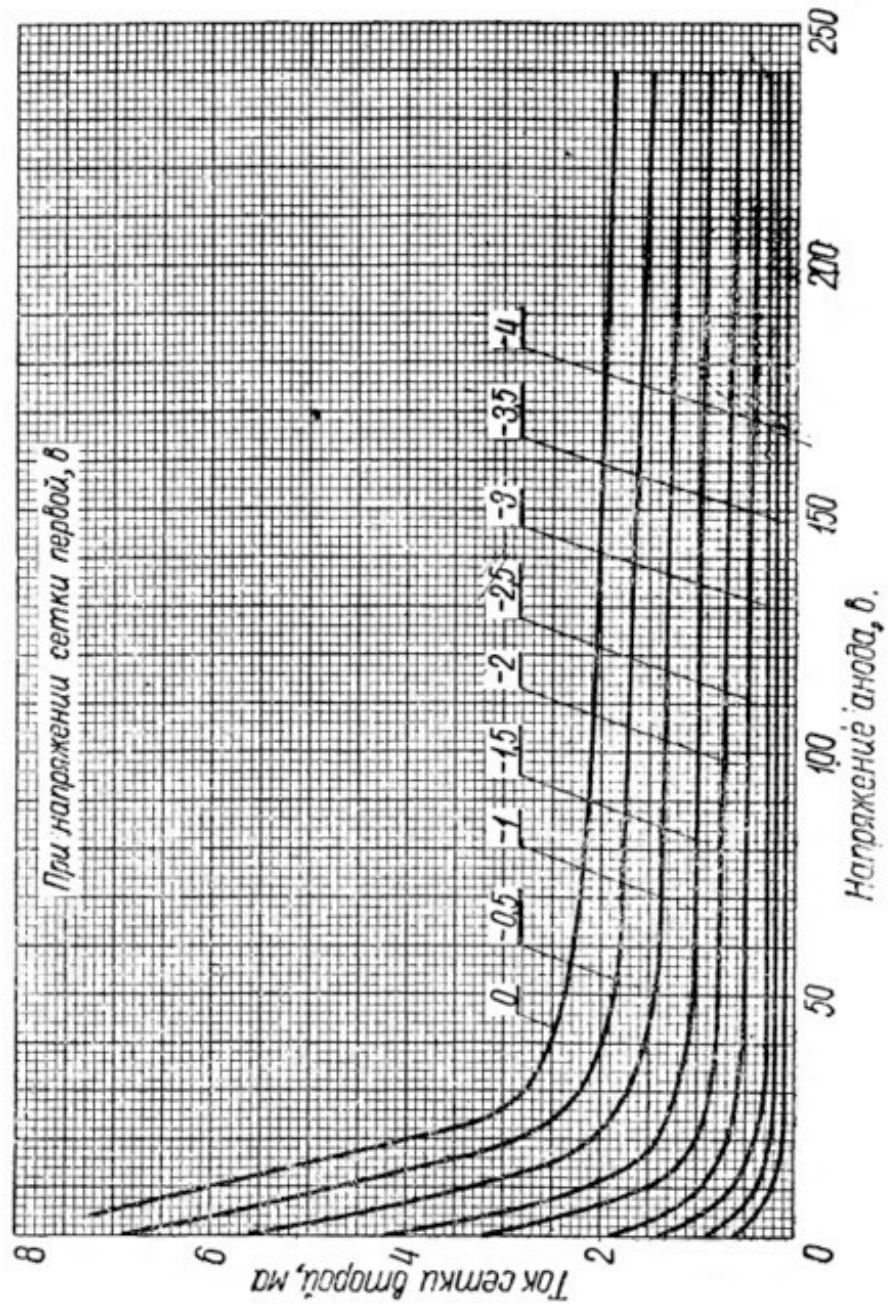


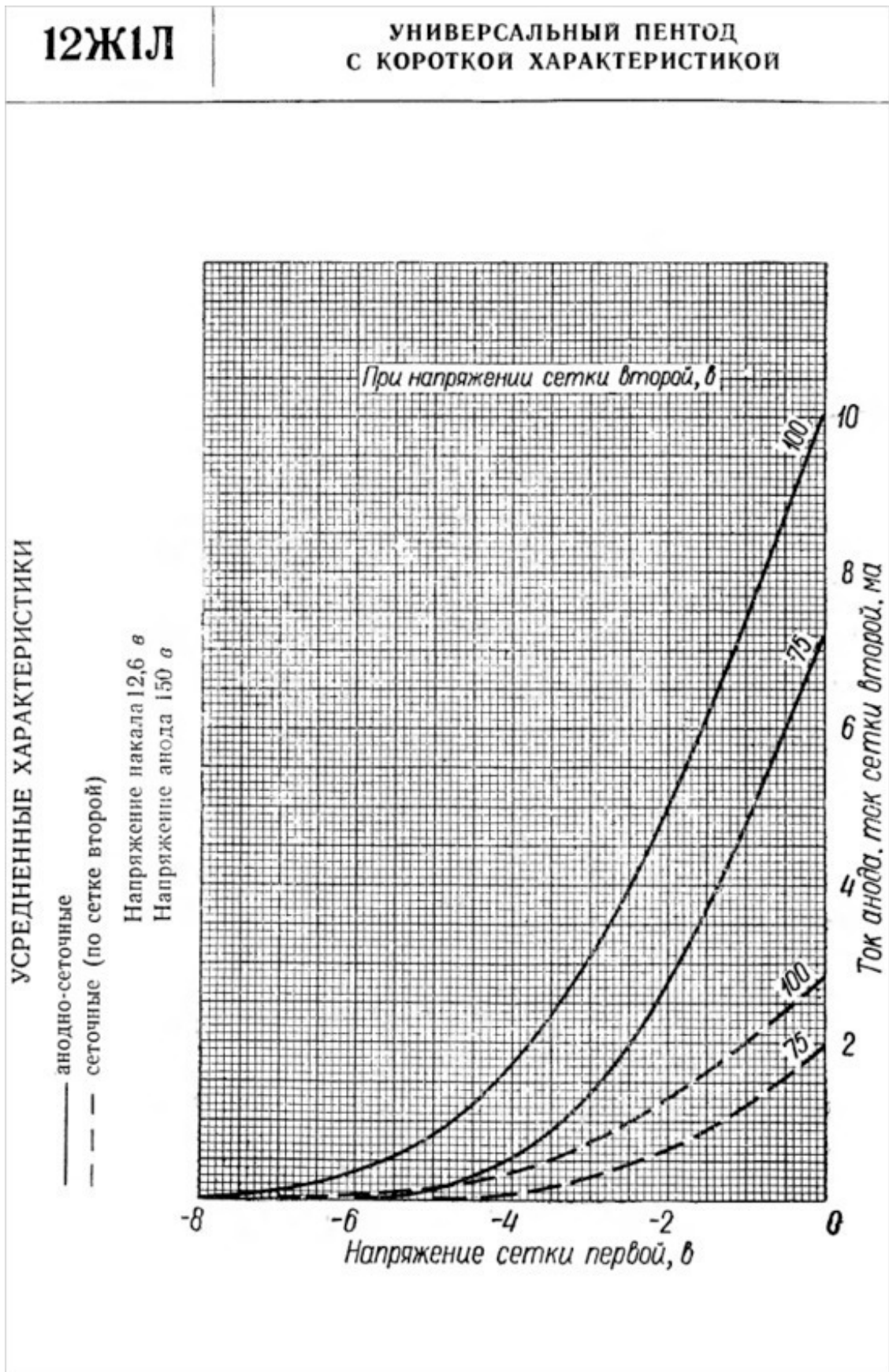
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ, ПЕНТОД
С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

12Ж1Л

УСРЕДНЕННЫЕ СЕТОЧНО-АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

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



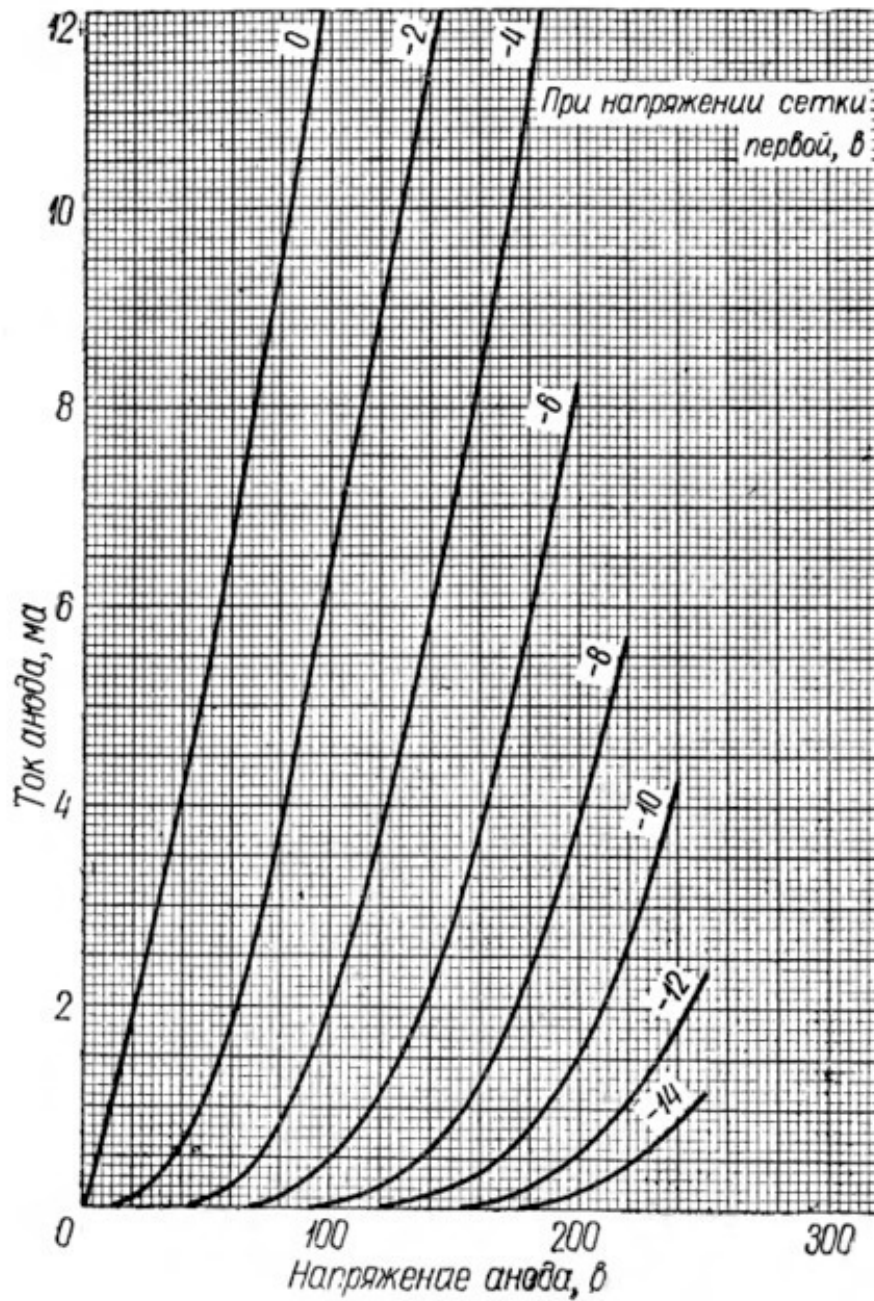


12Ж1Л

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД
С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

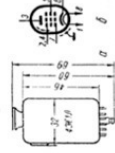
УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
(триодное включение)

Напряжение накала 12,6 в



4 Ж 1 Л

Универсальный метод с короткой характеристикой



Предназначен для генерирования и усиления сигналов в диапазоне частот до 200 МГц. Особый вид экрана с замком в специальном ключе. Штырьков 8.

Выпускается в стандартном оформлении на плоской ленте с внешним монтажом. Цоколь в виде экрана с замком в специальном ключе. Штырьков 8.

- Механические размеры, мм**
- Высота 4 ± 0,3
 - Прочность не более 0,007
 - Между анодом и катодом при замыкании не более 0,007
 - Длина остальных штырьков не более 0,007

Номинальные электрические данные

- Напряжение накала, в 4,2
- Напряжение на аноде, в 150
- Напряжение на второй сетке, в 75
- Напряжение на третьей сетке, в 0
- Ток в цепи анода, мА 25 ± 2
- Ток в цепи анода при напряжении накала 3,6 в, не менее 2,1 в, мА 3,75
- Ток в цепи анода при напряжении на второй сетке отсутствует, в 2,35 ± 0,05
- Внутренняя характеристика при напряжении на накале 3,6 в, ток в цепи анода 2,35 мА, в 0,55 ± 0,35
- Примечание: ток в цепи анода при напряжении на накале 3,6 в, ток в цепи анода при напряжении на второй сетке отсутствует, в 1,65 ± 0,45
- Внутреннее сопротивление при токе в цепи анода 2,35 мА, коэффициент усиления по напряжению, в 5
- Выходная мощность при напряжении на аноде и второй сетке 250 в, в-фазном напряжении 1

на первой сетке 2,8 в, сопротивление анодной нагрузки 35 ком, сопротивление в цепи второй сетки 500 ом, мА 0,5

Выходная мощность при напряжении накала 3,6 в, ток в цепи анода при напряжении на второй сетке 2,1 в и сопротивлении в цепи не более 100 ком, мА 0,4

Обратный ток в цепи второй сетки при напряжении на накале 3,6 в, ток в цепи анода при напряжении на второй сетке 2,1 в и сопротивлении в цепи не более 100 ком, мА 0,6

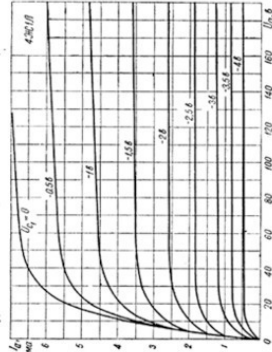


Рис. 125. Усиление характеристик зависимости анода и тока второй сетки от напряжения на второй сетке при напряжении на третьей сетке 0.

Предельно допустимые электрические величины

- Наибольшее напряжение накала, в 4,8
- Наименьшее напряжение накала, в 3,6
- Наибольшее напряжение на аноде 250
- Наибольшее напряжение на второй сетке при отсутствии нагрузки, в 300
- Наибольшее напряжение на второй сетке при отсутствии нагрузки, в 225
- Наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде при отсутствии нагрузки, в 0,7
- Наибольшая мощность, рассеиваемая на второй сетке при отсутствии нагрузки и подогревателем, в 20
- Наибольшее постоянное напряжение между катодом и подогревателем, в 400
- Наибольший ток в цепи накала, мА 11

Винил-корректоры для МС-головок

Однако, в природе существует еще один зверь, который может быть кому-нибудь интересен. Это винил-корректор для звукоснимателей с подвижной катушкой (МС-головки).

Как известно, существуют два типа электродинамических головок звукоснимателей для проигрывания грампластинок:

1. Головки с подвижным магнитом ММ. 2. Головки с подвижной катушкой МС.

Вторые считаются более «правильными». И стоят они гораздо дороже первых. Есть, правда, у них существенный недостаток – малый уровень снимаемого с них сигнала. В большинстве моделей этот уровень лежит в диапазоне 0.4—0.8 милливольт. Следовательно, для таких головок необходим корректор с большим усилением. На практике эту задачу решают двумя способами:

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.