

А. С. Храмушин

---

# УЗЧ

на "военных" лампах  
4Ж1Л, 4П1Л, 12Ж1Л, 12П17Л  
и ГУ-15

издание четвертое дополненное



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

**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:

1. Пентод (тетрод) должен быть включен штатно т.е. пентодом (тетродом)
2. 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 маломощных пентодов не является ухудшающим обстоятельством.
3. 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.

4. 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.
5. 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. Вот список этих ламп в порядке возрастания выходной мощности:

1. **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.

2. **4П1Л** - усилительно генераторный выходной пентод. Накал прямой 4.2 Вольта.
3. **12П17Л** - косвеннонакальный аналог 4П1Л. Накал косвенный 12.6 Вольта.
4. **ГУ-15** – генераторный выходной пентод. Накал прямой 4.4 Вольта.

Зарубежных аналогов 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,

## **ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН 6Ц4П**

Следует отметить, что 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:

1. Выше надежность
2. При его использовании звук лучше, чем при применении первых двух. Лампа пальчиковая семиштырьковая. При выборе панельки предпочтение следует отдать керамической. Никто не воспрещает использовать импортные аналоги, например, 6Х4.

*В новых разработках не применять*

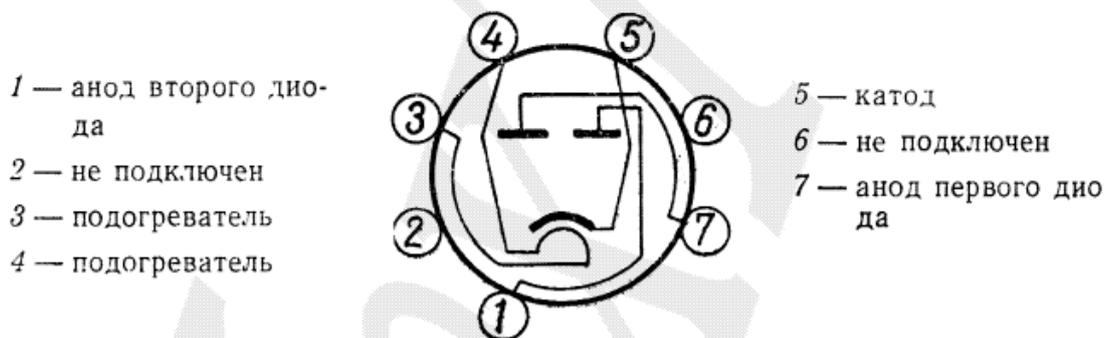
По ГОСТ 8347—66

**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 ( $\sim$  или  $=$ ) . . . . . 6,3 в  
 Ток накала . . . . .  $600 \pm 60$  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.

## ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

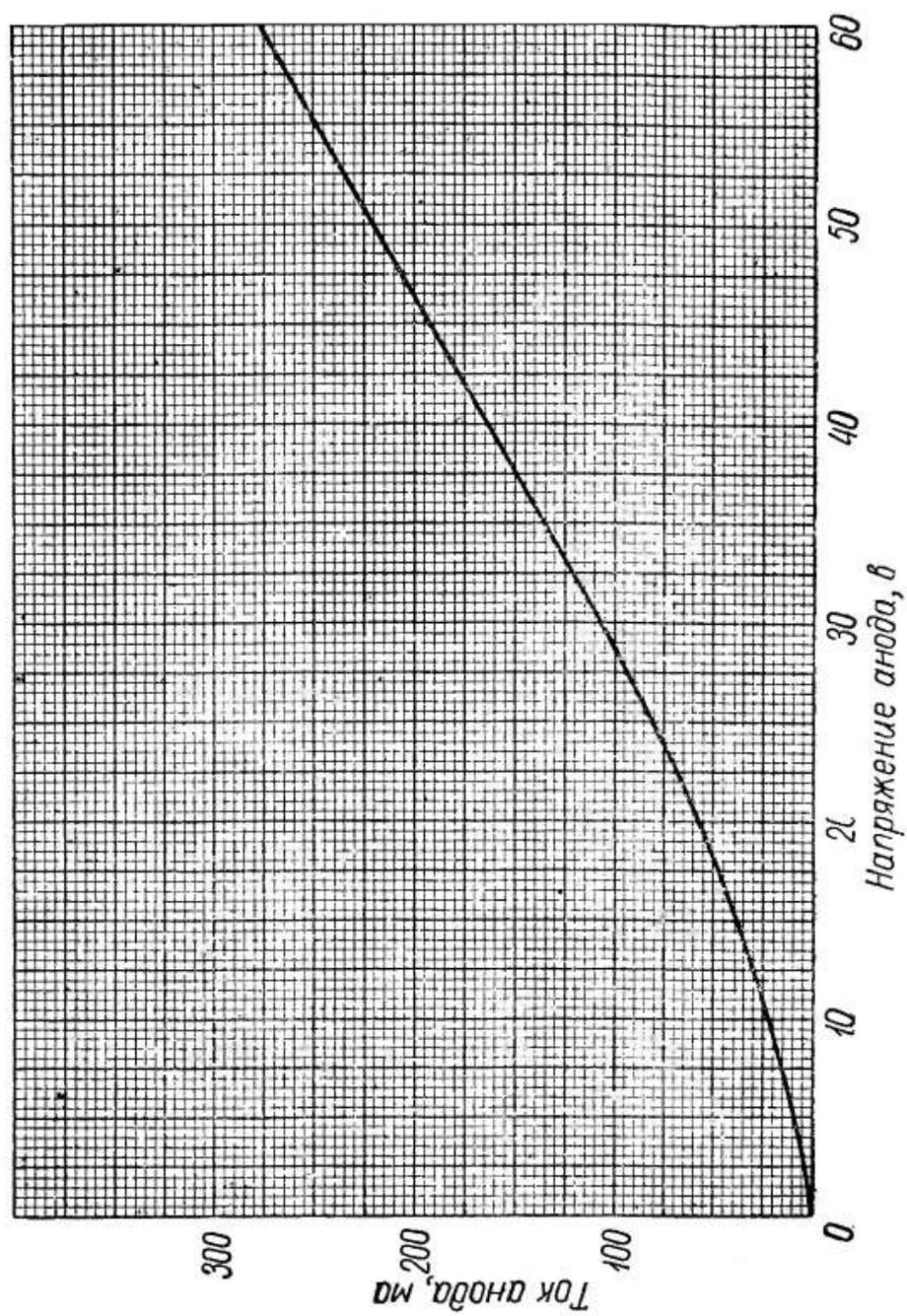
|   |        |
|---|--------|
| Напряжение накала ( $\sim$ или $=$ )                          |        |
| наибольшее . . . . .  | 7 в    |
| наименьшее . . . . .  | 5,7 в  |
| Наибольшая амплитуда обратного напряжения                     |        |
| анода . . . . .   | 1000 в |
| Наибольший выпрямленный 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      |

## УСРЕДНЕННАЯ АНОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Напряжение накала 6,3 в

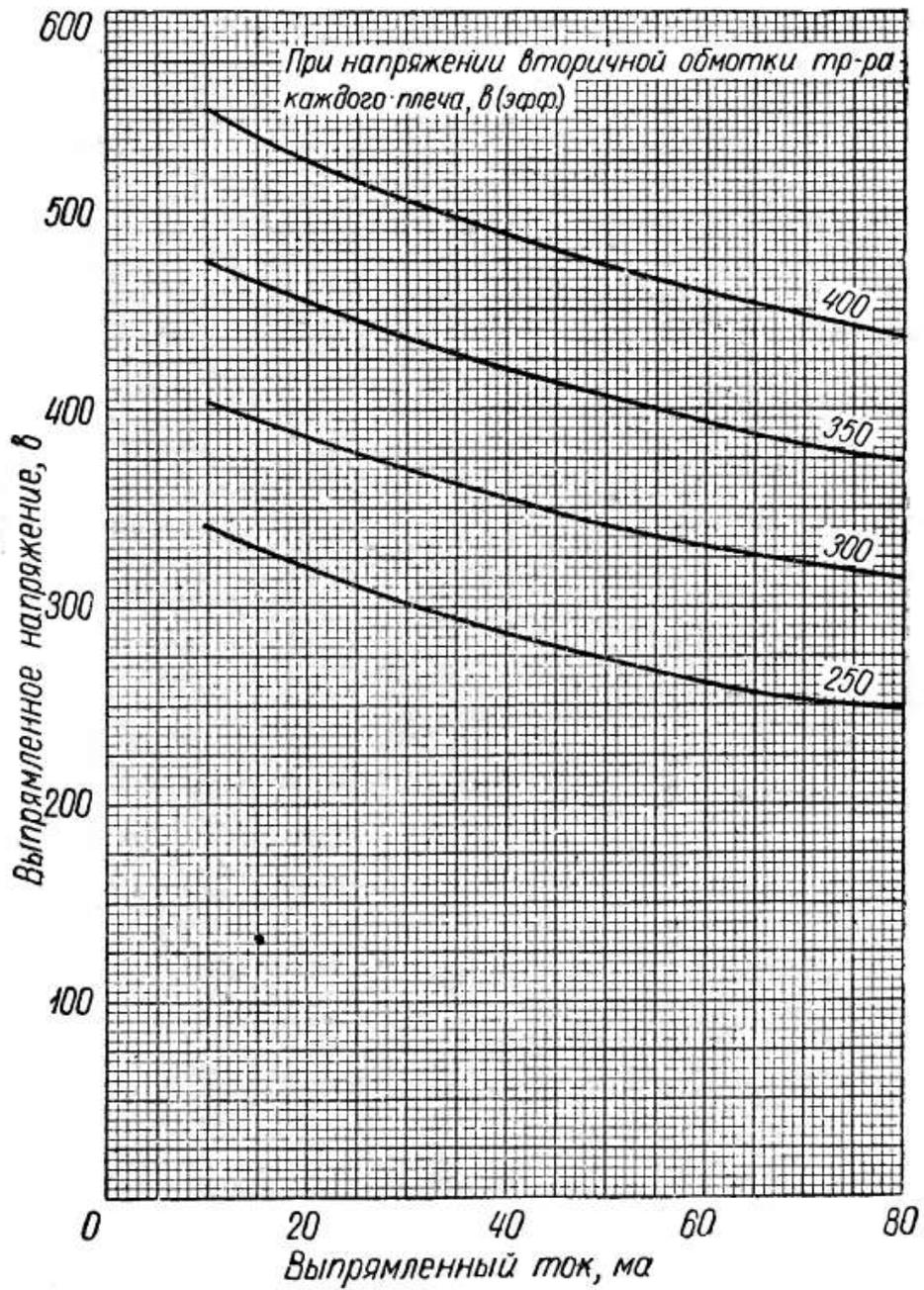


УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА

Напряжение накала 6,3 в

Емкость фильтра 8 мкф

Активное сопротивление в цепи каждого анода 200 ом



Основное назначение — выпрямление переменного напряжения.

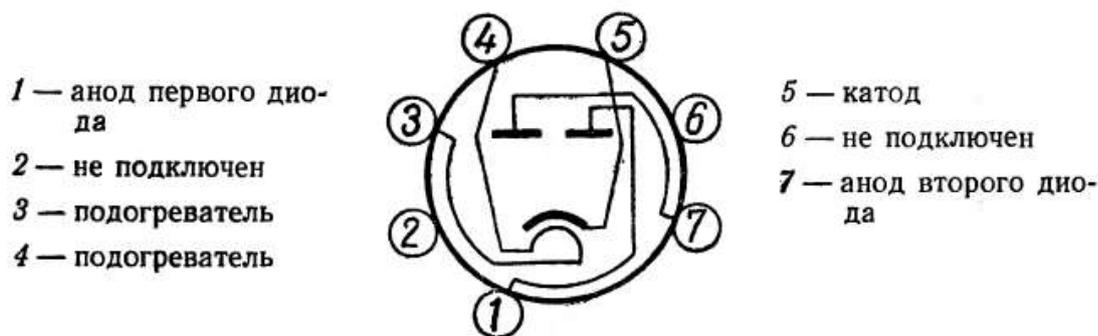
ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.

Оформление — стеклянное миниатюрное.

Вес наибольший . . . . . 15 г

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

|  |                 |
|--|-----------------|
| Напряжение накала ( $\sim$ 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° С                                      | 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.

## 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. $\Delta$          |
| 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,<br>ускорение 75 g |
| одиночные . . . . .                                     | ускорение 500 g                |

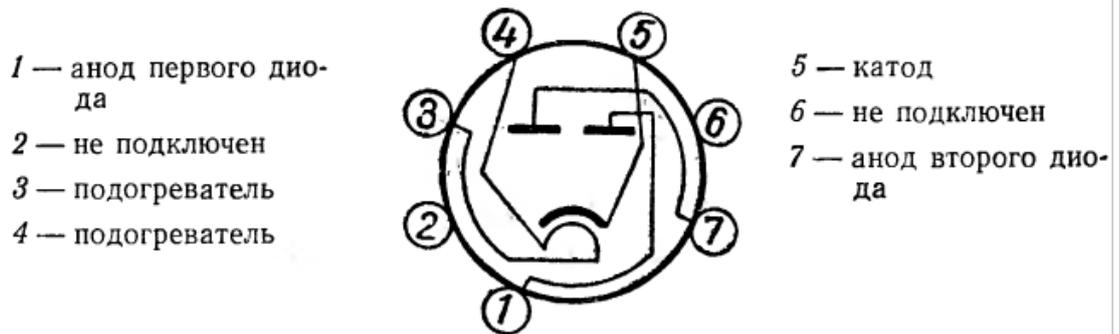
$\Delta$  При обратном напряжении или анода не более 450 в.

Основное назначение — выпрямление переменного тока.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

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

СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ СО ШТЫРЬКАМИ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

|   |               |
|---|---------------|
| Напряжение накала ( $\sim$ или $=$ ) . . . . .                          | 6,3 в         |
| Ток накала . . . . .  | 450±45 ма     |
| Напряжение анода при токе анода 150 ма<br>(для каждого диода) . . . . . | не более 50 в |
| Вентильная прочность при выпрямленном токе<br>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        |

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 пакала ( $\sim$ 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

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 6X5GT, EZ90.

ДВУХАНОДНЫЙ КЕНОТРОН

6Ц5С

**Основное назначение** — выпрямление переменного тока.

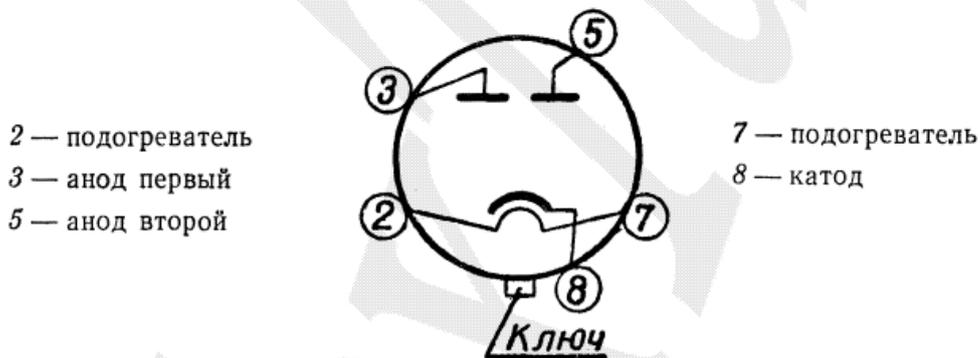
### ОБЩИЕ ДАННЫЕ

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 $\odot$ . . . . .                            | не менее 70 ма  |
| Сопротивление изоляции каждого анода . .                      | не менее 10 Мом |
| Долговечность (при годности 90%) . . . . .                    | не менее 1000 ч |
| Критерий долговечности:<br>выпрямленный ток $\odot$ . . . . . | не менее 60 ма  |

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

## 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 |
|--|--------|

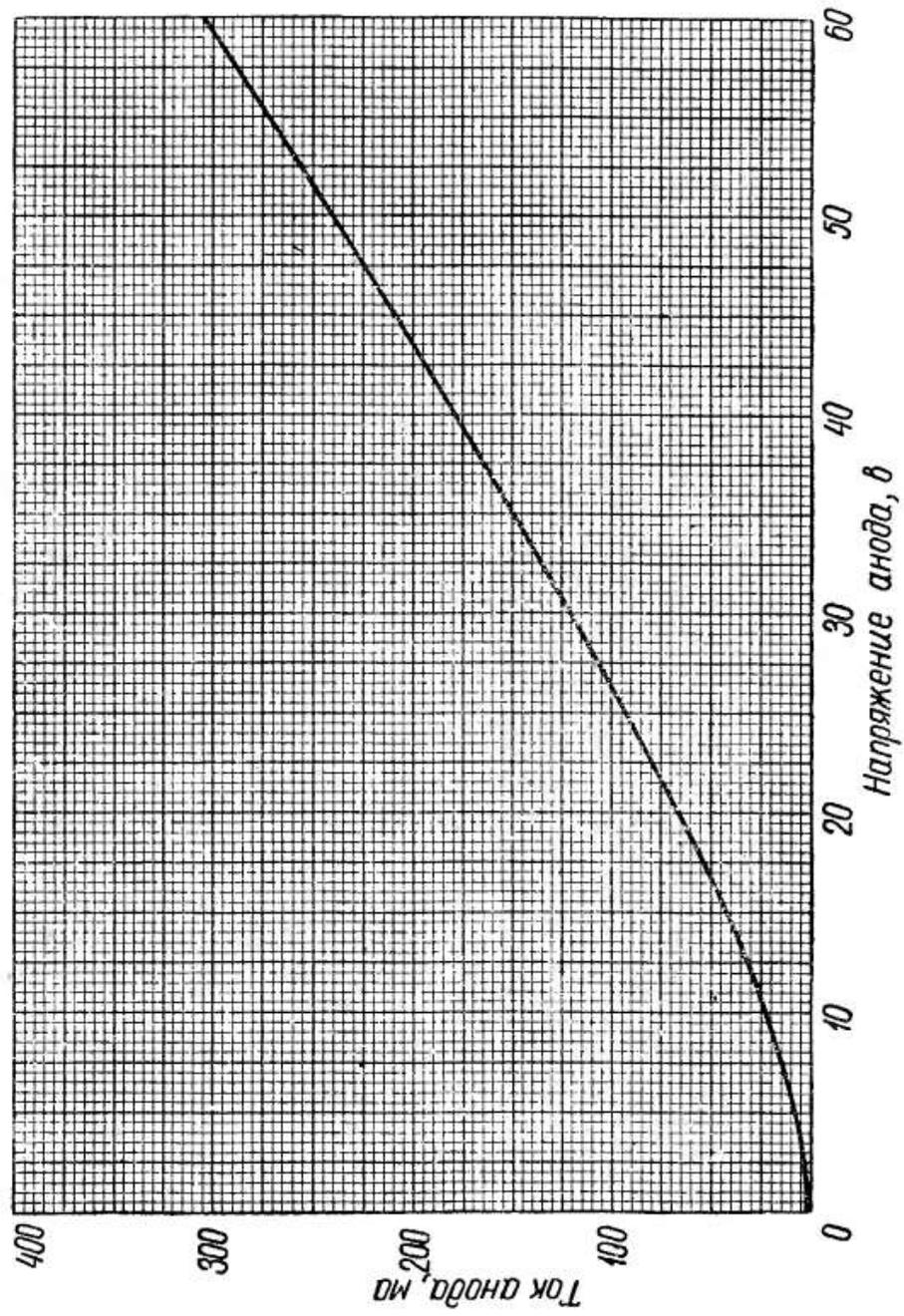
По ГОСТ 8528—66

|   |        |
|---|--------|
| 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.

## УСРЕДНЕННАЯ АНОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Напряжение накала 6,3 в

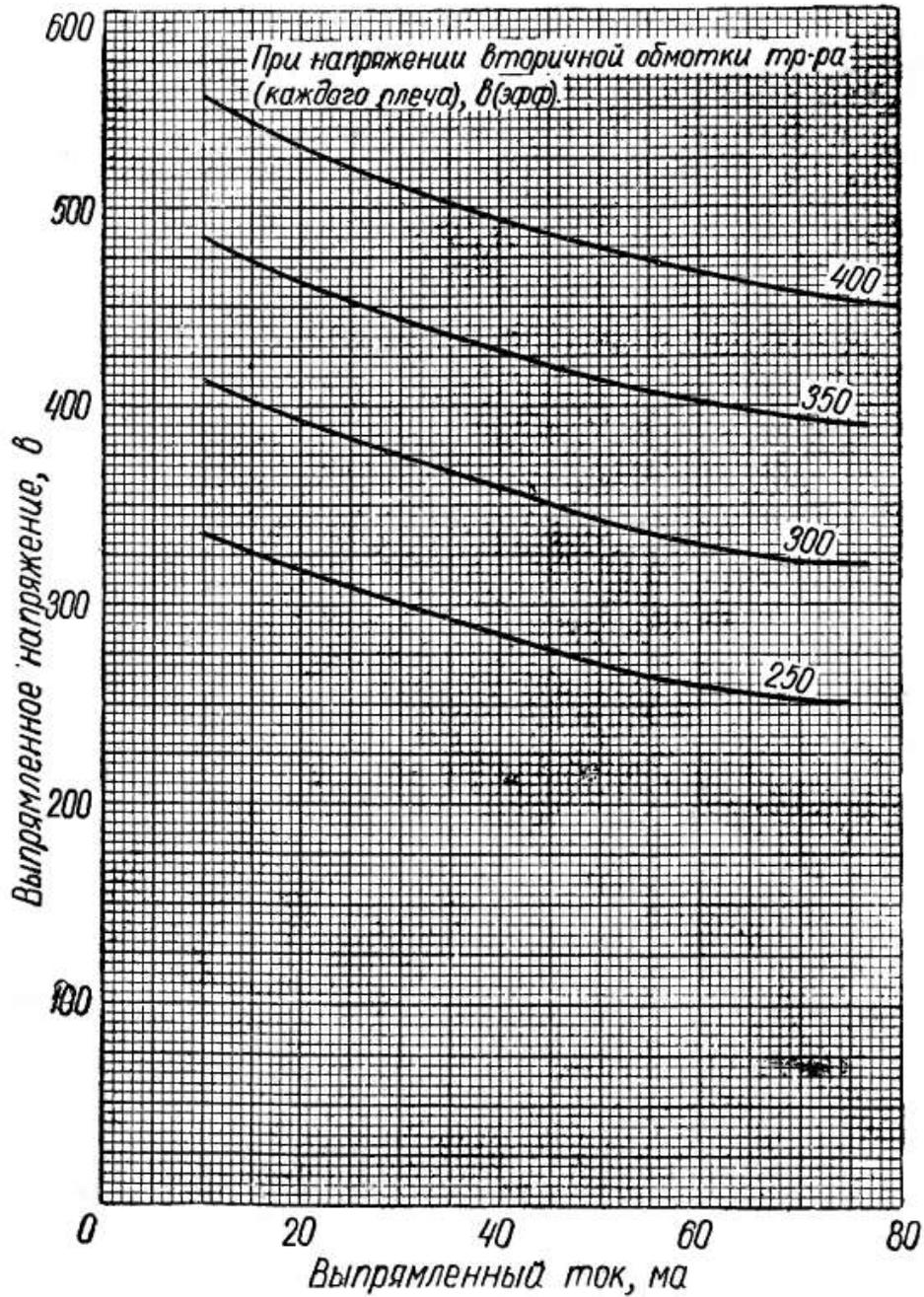


УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА

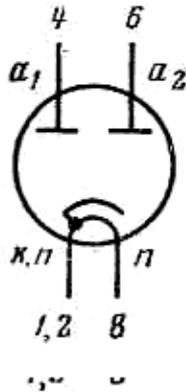
Напряжение накала 6,3 в

Емкость фильтра 8 мкф

Активное сопротивление в цепи каждого анода 300 ом



И последний, из описываемых в книге кенотронов, могучий



## 5Ц9С

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

### Основные параметры

при  $U_H = 5$  В

|   |                 |
|---|-----------------|
| Ток накала . . . . .  | $(3 \pm 0,3)$ А |
| Ток анода (при $U_a = 75$ В) . . . . .                                      | $\geq 180$ мА   |
| Выпрямленный ток (при $U_a = 500$ В, $R_H = 22$ кОм, $C = 4$ мкФ) . . . . . | $\geq 190$ мА   |
| Наработка . . . . .   | $\geq 1000$ ч   |
| Критерий оценки:  |                 |
| выпрямленный ток . . . . .  | $\geq 150$ 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, потрудится и намотать трансформатор самому, предварительно рассчитав его параметры. На страницах этой книги позволю себе этим не заниматься. Ниже приведены справочные данные на трансформатор ТАН16.

## Трансформатор ТАН-16-127/220-50

Сердечник: ШЛ20x25

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.

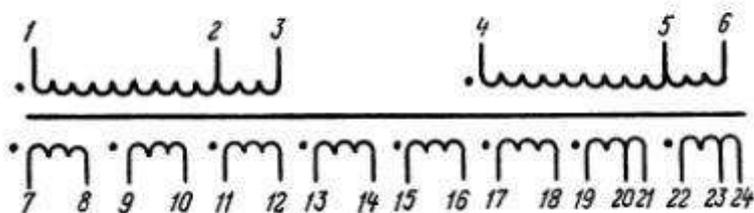
При использовании трансформаторов ТАН16-127/220 на 127 В необходимо:

- 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:

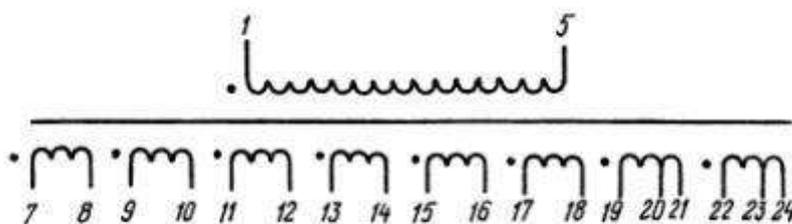
- соединить выводы 2 и 4;
- подать напряжение 220 В на выводы 1 и 5.

[www.mariklab.ru](http://www.mariklab.ru)



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

[www.mariklab.ru](http://www.mariklab.ru)



*Электрическая принципиальная схема анодно-накального трансформатора ТАН16 на 50 Гц, 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.

| <b>Марка конденсатора</b> | <b>Тип диэлектрика</b> | <b>Особенности</b>                        |
|---------------------------|------------------------|---|
| 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        |
| МБПП                      | 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.

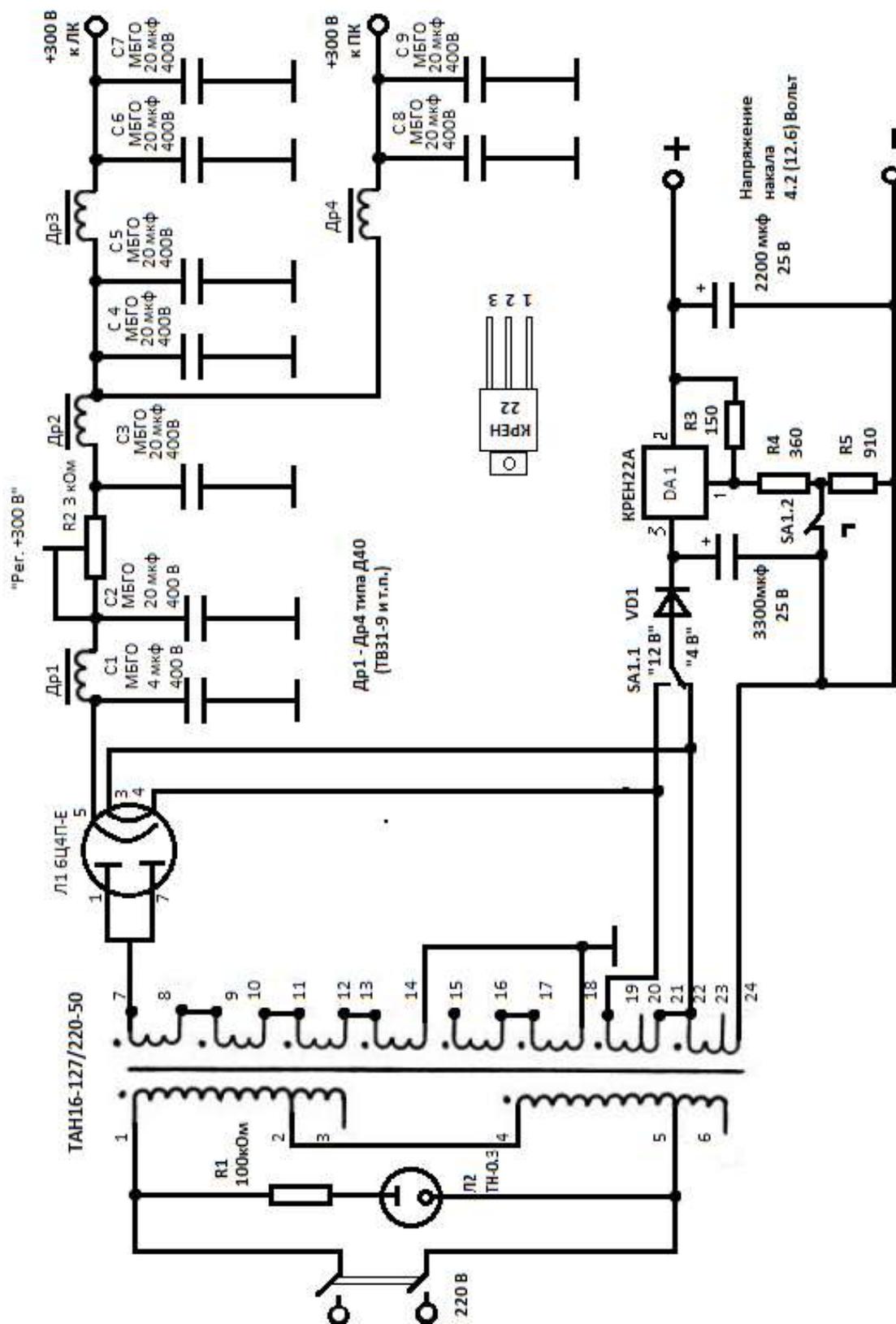


РИС.1

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

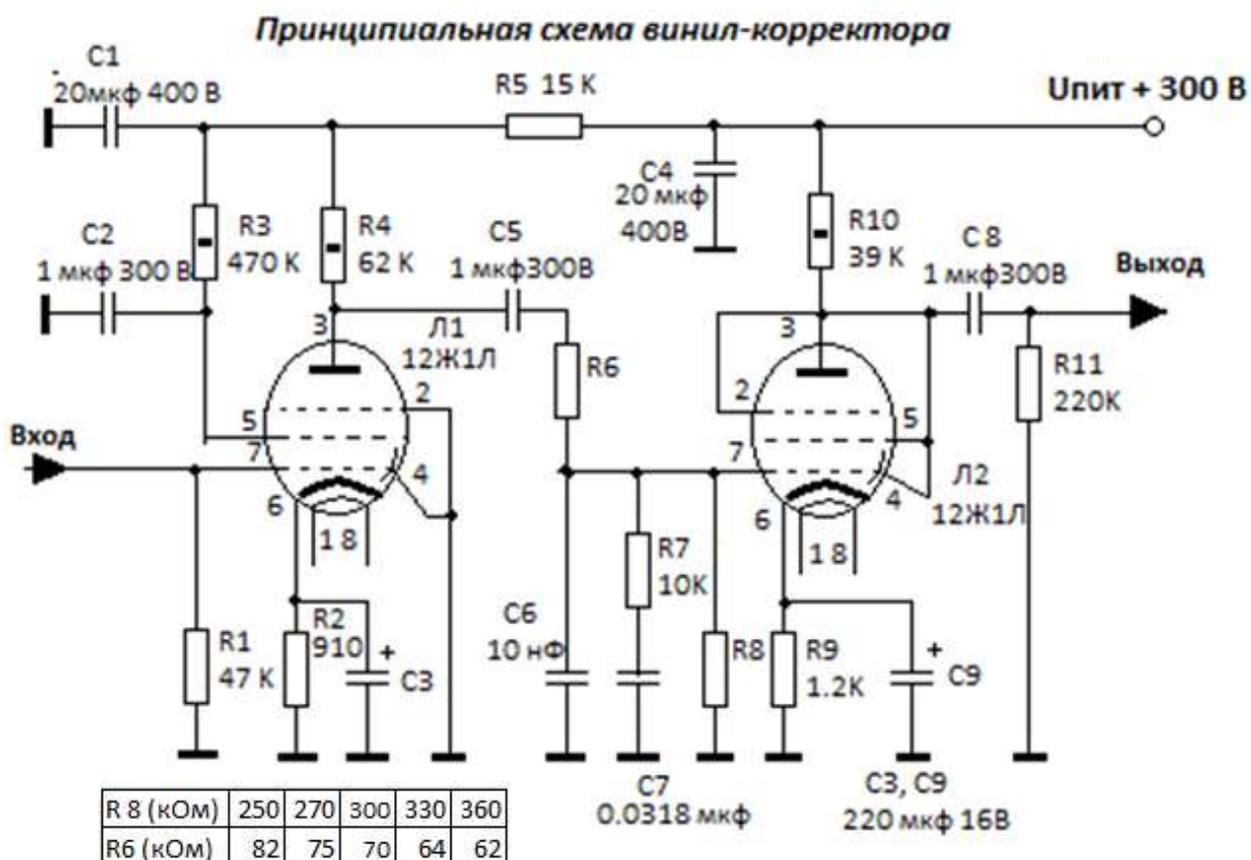
## ВИНИЛ-КОРРЕКТОР

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!!!**



**Рис.2**

От номиналов резисторов R6 и R8 зависит АЧХ винил – корректора. В таблице приведены возможные сочетания их сопротивлений.



**Рис.3**

**12Ж1Л и два типа панелек 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:

- 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  $\mu$ s (250 Hz).**
- 2 Европейский стандарт: "500"**  
Европейский стандарт, действовавший до 1950, а также в США в компаниях **RCA Victor, Columbia.**  
Постоянная времени: **318  $\mu$ s (500 Hz).**
- 3 Columbia N78**  
Постоянные времени: **530  $\mu$ s (300 Hz) и 100  $\mu$ s (1,590 Hz).**
- 4 Columbia LP M33**  
**HMV M33,** Произведенный в Великобритании.  
**Vanguard, Bach Guild, Cetra M33, Vox.**  
Постоянные времени: **1,590  $\mu$ s (100 Hz), 318  $\mu$ s (500 Hz), и 100  $\mu$ s (1,590 Hz).**
- 5 NAB National Association of Broadcasters.**  
Постоянные времени: **318  $\mu$ s (500 Hz) и 100  $\mu$ 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  $\mu$ s (60 Hz), 318  $\mu$ s (500 Hz), and 100  $\mu$ s**

(1,590 Hz).

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

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

**8 London London Gramophone Corporation:**

**London M33 & M45, Decca** (возможно применялся).

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

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

ФРГ 1952-1955: DGG 33  $\frac{1}{3}$  LP.

Постоянные времени: **450  $\mu$ s (350 Hz), и 50  $\mu$ 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  $\mu$ s (50 Hz), 450  $\mu$ s (350 Hz), и 50  $\mu$ 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  $\mu$ s (50 Hz), 318  $\mu$ s (500 Hz), и 75  $\mu$ 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  $\mu$ s (50 Hz), 318  $\mu$ s (500 Hz), и 50  $\mu$ s (3,180 Hz).**

## Таблица

### АЧХ форматов грамзаписи

| f<br>Hz | 1<br>250<br>dB | 2<br>500<br>dB | 3<br>Col.M78<br>dB | 4<br>Col.M33<br>dB | 5<br>NAB<br>dB | 6<br>NARTB<br>dB | 7<br>AES<br>dB | 8<br>London<br>dB | 9<br>CCIR<br>dB | 10<br>IEC N78<br>dB | 11<br>RCA<br>dB | 12<br>TELDEC<br>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 k     | 0              | 0              | 0                  | 0                  | 0              | 0                | 0              | 0                 | 0               | 0                   | 0               | 0                  |
| 2 k     | -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 k     | -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 k     | -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 k     | -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 k    | -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 k    | -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 k    | -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.**

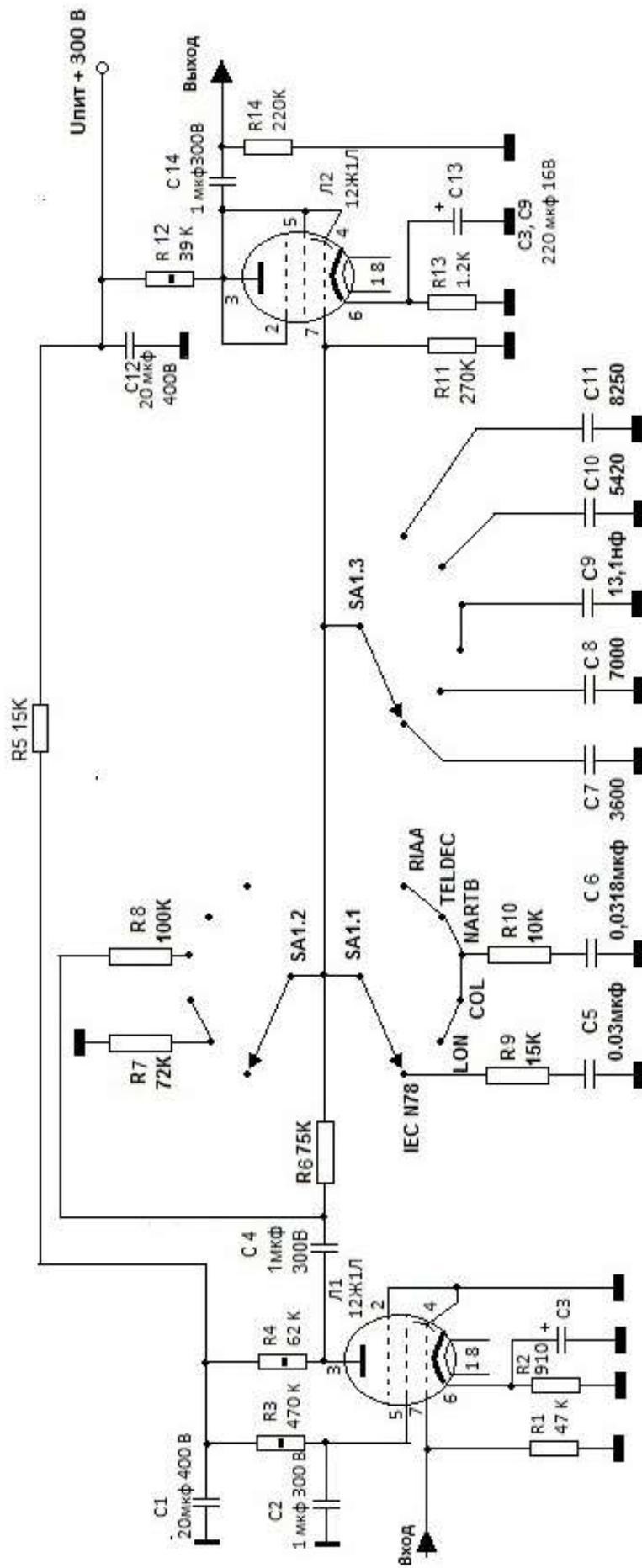
То есть потребуется Переключатель на 6 положений и 3 направления. Для того, чтобы во время переключения типов коррекции не было громких щелчков, переключатель должен быть с перекрытием соседних контактов во время переключения (такие применялись в магазинах сопротивлений и разнообразной измерительной 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.

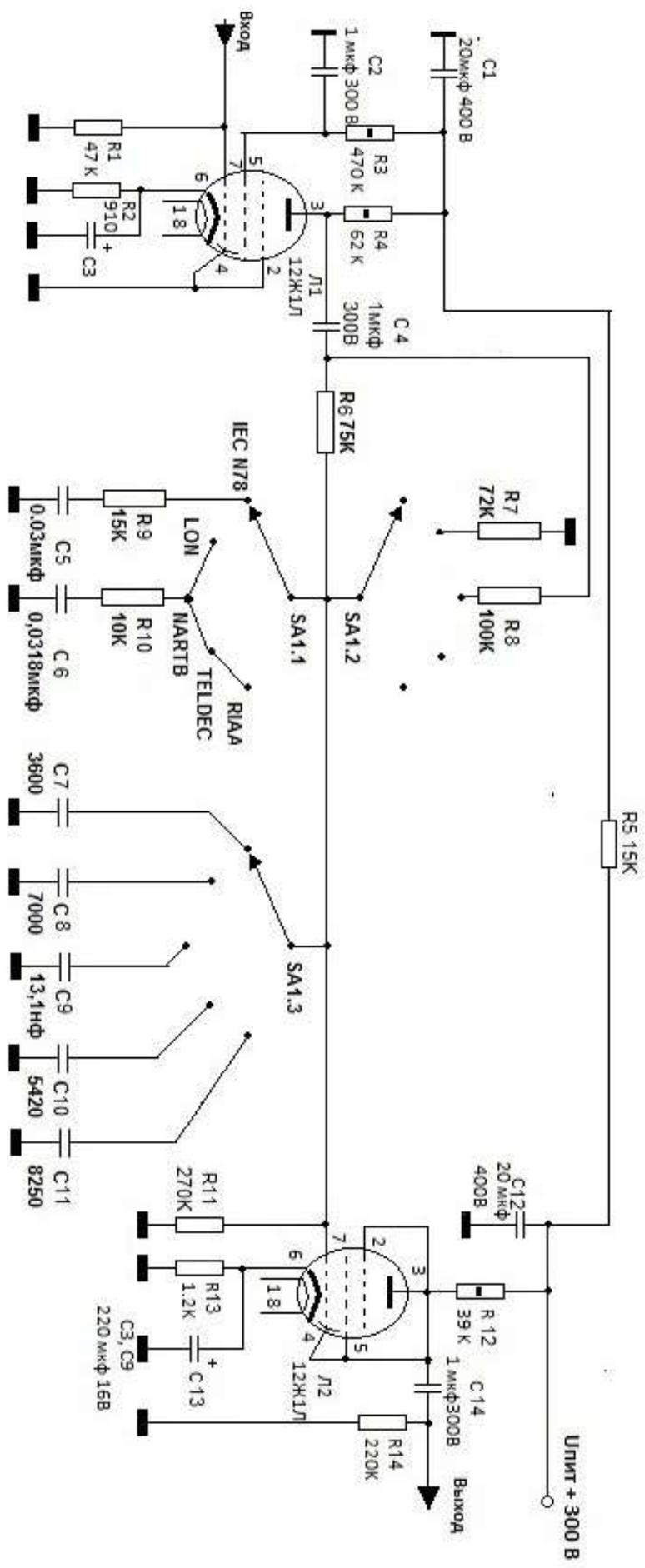
Принципиальная схема винил-корректора на 6 типов коррекции приведена на рис. 4

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

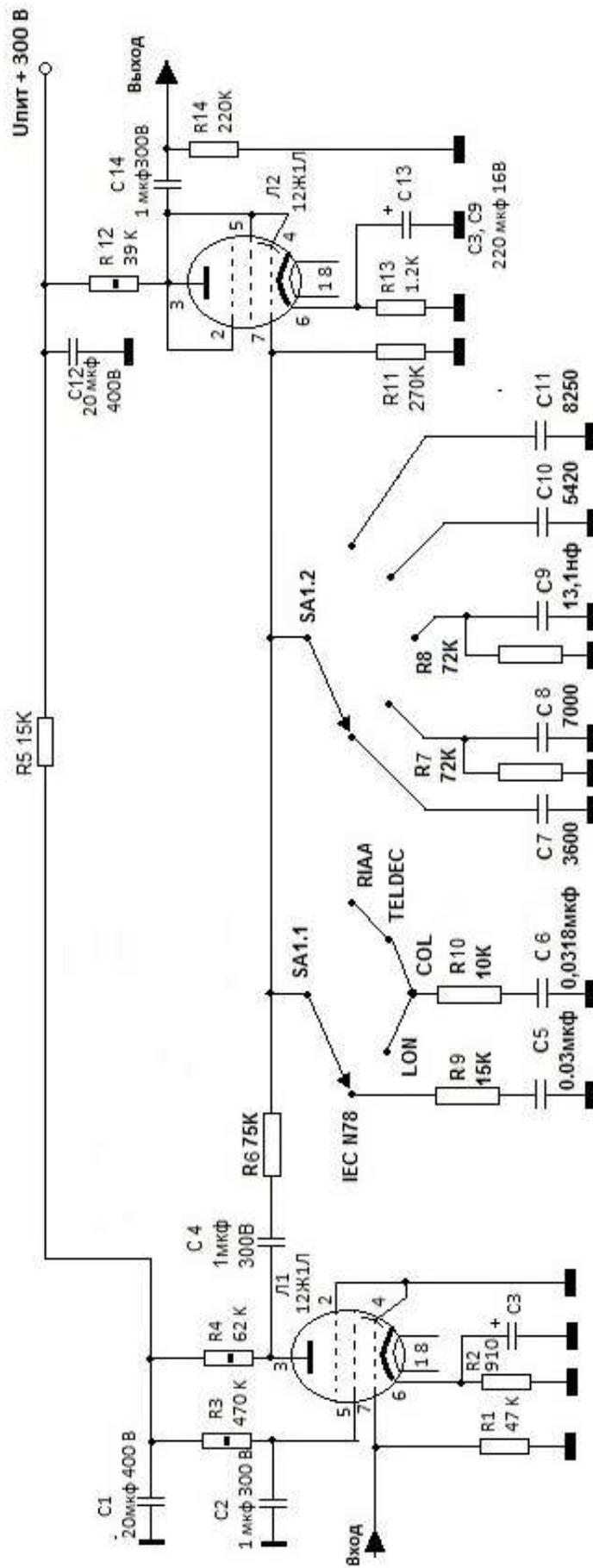
Безусловно, никто не мешает собрать корректор на 2, 3 или 4 стандарта грамзаписи. Каждый да определит сам, чего он желает и воплотит свои идеи в жизнь.



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



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



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

Ниже приводятся справочные данные на лампы, примененные в корректоре:

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЕНТОД  
С КОРОТКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ**

**12Ж1Л**

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

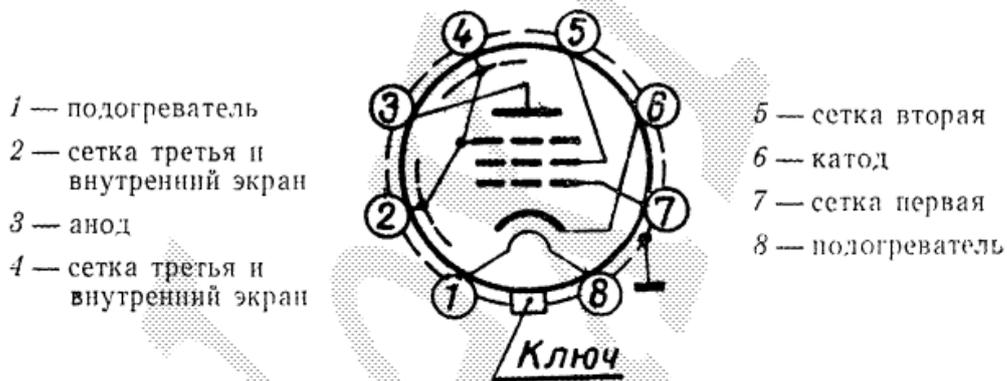
**ОБЩИЕ ДАННЫЕ**

Катод — оксидный косвенного накала.

Оформление — стеклянное на плоской ножке с внешним металлическим экраном.

Вес наибольший . . . . . 35 г

**СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ**



**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

|  |                    |
|--|--------------------|
| Напряжение накала ( $\sim$ или $=$ ) . . . . . | 12,6 в             |
| Ток накала . . . . .                           | $75 \pm 15$ 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   |

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Нулевой ток анода . . . . .   | $6,8^{+2,2}_{-2,05} \text{ ма}$ |
| Ток сетки второй . . . . .  | $0,55 \pm 0,35 \text{ ма}$      |
| Выходная мощность $\Delta$ . . . . .  | 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<br>первой (отрицательное) $\nabla$ . . . . . | $0,6 \pm 0,6 \text{ в}$         |
| Внутреннее сопротивление: $\circ$   |                                 |
| для 90% ламп . . . . .  | не менее 0,8 Мом                |
| для 10% ламп . . . . .  | не менее 0,7 Мом                |
| Эквивалентное сопротивление внутриламповых<br>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-<br>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.

$\Delta$  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.

$\nabla$  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 . . . . .      | $3,7^{+0,3}_{-0,3} \text{ пф}$ |
| 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**

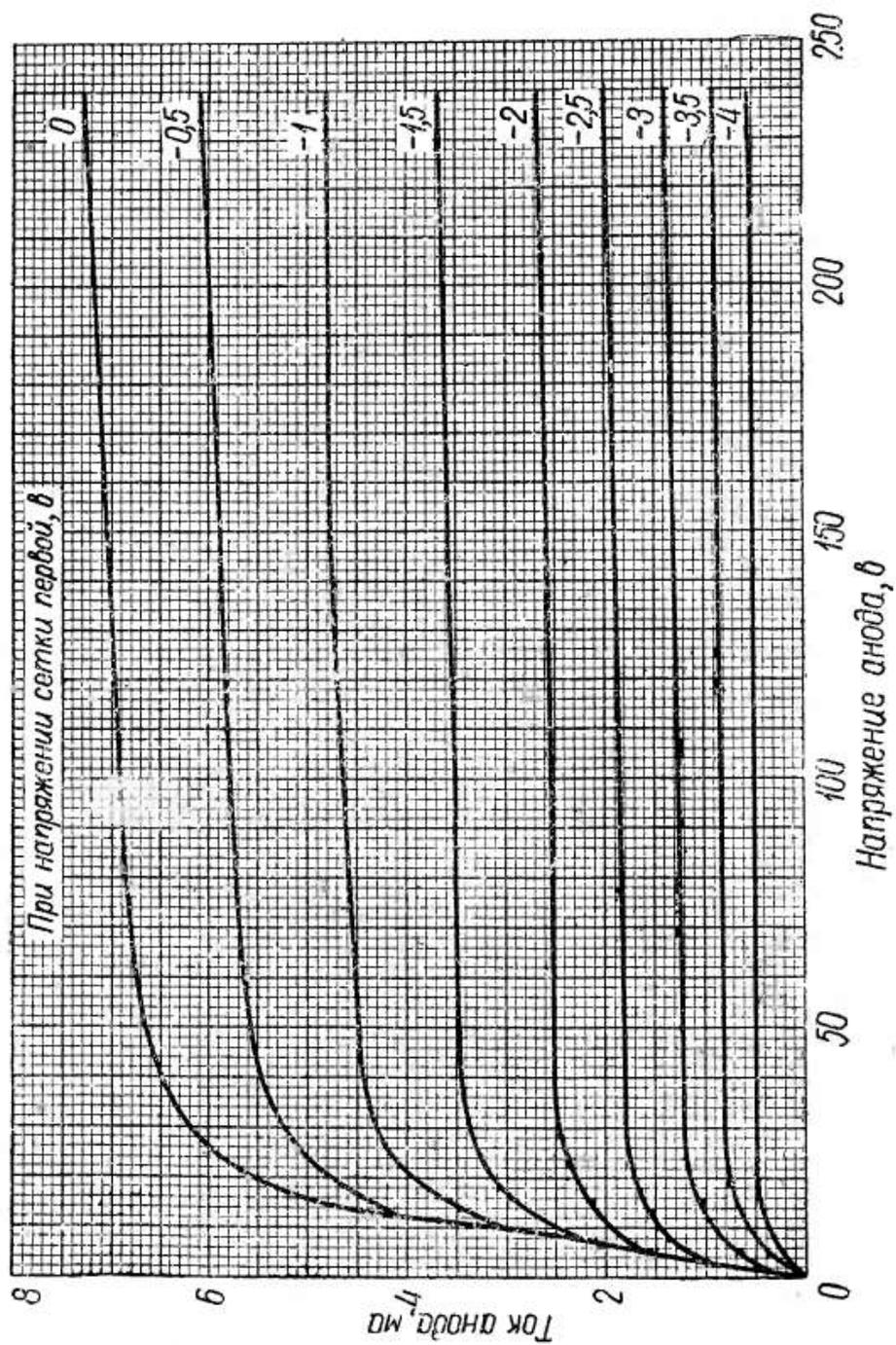
|   |             |
|---|-------------|
| Температура окружающей среды:                           |             |
| наибольшая . . . . .                                    | плюс 70° С  |
| наименьшая . . . . .                                    | минус 60° С |
| Относительная влажность при температуре 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.

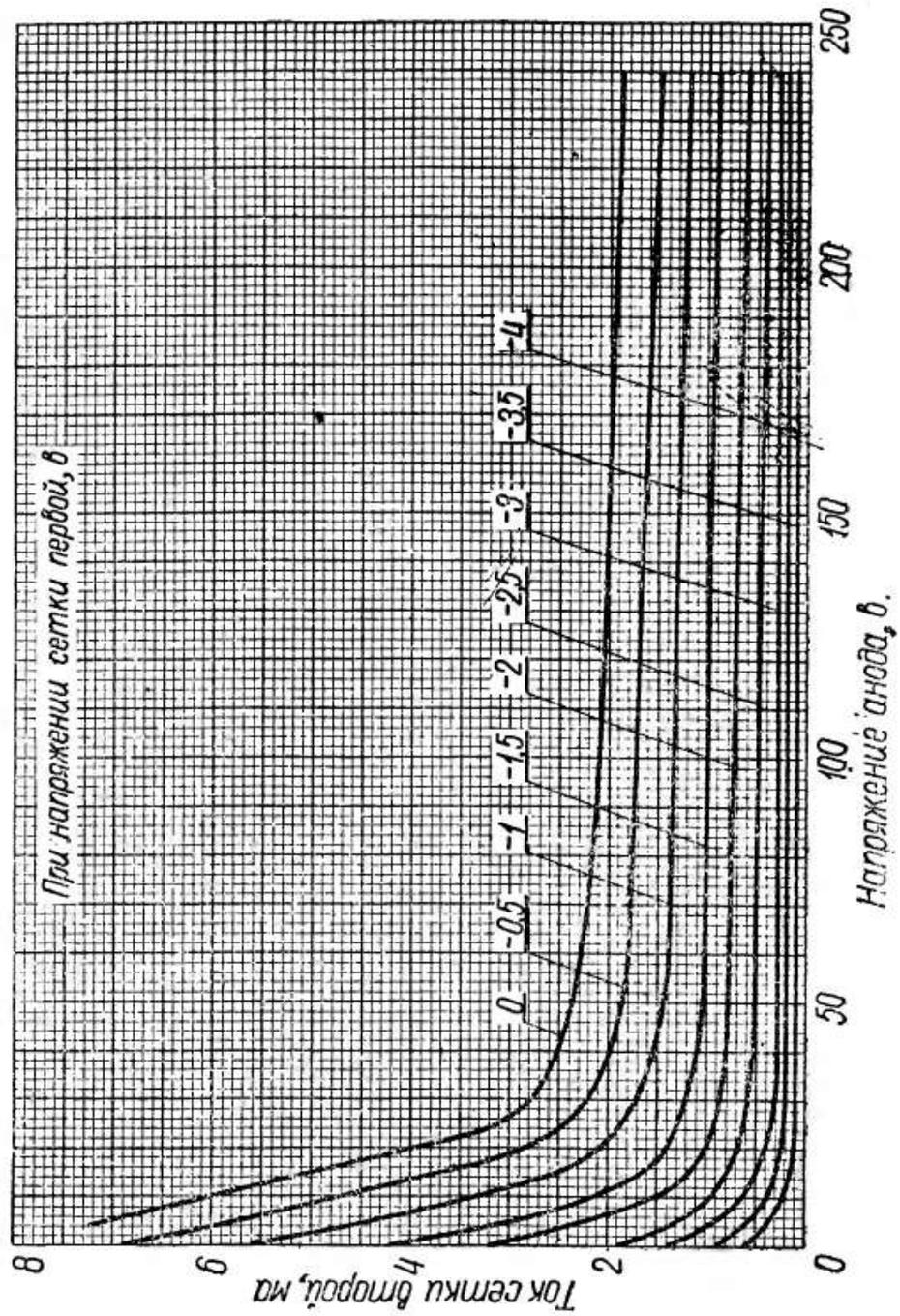
УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

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



УСРЕДНЕННЫЕ СЕТОЧНО-АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

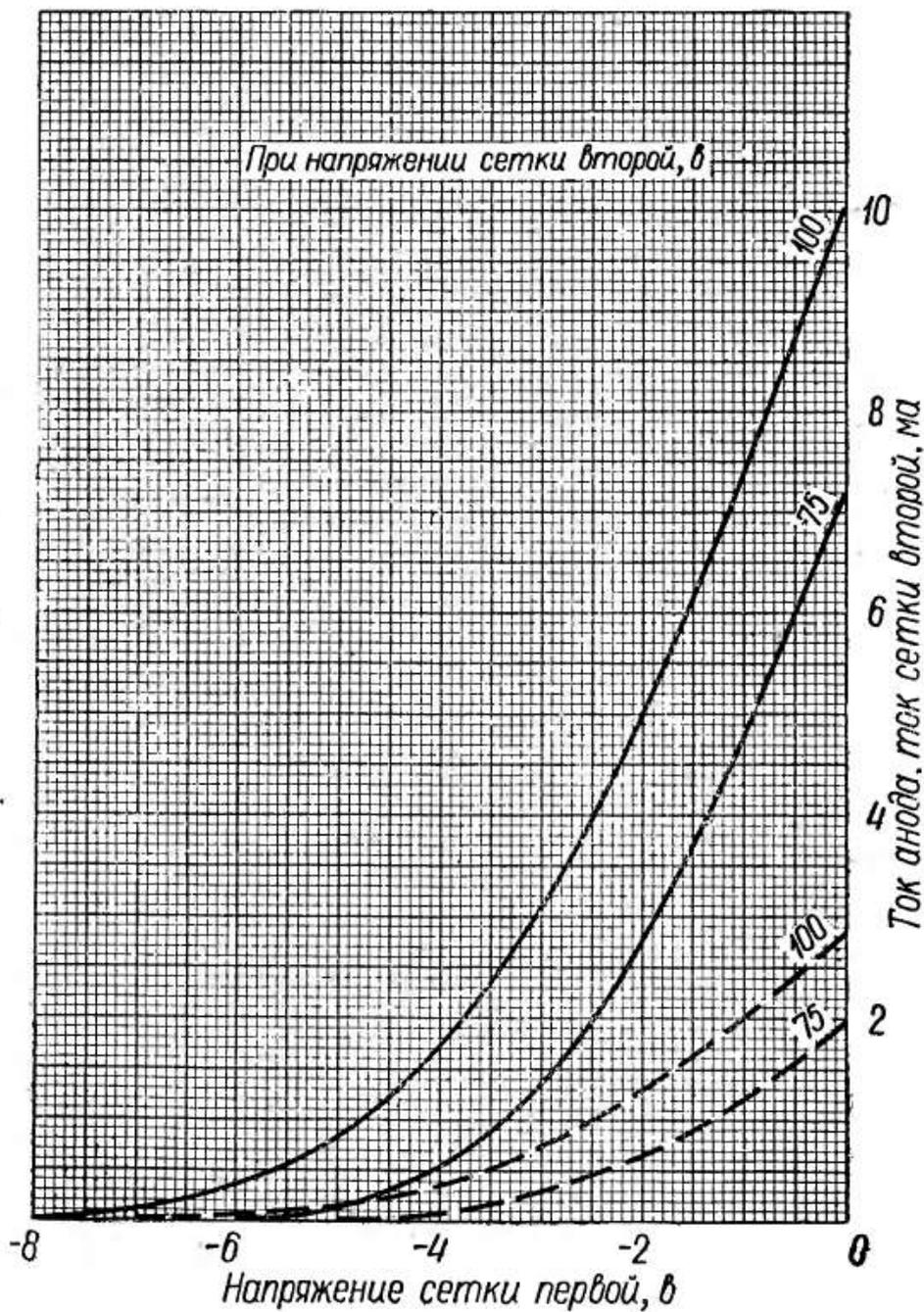
- Напряжение накала 12,6 в
- Напряжение сетки второй 75 в
- Напряжение сетки третьей 0



## УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- анодно-сеточные  
 - - - сеточные (по сетке второй)

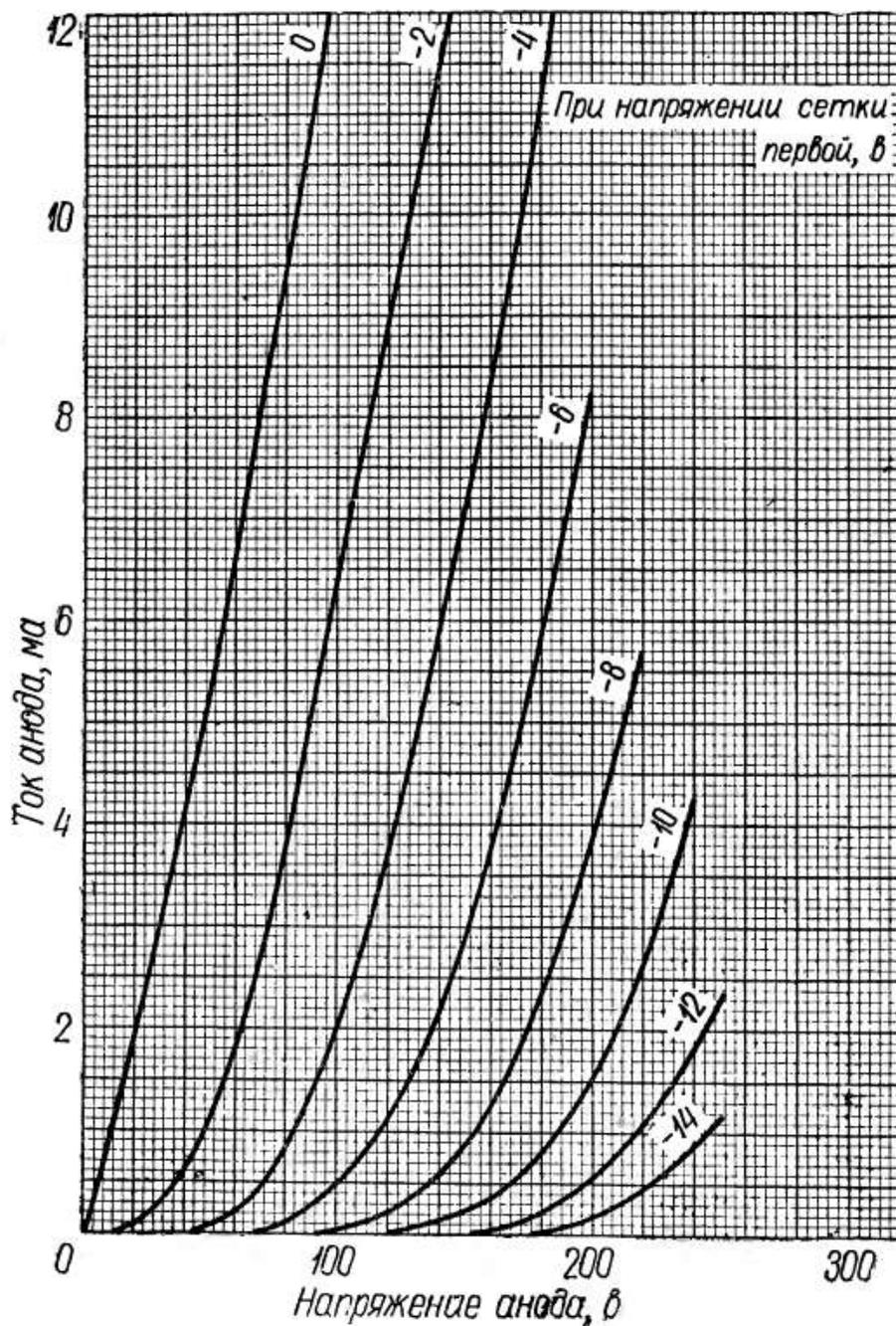
Напряжение накала 12,6 в  
 Напряжение анода 150 в



## УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

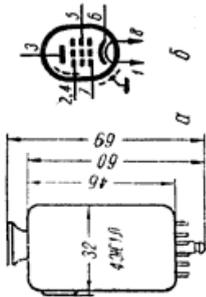
(триодное включение)

Напряжение накала 12,6 в



### 4Ж1Л

#### Универсальный пентод с короткой характеристикой



Предназначен для генерирования и усиления напряжения и мощности в диапазоне частот до 200 Мгц. Катод оксидный косвенного накала. Работает в любом положении.

Рис. 124. Лампа 4Ж1Л:

а — основные размеры; б — схематическое изображение; 1 и 8 — подогреватель (накал); 2 и 4 — третья сетка и внутренний экран; 3 — анод; 5 — вторая сетка; 6 — катод; 7 — первая сетка.

Выпускается в стеклянном оформлении на плоской ножке с внешним металлическим экраном. Срок службы 2000 ч. Цоколь в виде экрана с замком в специальном ключе. Штырьков 8.

#### Междуэлектродные емкости, пф

|  |                |
|--|----------------|
| Входная  | 4 ± 0,3        |
| Выходная   | 4,2 → 0,3      |
| Проходная  | не более 0,007 |
| Между анодом и катодом при заземленных всех остальных электродах | не более 0,007 |

#### Номинальные электрические данные

|   |             |
|---|-------------|
| Напряжение накала, в  | 4,2         |
| Напряжение на аноде, в  | 150         |
| Напряжение на первой сетке, в   | 0           |
| Напряжение на второй сетке, в   | 75          |
| Напряжение на третьей сетке, в  | 0           |
| Ток накала, ма  | 225 ± 15    |
| Ток в цепи анода, ма  | 6,8 ± 2     |
| Ток в цепи анода при напряжении накала 3,6 в, ма  | 3,75        |
| Ток в цепи анода при напряжении на первой сетке минус 2,1 в, ма   | 2,35 ± 0,95 |
| Ток в цепи второй сетки при напряжении на первой сетке минус 2,1 в, ма  | 0,55 ± 0,35 |
| Крутизна характеристики при напряжении на первой сетке минус 2,1 в, ма/в  | 1,65 ± 0,45 |
| Проницаемость в триодном включении при напряжении на аноде и второй сетке 125 в, токе в цепи анода и второй сетке 3 ма, подбрасаемом напряжением на первой сетке, % | 5           |
| Внутреннее сопротивление при токе в цепи анода 2 ма, подбрасаемом напряжением на первой сетке, Мом  | 1           |
| Выходная мощность при напряжении на аноде и второй сетке 250 в, эффективном напряжении  |             |

на первой сетке 2,8 в, сопротивлении анодной нагрузки 35 ком, сопротивлении в цепи второй сетки 20 ком и сопротивлении в цепи катода 500 ом, вт . . . . . 0,5  
 Выходная мощность при напряжении накала 3,6 в, вт . . . . . 0,4  
 Обратный ток в цепи первой сетки при напряжении на ней минус 2,1 в и сопротивлении в ее цепи не более 100 ком, мка . . . . . 0,6

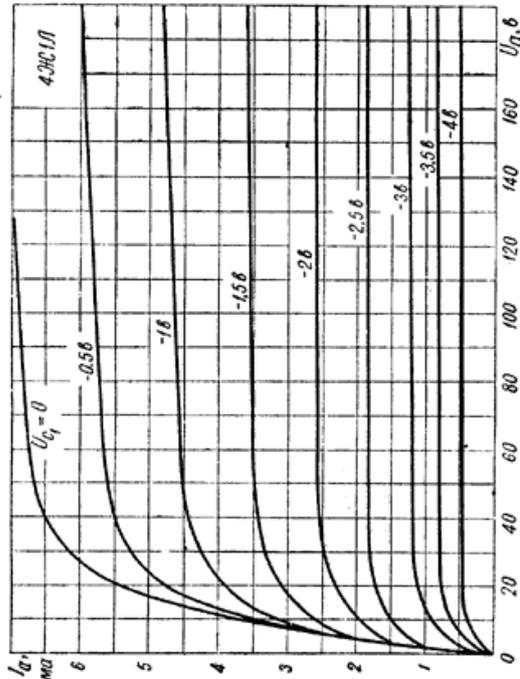


Рис. 125. Усредненные характеристики зависимости тока анода и тока второй сетки от напряжения на аноде при напряжении на второй сетке 75 в и напряжении на третьей сетке 0.

#### Предельно допустимые электрические величины

|  |     |
|--|-----|
| Наибольшее напряжение накала, в                                    | 4,8 |
| Наименьшее напряжение накала, в                                    | 3,6 |
| Наибольшее напряжение на аноде: рабочее, в                         | 250 |
| при отсутствии нагрузки, в   | 300 |
| Наибольшее напряжение на второй сетке: рабочее, в                  | 225 |
| при отсутствии нагрузки, в   | 300 |
| Наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде, вт                     | 2   |
| Наибольшая мощность, рассеиваемая на второй сетке, вт              | 0,7 |
| Наибольший ток утечки между катодом и подогревателем, мка          | 20  |
| Наибольшее постоянное напряжение между катодом и подогревателем, в | 100 |
| Наибольший ток в цепи катода, ма                                   | 11  |

Вот и подошли мы к лампам выходных каскадов:

## 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.

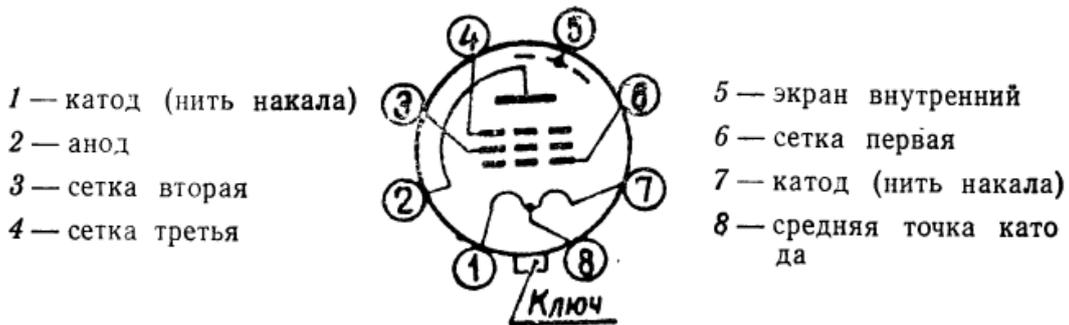
### ОБЩИЕ ДАННЫЕ

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 ( $\sim$ или $=$ ), в . . . . .                      | 2,1                                    | 4,2              |
| Ток накала, ма . . . . .   | $650 \pm 50$                           | $325 \pm 25$     |
| Напряжение анода ( $=$ ) . . . . .                                     | 150 в                                  |                  |
| Напряжение сетки второй ( $=$ ) . . . . .                              | 150 в                                  |                  |
| Напряжение сетки третьей ( $=$ ) . . . . .                             | 0                                      |                  |
| Напряжение сетки первой в рабочей точке ( $=$ ) <sup>○</sup> . . . . . | минус $7 \pm 2,5$ в<br>не более 6,5 ма |                  |
| Ток сетки второй <sup>○</sup> . . . . .                                |  |                  |
| Ток анода при напряжении сетки первой минус 3,5 в . . . . .            | $60 \pm 20$ ма                         |                  |
| Крутизна характеристики <sup>○</sup> . . . . .                         | $6^{+1,8}_{-1,5}$ ма/в                 |                  |
| Проницаемость (в триодном включении) . . . . .                         | $10,5 \pm 2\%$                         |                  |

# 4П1Л

## ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД

|  |                 |
|--|-----------------|
| Выходная мощность $\square$ . . . . .                                  | не менее 4,2 вт |
| Выходная мощность при напряжении накала<br>3,6 в $\square$ . . . . .   | не менее 3,5 вт |
| Ток анода в начале характеристики $\Delta$ . . . . .                   | не более 7 ма   |
| Напряжение виброшумов * . . . . .                                      | не более 500 мв |
| Долговечность . . . . .  | не менее 1000 ч |
| Критерий долговечности:  |                 |
| выходная мощность $\square$ . . . . .                                  | не менее 3,3 вт |
| выходная мощность при напряжении на-<br>кала 3,6 в $\square$ . . . . . | 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 20-20 000 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     | последова-<br>тельное |
| Напряжение накала ( $\sim$ 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.

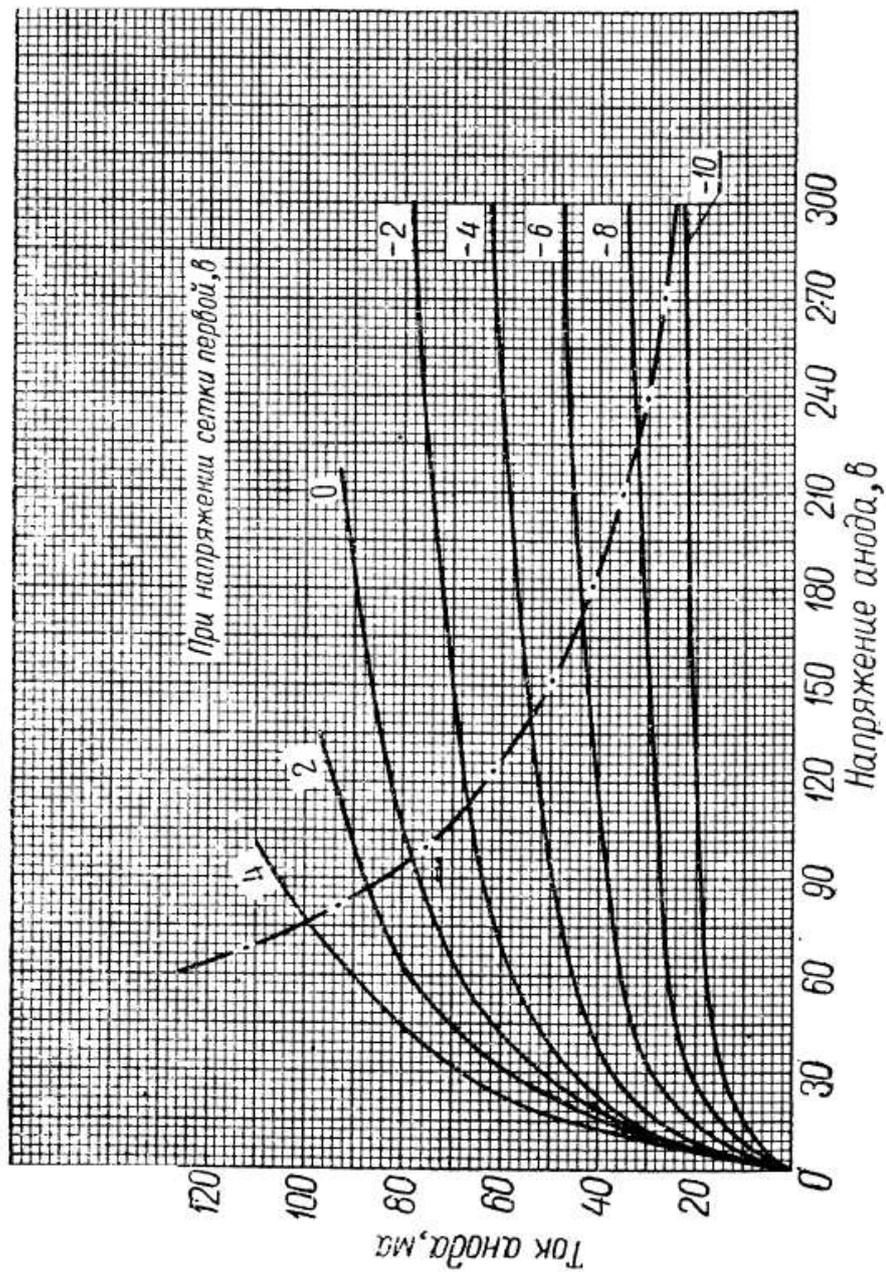
УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

— — — — — наибольшая допустимая мощность, рассеиваемая анодом

— — — — — Напряжение накала 4,2 в

— — — — — Напряжение сетки второй 150 в

— — — — — Напряжение сетки третьей 0



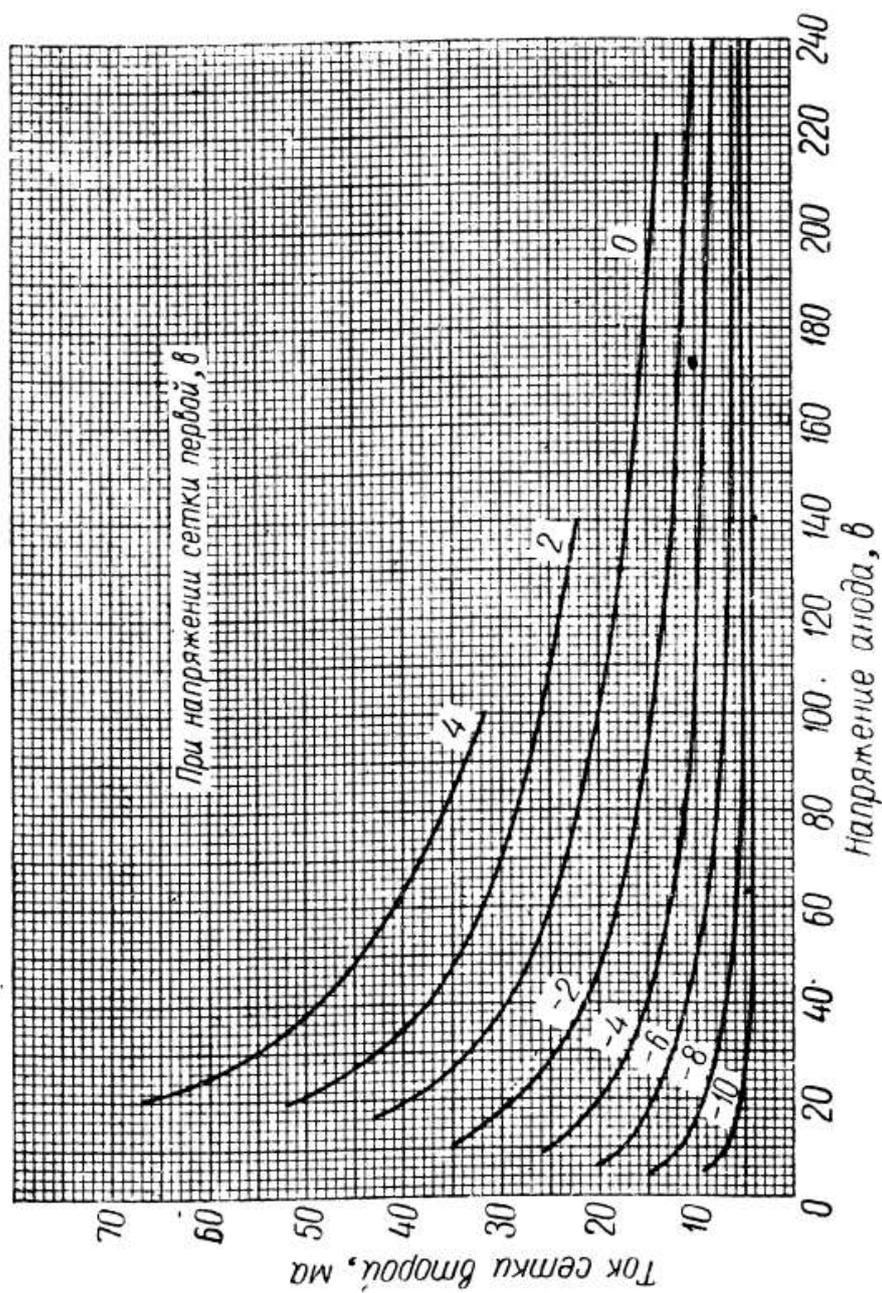
## УСРЕДНЕННЫЕ АНОДНО-СЕТОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

(по сетке второй)

Напряжение накала 4,2 в

Напряжение сетки второй 150 в

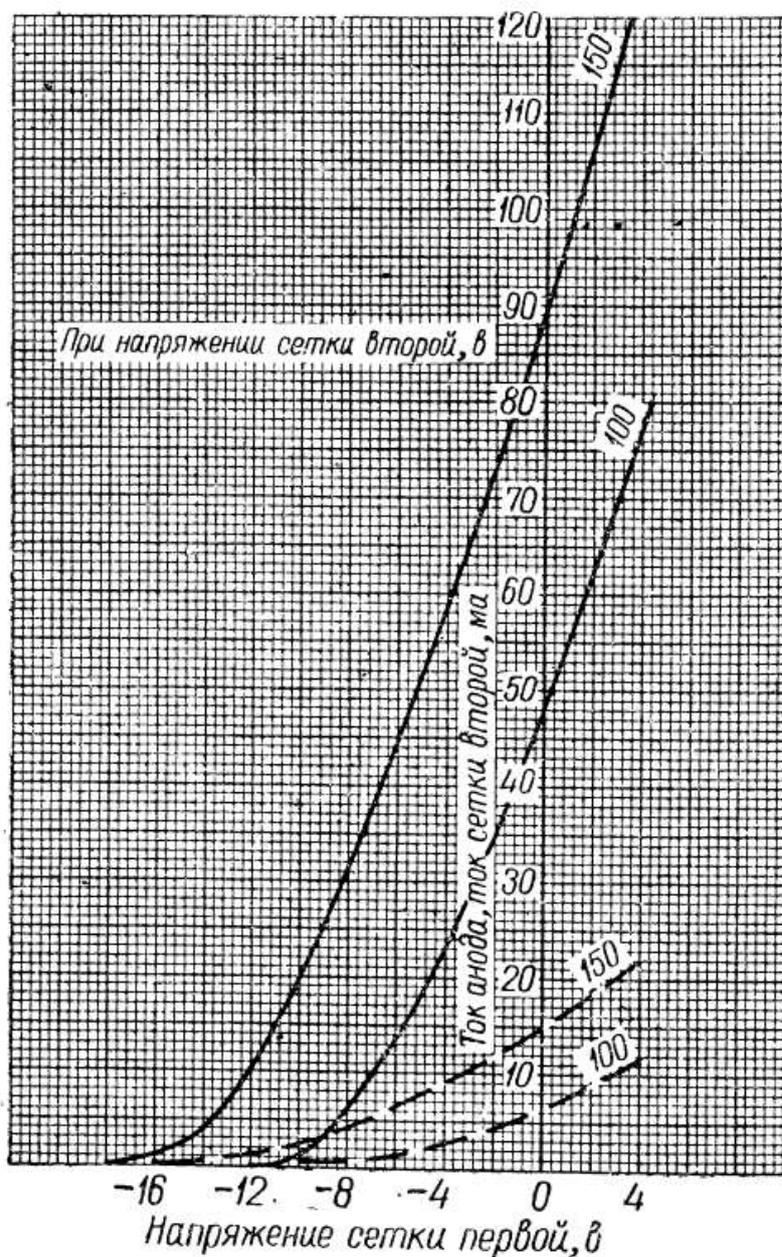
Напряжение сетки третьей 0



УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

— анодно-сеточные  
 - - - сеточные (по сетке второй)

Напряжение накала 4,2 в  
 Напряжение анода 200 в  
 Напряжение сетки третьей 0



## ОКОНЕЧНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ 4Ж1Л + 4П1Л

### Основные характеристики:

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>Выходная мощность</b>  | <b>2,5-3 Ватта</b>     |
| <b>Чувствительность</b>   | <b>0,2-0,3 Вольта</b>  |
| <b>Приведенное сопротивление первичной обмотки выходного трансформатора</b> | <b>5 кОм</b>           |
| <b>Сопротивление нагрузки</b>   | <b>8, 16 Ом</b>        |
| <b>Полоса пропускания по уровню -1 дБ</b>                                   | <b>20 Гц-23000 кГц</b> |
| <b>Ток покоя выходного каскада</b>  | <b>35 мА</b>           |

Устройство представляет собой одноканальный 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.9):** 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.

Миллиамперметр, встроенный в цепь анода выходной лампы, необходим для контроля и регулировки тока покоя выходного каскада. Его можно исключить их схемы (рис.10), 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  $U_{пад} = 0.035 * 300 = 10.5$  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 ( $R_a = 5$ кОм)

1. Броневого сердечник сечением 25x25 от трансформатора **ОСМ-0,063**
2. Первичная обмотка содержит **4000** витков провода ПЭЛ диаметром **0.18** мм
3. Вторичная обмотка содержит **180** 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/м<sup>2</sup> . 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 ( $R_a = 5 \text{ кОм}$ )

1. Броневой сердечник сечением 25x40 от трансформатора **ОСМ-0,1**
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.4) и схема укладки обмоток(рис.5) для обоих трансформаторов одинаковы:

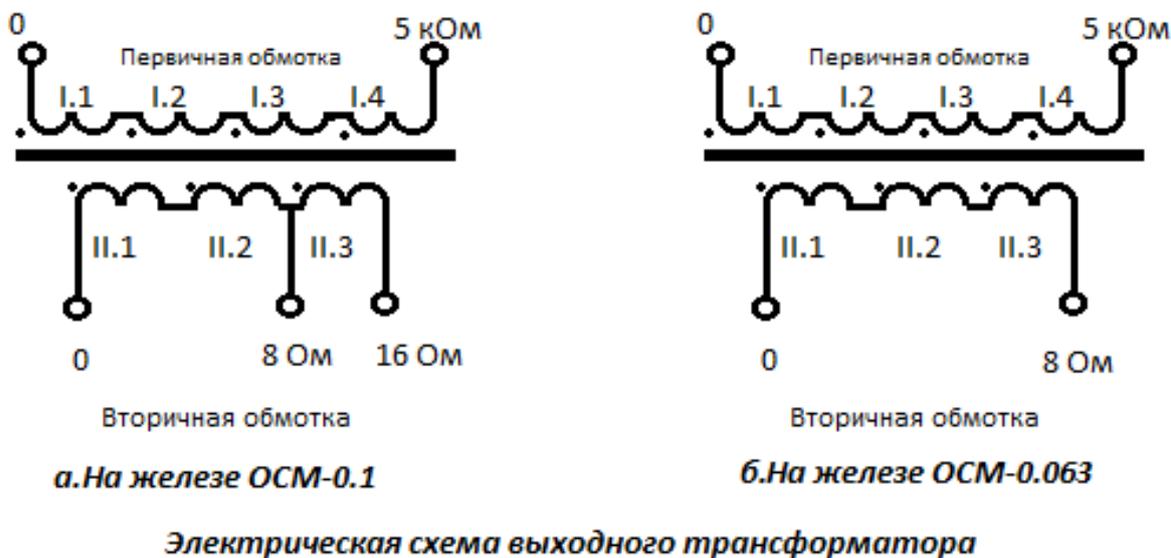
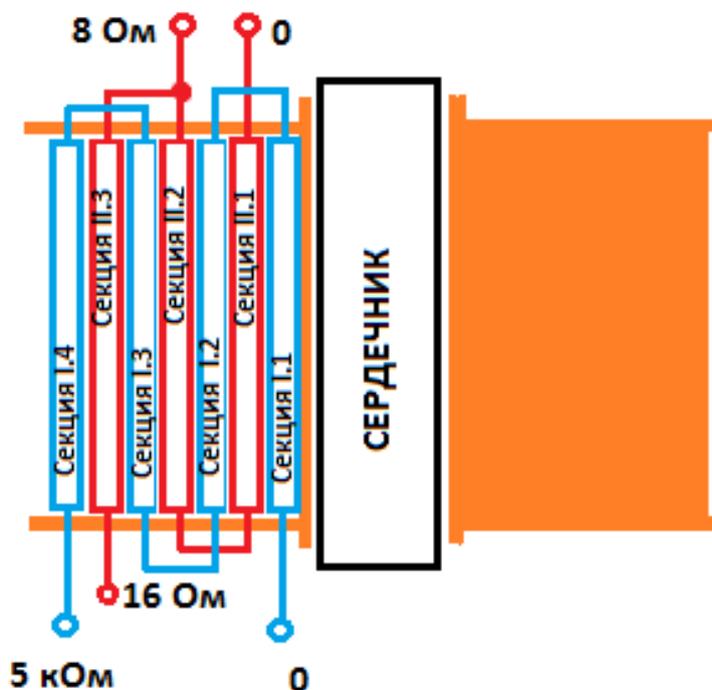


Рис.4

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



**Порядок укладки секций выходного трансформатора.**  
 Синим цветом обозначена первичная обмотка, красным - вторичная

Рис.5

## ТРАНСФОРМАТОР ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

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

1. двухполупериодную обмотку с напряжением 2x220 В при токе не менее 35 мА. Либо обмотку 220 В при токе не менее 50 мА для мостового выпрямителя (кенотрон+ два ультрафаст диода).
2. Обмотку для однополупериодного выпрямителя 180 В при токе 10 мА (по нижнему плечу потребление составляет 7 мА)
3. 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. Ниже приводятся характеристики

### Трансформатора ТАН-21-127/220-50

Сердечник: ШЛ20x25

Мощность: 50 Вт

Ток первичной обмотки: 0,5/0,29 А

Масса: 1,45 кг

| 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

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.

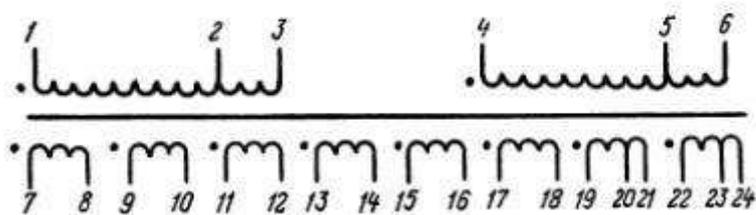
При использовании трансформаторов ТАН21-127/220 на 127 В необходимо:

- 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:

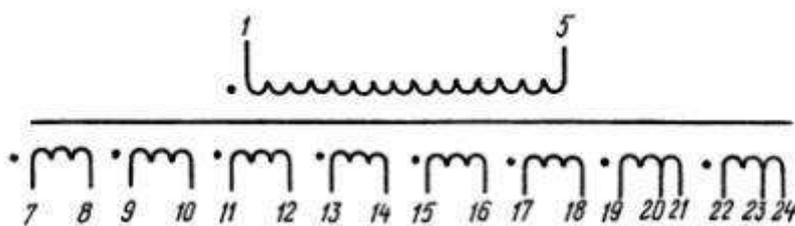
- соединить выводы 2 и 4;
- подать напряжение 220 В на выводы 1 и 5.

[www.mariklab.ru](http://www.mariklab.ru)



*Электрическая принципиальная схема анодно-накального трансформатора ТАН21 на 50 Гц, 127/220 В*

[www.mariklab.ru](http://www.mariklab.ru)



*Электрическая принципиальная схема анодно-накального трансформатора ТАН21 на 50 Гц, 220 В*

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.

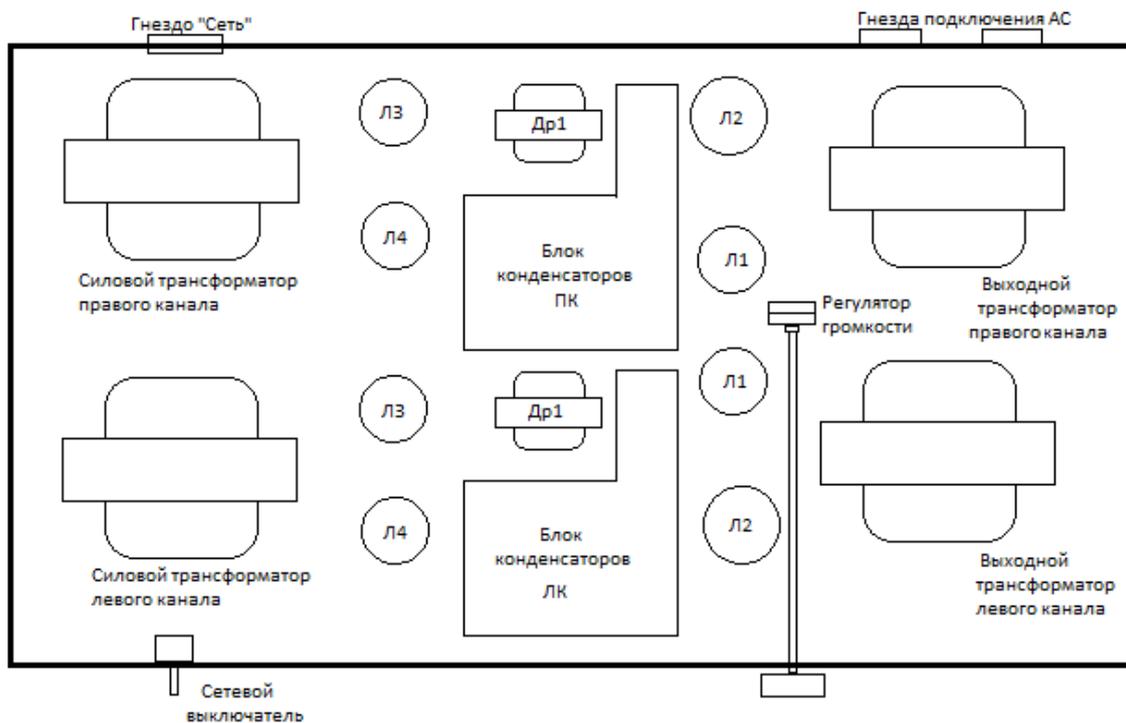
3. Дроссели промышленные Д40. Также в качестве дросселей можно использовать первичную обмотку трансформаторов ТВЗ1-9, ТВЗ-Ш, ТВК-90, ТВК-110. Либо изготовить самостоятельно.

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 крупицам, 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. 6). Такое расположение основных узлов позволяет максимально разнести между собою силовые и выходные трансформаторы, что для одноконтурных 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.



**Авторский вариант конструкции усилителя**

**Рис.6**



**Рис.7**

**4П1Л и панельки к ней**

## ВАЖНО!!!

### ПОРЯДОК НАСТРОЙКИ УСИЛИТЕЛЯ

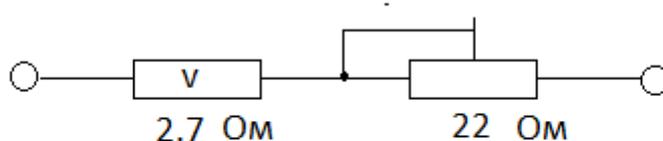
Настройка усилителя с непосредственными связями при наличии прямонакальных ламп производится в два этапа. Первой этап – настройка напряжений накала прямонакальных ламп. Второй этап - настройка тока покоя ламп выходного каскада.

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 установить цепочку из последовательно соединенных постоянного и переменного резисторов (рис.8). Сопротивление постоянного резистора 2.7 Ом, переменного до 22 Ом. Установить переменный резистор в положение максимального сопротивления.



**Принципиальная схема цепочки, замещающей R11**

**Рис.8**

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:

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

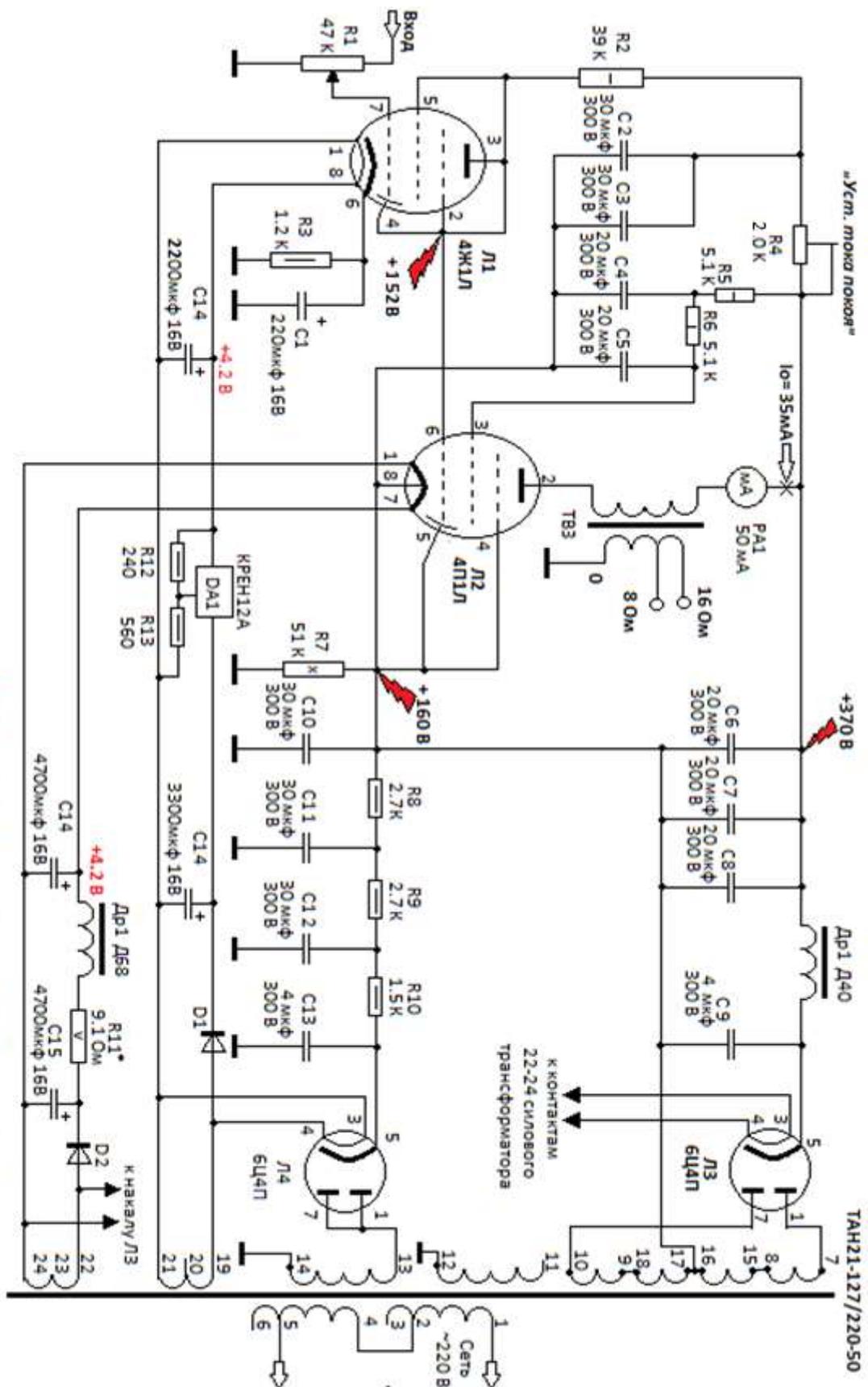
На этом регулировка завершена. По мере старения лампы (уменьшения тока эмиссии катода) усилитель можно подстраивать до определенного предела.

### Отступление про СТЕРЕО вариант (рис.11)

Если оба канала усилителя предполагается питать от одного трансформатора, то необходимо, чтобы вторичная обмотка трансформатора 2x220 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.

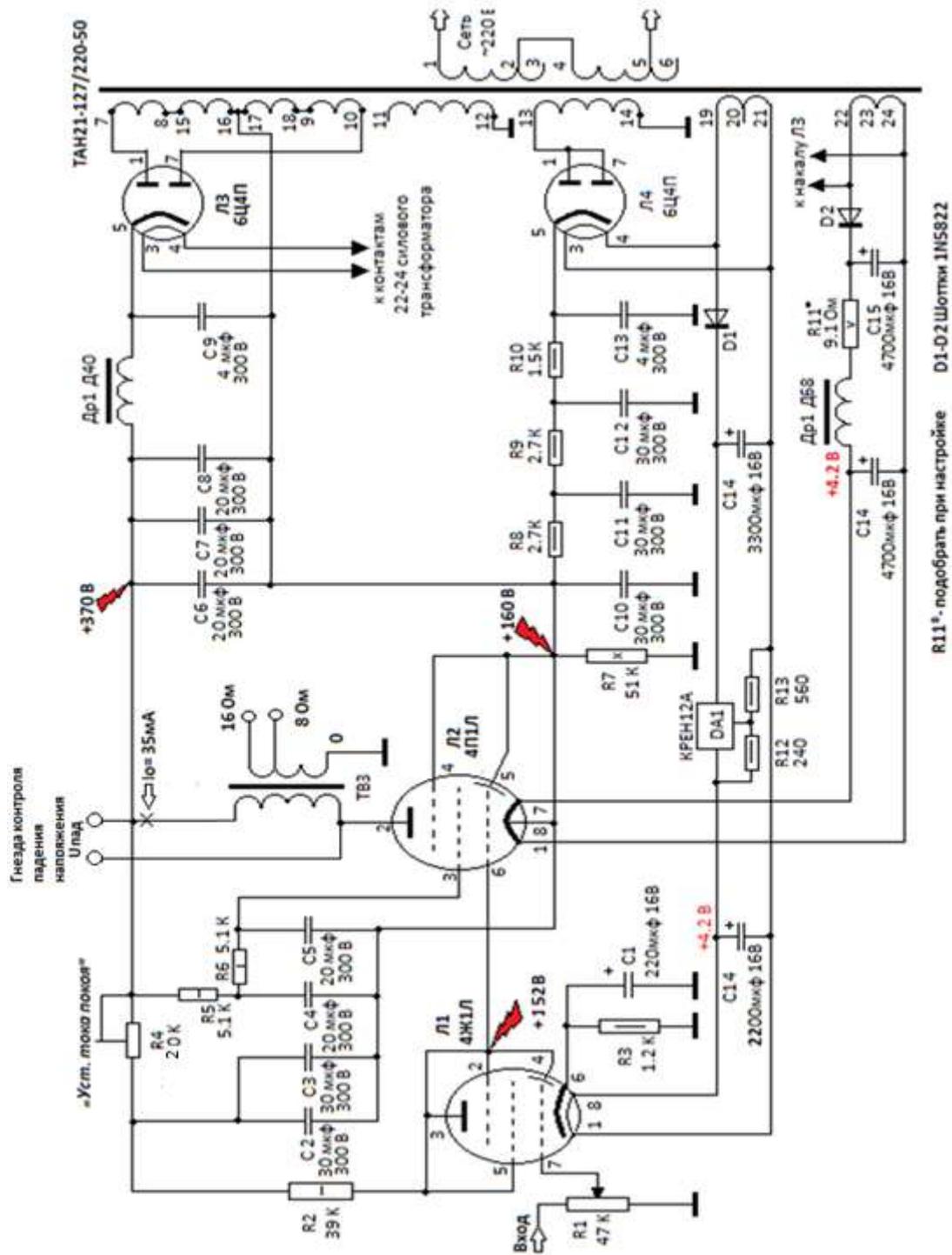
Нижнее плечо источника питания общее для обоих каналов, к его выходу +160 Вольт подключаются катоды обеих ламп выходного каскада. Соответственно потребление по нижнему плечу источника питания увеличивается до 11 мА, поэтому номиналы резисторов фильтра питания нижнего плеча необходимо изменить.

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.



Принципиальная схема усилителя с блоком питания на основе трансформатора ТАН21-127/220-50  
 (Напряжения +152,+160 и +370 Вольт измерены относительно общего провода)  
 R11\* - подобрать при настройке D1-D2 Шоттки 1NS822

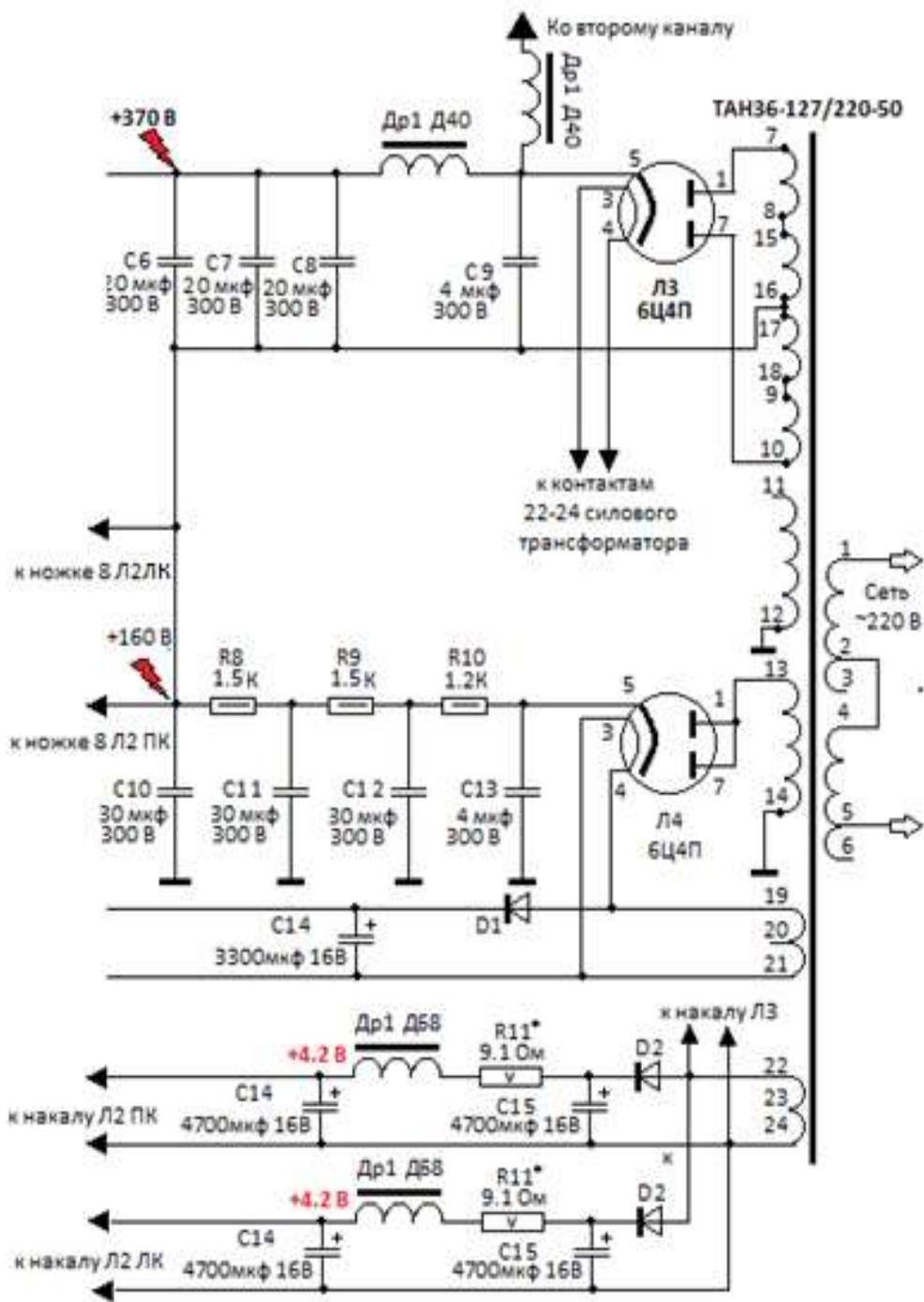
Рис.9



R11\* - подобрать при настройке D1-D2 Шоттки 1N5822

Принципиальная схема усилителя с гнездами контроля падения напряжения тока покоя

Рис.10



*Вариант организации питания стерео усилителя от одного трансформатора*

**Рис.11**

## Перейдем к рассмотрению лампы

ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД

12П17Л

По техническим условиям ЧТУ 11-419—63,  
согласованным с генеральным заказчиком

**Основное назначение** — генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты (до 120 Мгц).

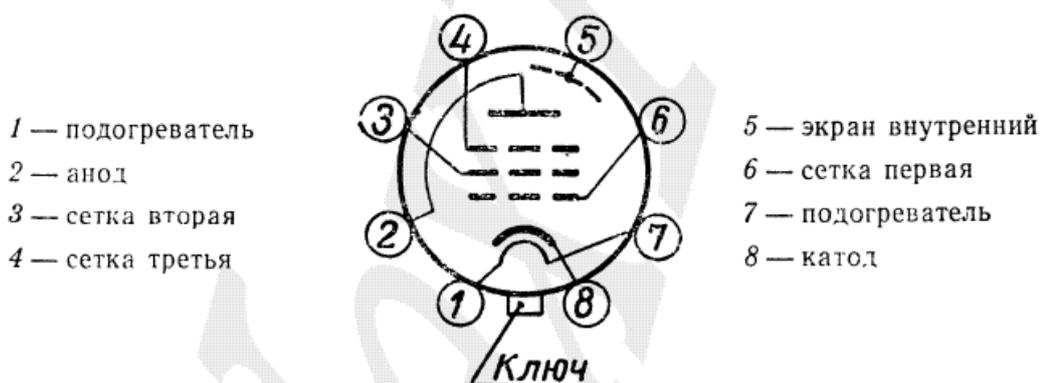
### ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Катод — оксидный косвенного накала.

Оформление — стеклянное.

Вес наибольший . . . . . 50 г

### СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ



### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

|  |                 |
|--|-----------------|
| Напряжение накала ( $\sim$ или $=$ ) . . . . .                         | 12,6 в          |
| Ток накала . . . . .   | $325 \pm 25$ ма |
| Напряжение анода ( $=$ ) . . . . .                                     | 150 в           |
| Напряжение сетки второй ( $=$ ) . . . . .                              | 150 в           |
| Напряжение сетки третьей ( $=$ ) . . . . .                             | 0               |
| Напряжение сетки первой ( $=$ ) . . . . .                              | минус 7 в       |
| Ток анода . . . . .  | $35 \pm 10$ ма  |
| Ток анода в начале характеристики $\Delta$ . . . . .                   | не более 3 ма   |
| Ток анода при напряжении сетки третьей минус 40 в $\diamond$ . . . . . | $10 \pm 5$ ма   |

|  |   |
|--|---|
| Ток сетки второй:  |   |
| для 90% ламп . . . . .   | не более 6 <i>ма</i>                            |
| для 10% ламп . . . . .   | не более 8 <i>ма</i>                            |
| Выходная мощность □ . . . . .  | не менее 4,4 <i>вт</i>                          |
| Выходная мощность при напряжении накала<br>10,8 <i>в</i> . . . . .     | не менее 3 <i>вт</i>                            |
| Крутизна характеристики . . . . .                                      | 7,7 <sup>+1,8</sup> <sub>-1,7</sub> <i>ма/в</i> |
| Проницаемость в триодном соединении ○ . . . . .                        | 8,5±2,5   |
| Напряжение виброшумов * . . . . .                                      | не более 300 <i>мв</i> (эфф.)                   |
| Долговечность (при годности 90%) . . . . .                             | не менее 2000 <i>ч</i>                          |
| Критерии долговечности:  |   |
| выходная мощность □ . . . . .  | не менее 3,5 <i>вт</i>                          |
| выходная мощность при напряжении нака-<br>ла 10,8 <i>в</i> □ . . . . . | не менее 2,6 <i>вт</i>                          |

△ При напряжении сетки первой минус 18 *в*.

◇ При напряжении сетки первой минус 7 *в*.

□ При напряжении анода 200 *в*, напряжении сетки первой минус 20 *в*, напряжении сетки третьей 15 *в*, переменном напряжении сетки первой 19 *в* (эфф.), частоте колебаний 70 *Мгц*.

○ При токе анода 35 *ма*.

\* На сопротивлении в цепи анода 2 *ком*, при вибрации с частотой 10—70 *гц* и ускорением 2,5 *г*.

#### МЕЖДУЭЛЕКТРОДНЫЕ ЕМКОСТИ

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Входная . . . . .   | 9,3±1,1 <i>пф</i>       |
| Выходная . . . . .  | 8,5±1,5 <i>пф</i>       |
| Проходная . . . . . | не более 0,04 <i>пф</i> |

#### ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

|   |               |
|---|---------------|
| Напряжение накала (≈ или =):  |               |
| наибольшее . . . . .  | 14 <i>в</i>   |
| наименьшее . . . . .  | 11,4 <i>в</i> |
| Наибольшее напряжение анода (=) . . . . .   | 250 <i>в</i>  |
| Наибольшее напряжение анода при включении<br>на холодную лампу (=) . . . . .        | 300 <i>в</i>  |
| Наибольшее напряжение сетки второй (=)  | 250 <i>в</i>  |
| Наибольшее напряжение сетки второй при<br>включении на холодную лампу (=) . . . . . | 300 <i>в</i>  |
| Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом  | 7,5 <i>вт</i> |
| Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой<br>второй . . . . .                        | 2 <i>вт</i>   |

ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД

12П17Л

|   |                |
|---|----------------|
| Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой первой . . . . . | 0,1 <i>вт</i>  |
| Наибольший ток катода:                                    |                |
| среднее значение . . . . .                                | 60 <i>ма</i>   |
| пиковое значение . . . . .                                | 250 <i>ма</i>  |
| Наибольшее сопротивление в цепи сетки первой . . . . .    | 0,5 <i>Мом</i> |
| Наибольшее сопротивление в цепи сетки третьей . . . . .   | 0,1 <i>Мом</i> |
| Наибольшая частота . . . . .                              | 120 <i>Мгц</i> |
| Время разогрева катода . . . . .                          | 30 <i>сек</i>  |

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

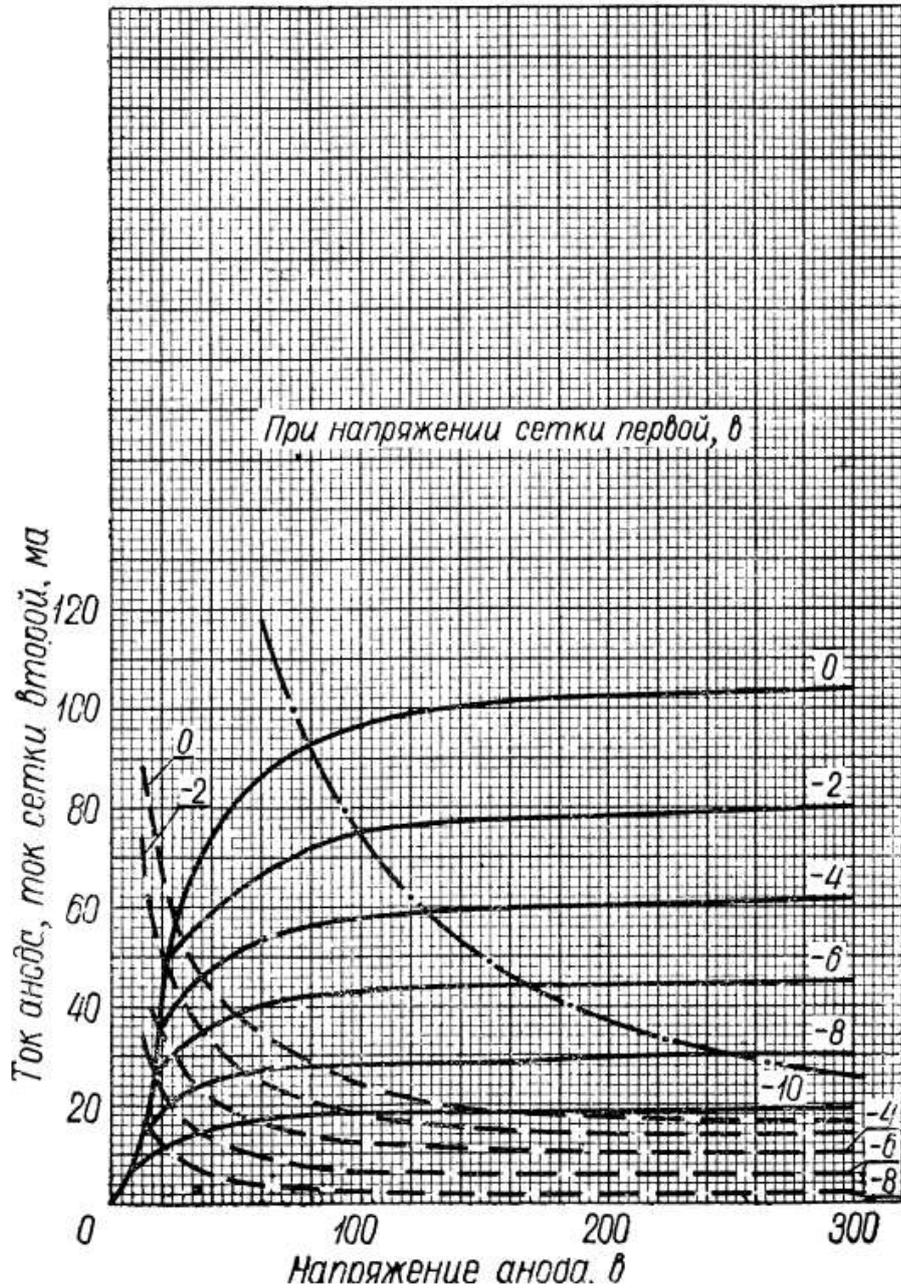
|  |                      |
|--|----------------------|
| Температура окружающей среды:                            |                      |
| наибольшая . . . . .                                     | плюс 70° С           |
| наименьшая . . . . .                                     | минус 60° С          |
| Относительная влажность при температуре 20° С . . . . .  | 95—98%               |
| Наименьшее давление окружающей среды . . . . .           | 18 <i>мм рт. ст.</i> |
| Вибропрочность . . . . .                                 | 5 <i>g</i>           |
| Виброустойчивость . . . . .                              | 2,5 <i>g</i>         |
| Гарантийный срок хранения в складских условиях . . . . . | 3 года               |

По техническим условиям СБЗ.308.007 ТУ

|  |   |
|--|---|
| Ток анода . . . . .  | 38 <sup>+12</sup> <sub>-13</sub> <i>ма</i>      |
| Ток анода при напряжении сетки третьей минус 40 <i>в</i> . . . . .                             | 11 ± 5 <i>ма</i>                                |
| Ток сетки второй . . . . .   | не более 10 <i>ма</i>                           |
| Крутизна характеристики . . . . .  | 7,9 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,9</sub> <i>ма/в</i> |
| Напряжение виброшумов при вибрации с частотой 50 <i>гц</i> и ускорением 2,5 <i>g</i> . . . . . | не более 500 <i>мв (эфф.)</i>                   |
| Критерий долговечности:  |   |
| выходная мощность . . . . .  | не более 3,5 <i>вт</i>                          |
| Относительная влажность при температуре 40° С . . . . .  | 95—98%  |

УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- анодные
  - - - сеточно-анодные (по сетке второй)
  - · - · - · наибольшая допустимая мощность, рассеиваемая анодом
- Напряжение накала 12,6 в  
 Напряжение сетки второй 150 в  
 Напряжение сетки третьей 0



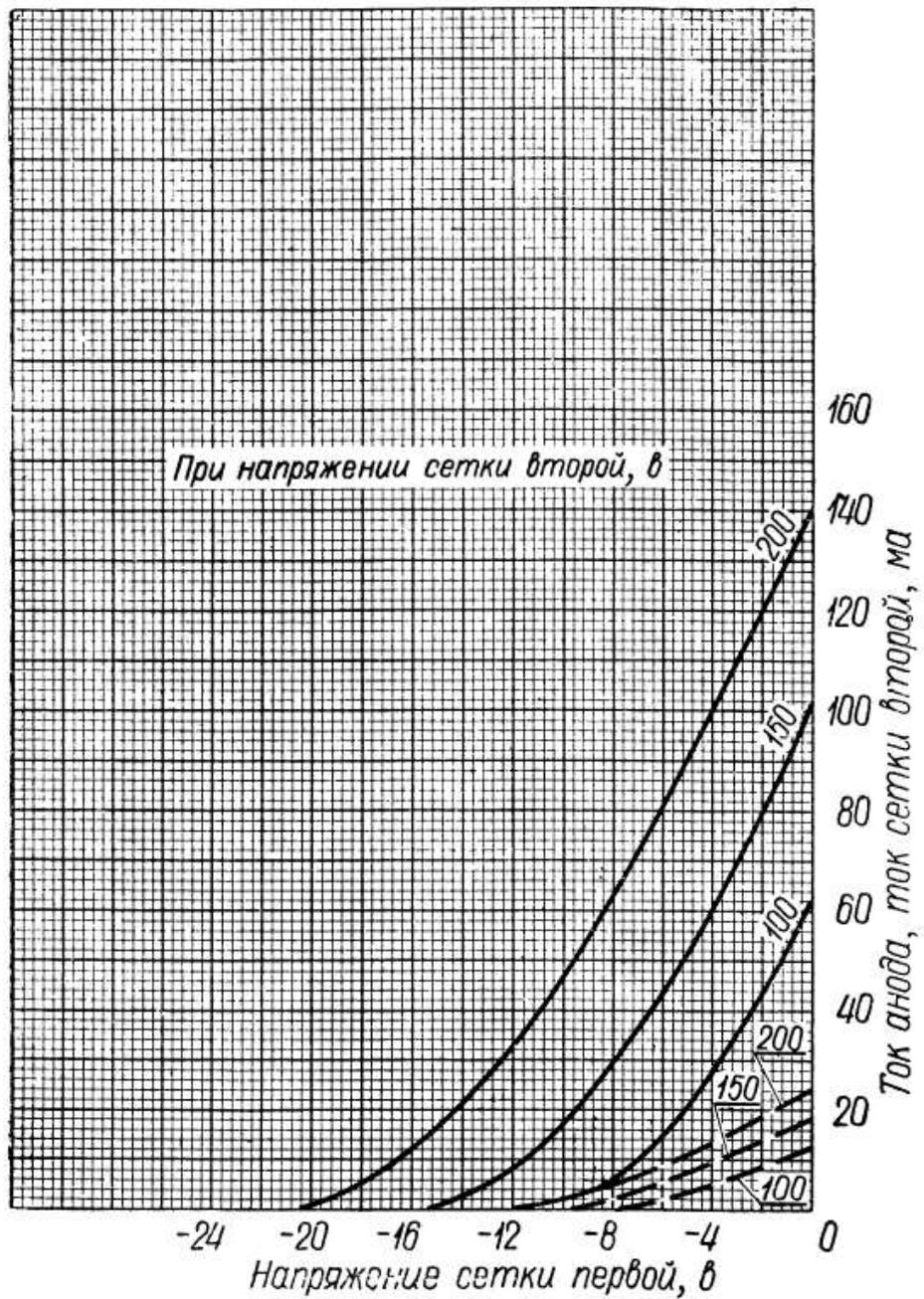
## УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- анодно-сеточные  
 - - - сеточные (по сетке второй)

Напряжение накала 12,6 в

Напряжение анода 250 в

Напряжение сетки третьей 0



## 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

(Рис.12)

Вариант №1 ( $R_a = 4 \text{ кОм}$ )

1. Броневой сердечник сечением 25x25 от трансформатора **ОСМ- 0,063**
2. Первичная обмотка содержит **3800** витков провода ПЭЛ диаметром **0.18 мм**
3. Вторичная обмотка содержит **189** витков провода ПЭЛ диаметром **0.63 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/м<sup>2</sup> . 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.

### Вариант №2 ( $R_a = 4 \text{ кОм}$ )

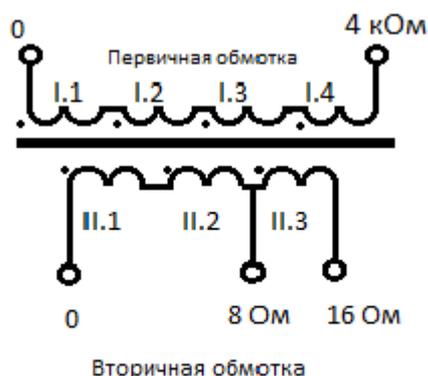
1. Броневого сердечник сечением 25x40 от трансформатора **ОСМ-0,1**
2. Первичная обмотка содержит **3000** витков провода ПЭЛ диаметром **0.18 мм**
3. Вторичная обмотка содержит **215** витков провода ПЭЛ диаметром **0.6 мм**

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.



*Электрическая схема выходного трансформатора*

#### Рис.12

**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

#### (Рис.13)

В целом принципиальная схема 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 воспрещает использовать в источнике питания два трансформатора: анодный и накальный (рис.14). 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.

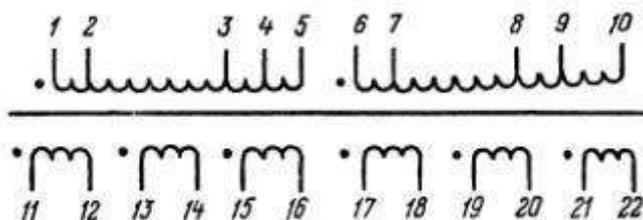
При использовании трансформаторов ТА25-127/220 на 127 В необходимо:

- 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:

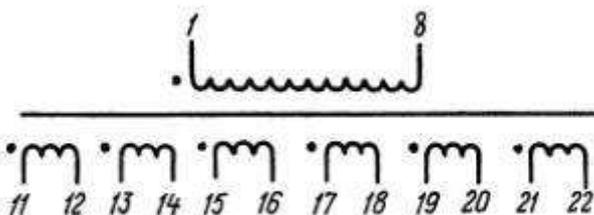
- соединить выводы 2 и 6;
- подать напряжение 220 В на выводы 1 и 8.

[www.radiolibrary.ru](http://www.radiolibrary.ru)



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

[www.radiolibrary.ru](http://www.radiolibrary.ru)



*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.

### **И трансформатор питания накальных цепей 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:

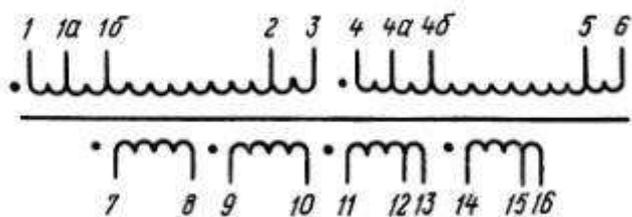
- между выводами 1 и 1а, 4 и 4а - 3,2 В;
- между выводами 1 и 1б, 4 и 4б - 6,3 В;
- между выводами 1 и 2, 4 и 5 - 110 В;
- между выводами 1 и 3, 4 и 6 - 127 В.

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

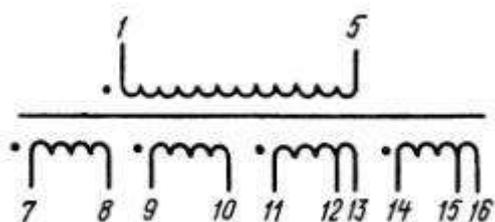
- соединить выводы 1 и 4, а также 3 и 6;
- подать напряжение 127 В на выводы 1 и 3.

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 ТНЗ6-127/220-50*

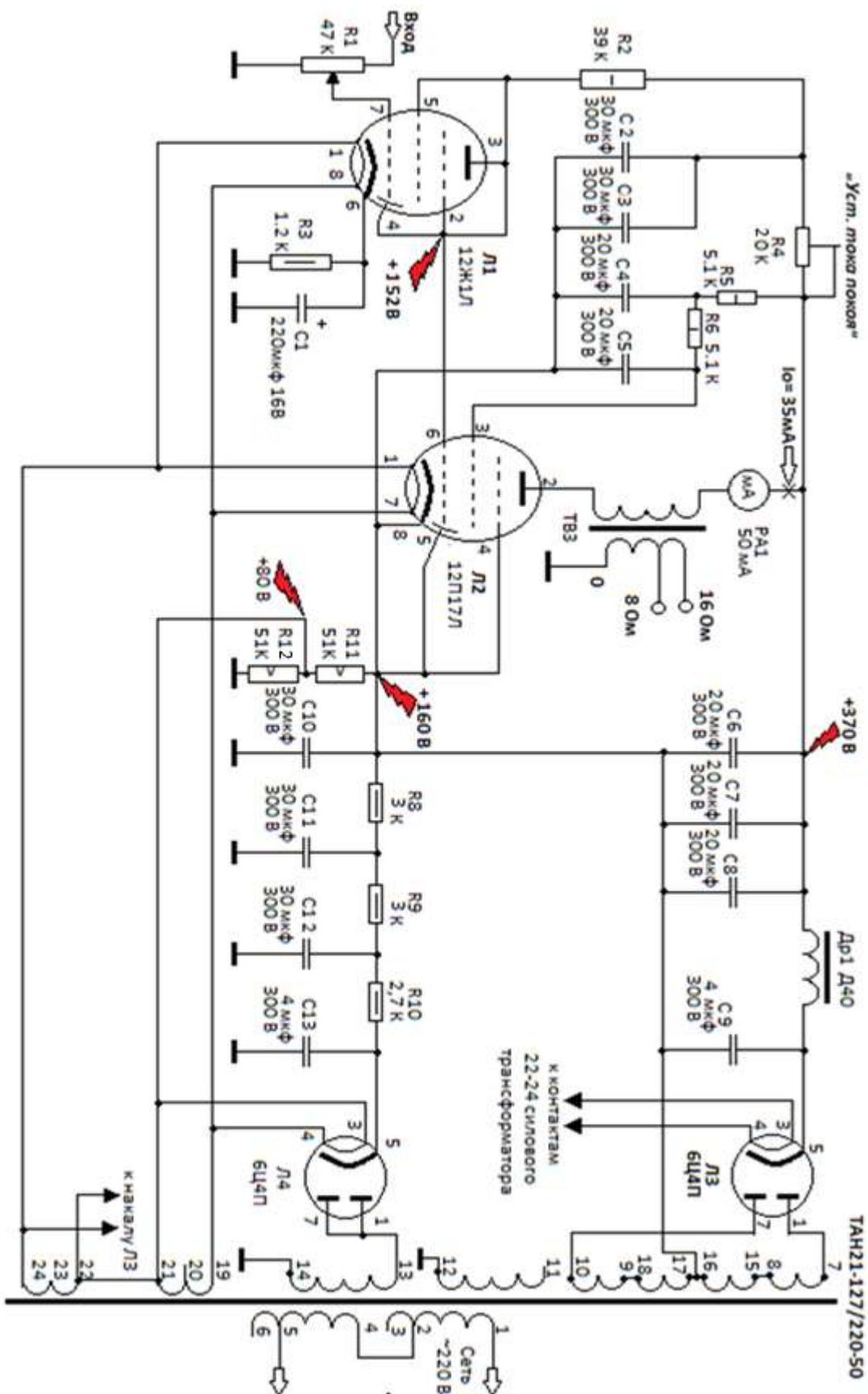


*Электрическая принципиальная схема  
накального трансформатора ТНЗ6-220-50*

В трансформаторах ТНЗ6 возможно параллельное согласное соединение вторичных обмоток для увеличения их нагрузочной способности.

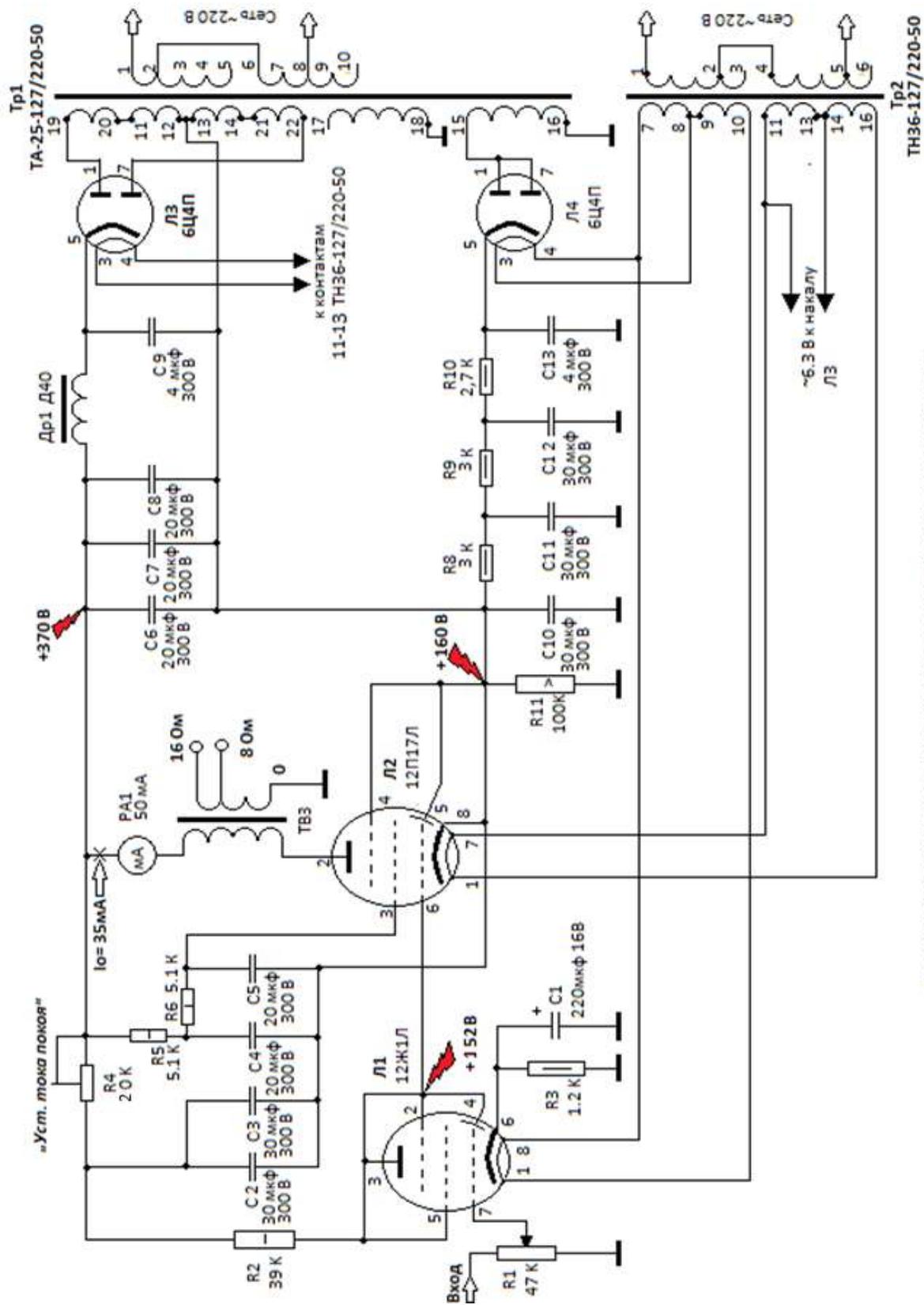
## ДЕТАЛИ, МОНТАЖ И РЕГУЛИРОВКА УСИЛИТЕЛЯ

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.**



Принципиальная схема усилителя с блоком питания на основе трансформатора ТАН21-127/220-50  
(Напряжения +152, +160 и +370 Вольт измерены относительно общего провода)

Рис. 13



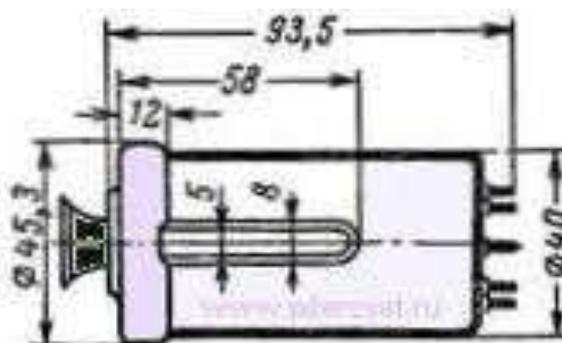
Принципиальная схема усилителя с трансформаторами ТА и ТН

Рис. 14

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 ).



*Вот так выглядит это чудо советской техники*



Габаритный чертеж ГУ-15

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

**«ОСКОЛКИ ИМПЕРИИ».**

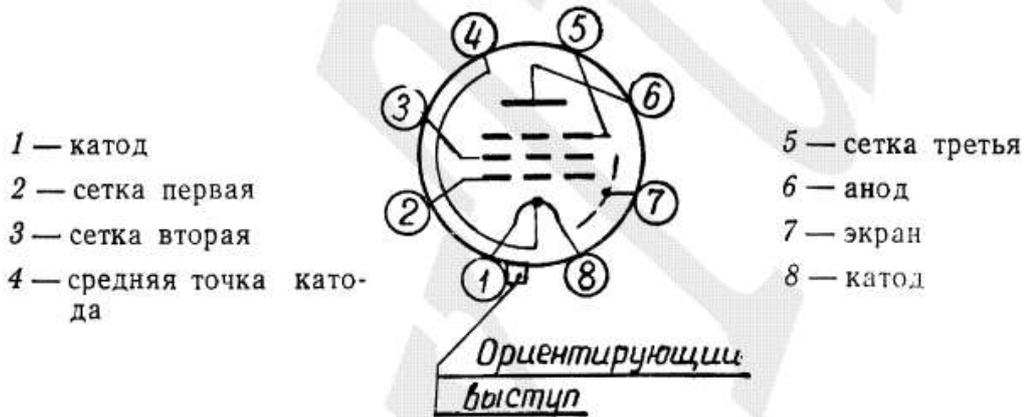
По техническим условиям ЧТУ 11.404.52

**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**



**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

|  |                        |
|--|------------------------|
| Напряжение накала ( $\sim$ или $=$ ) . . . . . | 4,4 в                  |
| Ток накала . . . . .                           | $0,68 \pm 0,06$ а      |
| Напряжение анода ( $=$ ) . . . . .             | 220 в                  |
| Напряжение сетки третьей . . . . .             | 0                      |
| Напряжение сетки второй ( $=$ ) . . . . .      | 200 в                  |
| Напряжение сетки первой ( $=$ ) . . . . .      | минус $14_{-5}^{+5}$ в |
| Ток анода $\circ$ . . . . .                    | $90 \pm 30$ ма         |
| Ток сетки второй $\nabla$ . . . . .            | не более 7,5 ма        |
| Крутизна характеристики $\nabla$ . . . . .     | $4,7 \pm 1$ ма/в       |
| Обратный ток сетки первой $\nabla$ . . . . .   | не более 2 мка         |
| Колебательная мощность $\square$ :             |                        |
| при напряжении накала 4,4 в . . . . .          | не менее 12 вт         |
| »   »   »   4 в . . . . .                      | не менее 9,6 вт        |
| Время готовности . . . . .                     | не более 5 сек         |

Долговечность . . . . . не менее 1000 ч

Критерии долговечности:

колебательная мощность:

при напряжении накала 4,4 в . . . . . около 9 вт  
 при напряжении накала 4 в . . . . . около 7,5 вт

○ При напряжениях анода и сетки второй 160 в.

▽ При токе анода 60 ма.

□ При напряжении анода 350 в, отрицательном напряжении сетки первой 25 в, переменном напряжении сетки первой 26 в (эфф.), токе сетки первой около 3 ма и токе сетки второй около 13 ма, токе катода 85 ма и длине волны 50 м.

**МЕЖДУЭЛЕКТРОДНЫЕ ЕМКОСТИ**

Входная . . . . . 10,5 ± 1,5 пф  
 Выходная . . . . . 12,5 ± 2 пф  
 Проходная . . . . . не более 0,16 пф

**ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ**

Включение подогревателей:

параллельное      последовательное

Напряжение накала (~ или =), в:

наибольшее . . . . . 2,4      4,8  
 наименьшее . . . . . 2      4

Наибольшее напряжение анода (=), в:

рабочее . . . . . 400  
 в момент включения . . . . . 700

Наибольшее напряжение сетки второй (=):

рабочее . . . . . 250 в  
 в момент включения . . . . . 500 в

Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом . . . . . 15 вт

Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой второй . . . . . 4 вт

Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой первой . . . . . 0,4 вт

Наибольший ток катода . . . . . 85 ма

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Температура окружающей среды:

наибольшая . . . . . плюс 70° С  
 наименьшая . . . . . минус 60° С

|   |          |
|---|----------|
| Относительная влажность при температуре<br>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<br>складских условиях . . . . .   | 3 года   |

По ТУ 11 ТД3.310.008 ТУ

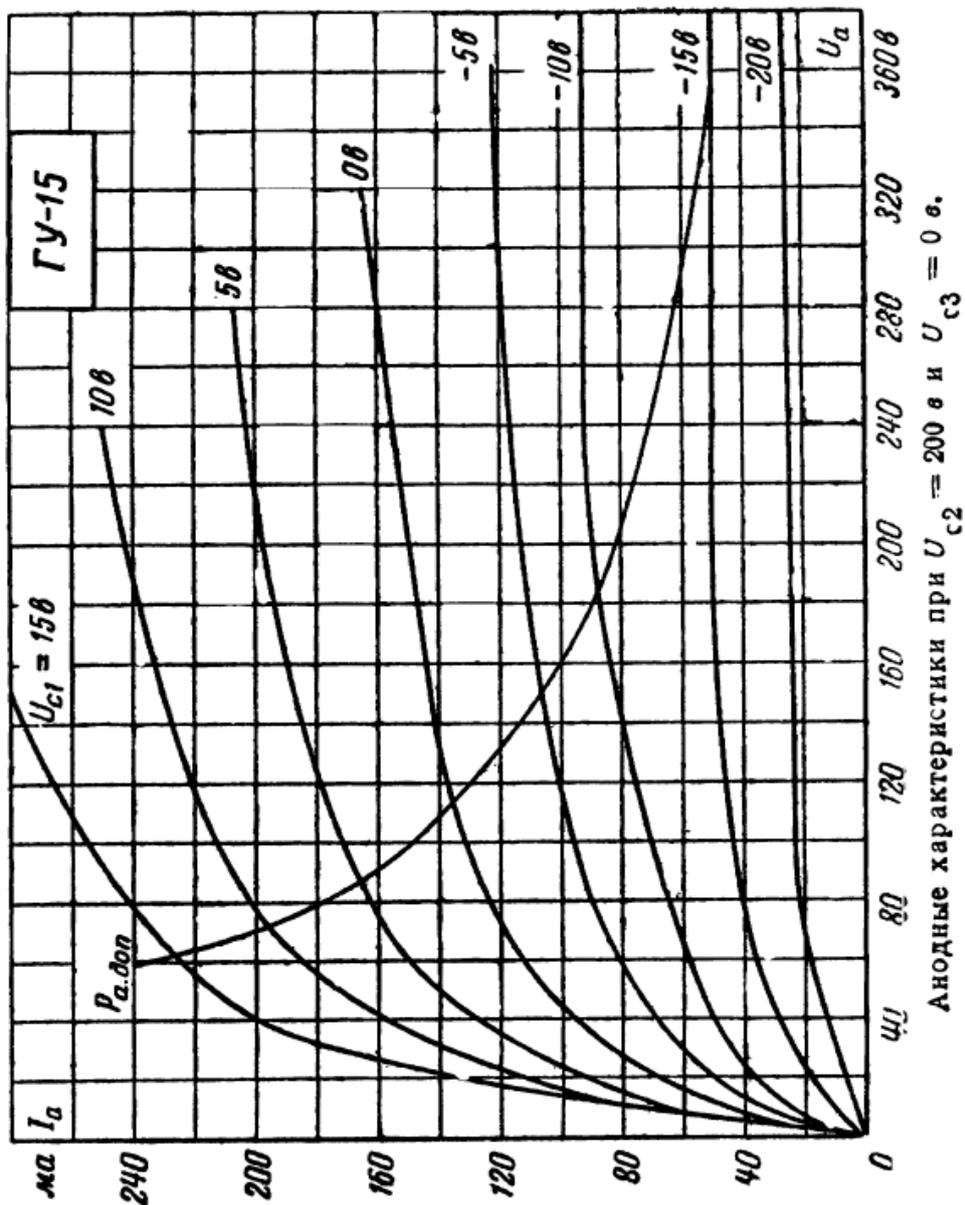
## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

|   |                 |
|---|-----------------|
| Ток накала . . . . .                      | 0,685±0,075 a   |
| 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<br>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.



Анодные характеристики при  $U_{c2} = 200$  в и  $U_{c3} = 0$  в.

## ОКОНЕЧНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ 4Ж1Л + ГУ-15

### Основные характеристики:

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>Выходная мощность</b>                          | <b>5</b>               |
| <b>Ватта</b>                                      |                        |
| <b>Чувствительность</b>                           | <b>0,8</b>             |
| <b>Вольты</b>                                     |                        |
| <b>Приведенное сопротивление</b>                  |                        |
| <b>первичной обмотки выходного трансформатора</b> | <b>2.5 кОм</b>         |
| <b>Сопротивление нагрузки</b>                     | <b>8, 16</b>           |
| <b>Ом</b>   |                        |
| <b>Полоса пропускания по уровню -1 дБ</b>         | <b>20 Гц-25000 кГц</b> |
| <b>Ток покоя выходного каскада</b>                | <b>65-70 мА</b>        |

Топология схемы данного усилителя (рис.16) 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 Вольты имеющей отвод от середины. Но накал кенотрона осуществляется непосредственно напряжением 6.3 Вольты, а 4Ж1Л через двухполупериодный выпрямитель на диодах Шоттки VD1 . Накал кенотрона производится от отдельной обмотки напряжением 5 Вольт 3 Ампера. Накал лампы ГУ-15 организован от отдельной обмотки 6.3 Вольты 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 Вольты устанавливается подбором гасящего резистора. В авторском варианте проволочный 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 Вольты для лампы 4Ж1Л придется получить используя микросхемный стабилизатор К142ЕН12А. Вот список подходящих для этих целей трансформаторов:

### **А. При использовании двух анодно-накальных трансформаторов (Рис.17)**

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. 18)**

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.** Броневого сердечник сечением 30x50 от трансформатора **ОСМ-0,3**

**2.** Первичная обмотка содержит **2400** витков провода ПЭЛ диаметром **0.25 мм**

**3.** Вторичная обмотка содержит **215** витков провода ПЭЛ диаметром **0.9 мм**. Сопротивление 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/м<sup>2</sup>. 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 диаметром **0.9 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.



*Электрическая схема выходного трансформатора*

**Рис.15**

## **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 Вольта 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

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

2. Пересчитать сопротивления в фильтре нижнего плеча источника питания с тем, чтобы на выходе получилось напряжение  $U_{\text{плеча}} = +160$  Вольт. Методика расчета следующая: Ток первого каскада  $I_1 = 4$  мА, ток через сопротивление  $R_7$   $I_n = 3$  мА при  $R_7 = 51$  кОм или  $1,5$  мА при  $R_7 = 100$  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  $R_{\text{сумм}}$  фильтра нижнего плеча составит

3.  $R_{\text{сумм}} = (U \times 1.27 - 20) / (I_1 + I_n)$  или

$R_{\text{сумм}} = (U \times 1.27 - 20) / 0.007$  для  $R_7 = 51$  кОм

$R_{\text{сумм}} = (U \times 1.27 - 20) / 0.0055$  для  $R_7 = 100$  кОм

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



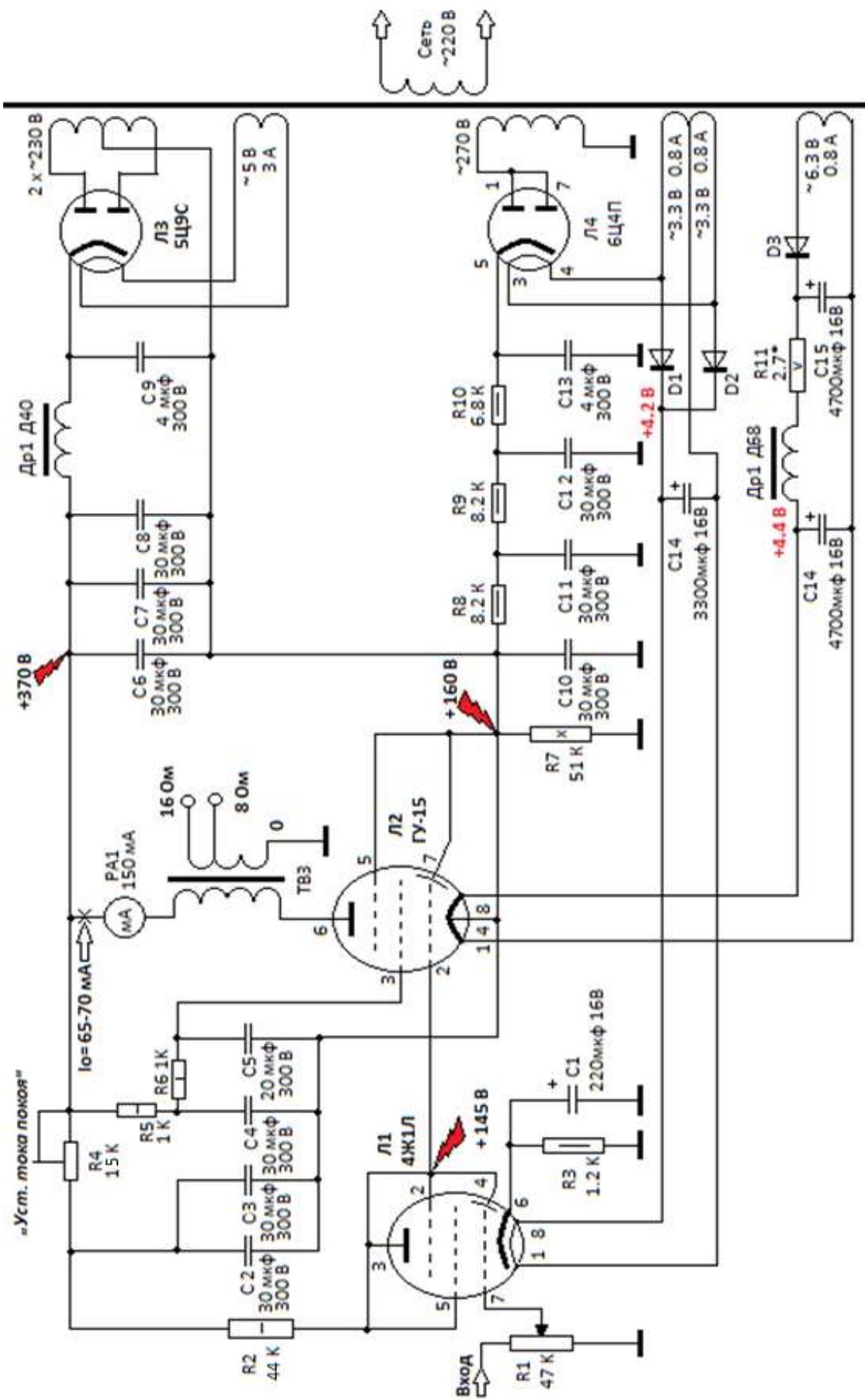
Резистор типа ПТМН



Резисторы типа МРХ



Резистор типа С5-5

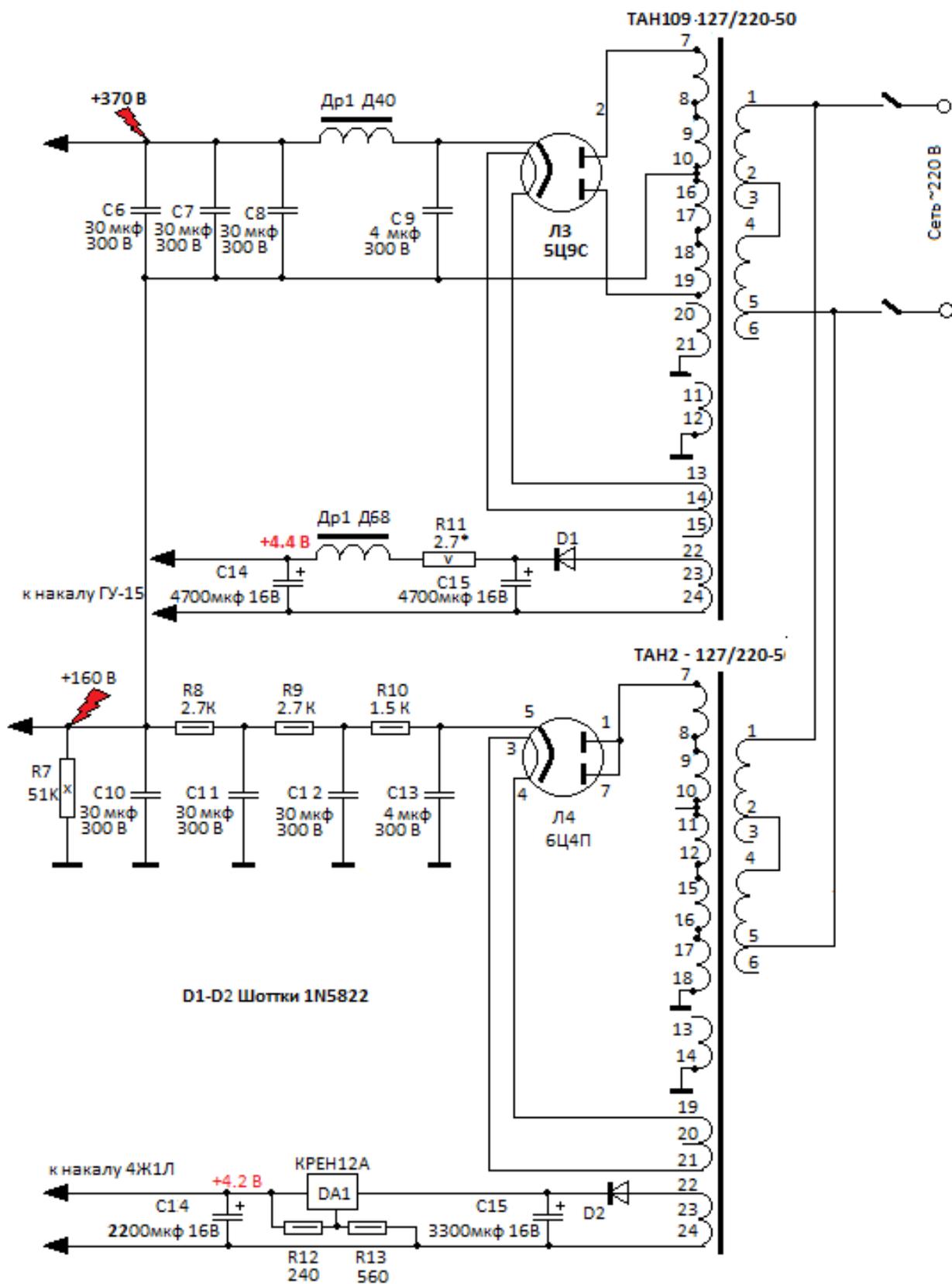


D1-D3 Шоттки 1N5822

Принципиальная схема усилителя с блоком питания на основе трансформатора ТС-200

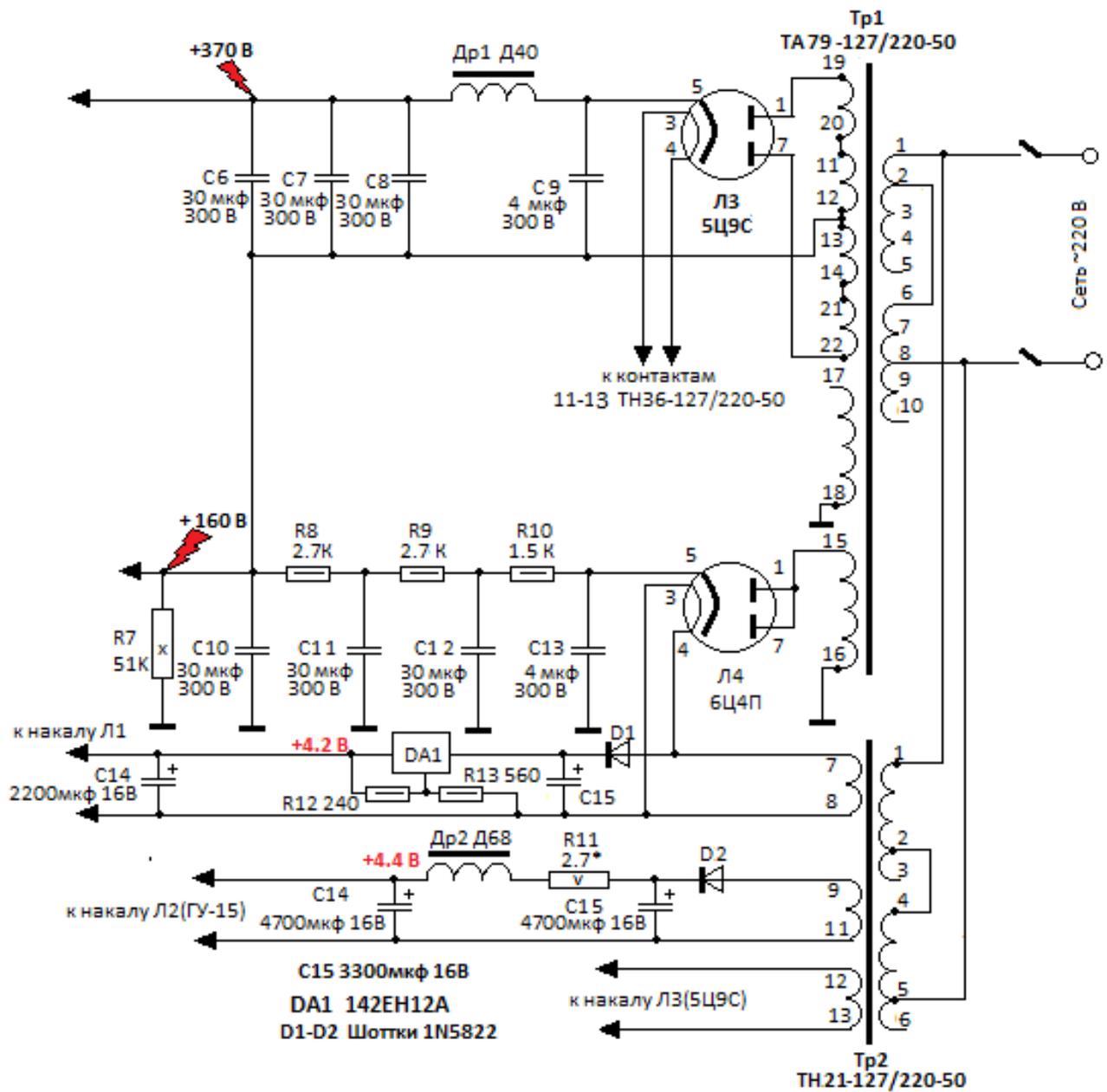
(Наряжения +145, +160 и +370 Вольт измерены относительно общего провода)

Рис. 16



*Вариант источника питания на двух трансформаторах типа ТАН*

Рис. 17



*Вариант источника питания на трансформаторах ТА и ТН*

**Рис. 18**

## 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.

### 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:**

$U_{пит1}=310$  В,  $U_a=150$  В,  $U_{см}=5$  В,  $I_a=4$  мА,  $R_n=R_2=40$  кОм мощностью не менее  $160$  В $\cdot$ 0,004 А = 0,64 Вт. Берем стандартный резистор величиной 39 кОм мощностью 1 Вт. Катодный резистор  $R_3 = U_{см}/I_a = 5/0,004 = 1250$  Ом. Берем стандартный резистор величиной 1.2 кОм мощностью 0.5 Вт.

Итак, получаем

$$R_2=39 \text{ кОм } 1 \text{ Вт}$$

$$R_3=1.2 \text{ кОм } 0.5 \text{ Вт};$$

#### Второй каскад

**12П17Л в штатном включении:**

$$U_a=200 \text{ В}, U_{с2}= 150 \text{ В}, U_{см}=8 \text{ В}, I_a=35 \text{ мА}, R_n=4 \text{ кОм}.$$

Где  $U_{пит1}$ - напряжение питания первого каскада

$U_a$ - напряжение на аноде

$U_{см}$ - напряжение смещения на сетке первой

$U_{с2}$ - напряжение на сетке второй

$I_a$ - ток анода

$R_n$ - 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  $U_{a1}$  (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  $U_{a2}$  и падения напряжения **Uпад** на выходном трансформаторе ТВЗ. Упад вычисляется исходя из значения сопротивления первичной обмотки выходного трансформатора  $R_{тр}$ . В авторской конструкции оно равнялось 290 Ом. Итак, **Uпад= $I_a \cdot R_{тр}=0.035 \cdot 290=10,15$  В**.  $Uвп=U_{a2}+Uвп=200+10,15=210,15$  В, впрочем, «попугайское 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  $R_5$  и  $R_6$ . Сделано это с целью улучшения фильтрации напряжения второй сетки. Поэтому сначала рассчитываем общее сопротивление, а затем разбиваем его примерно пополам.

**$R_5 + R_6 = (Uвп - U_{c2}) / I_{c2}$** . Значение тока  $I_{c2}$  берем из справочника.  
 $R_5 + R_6 = (210-150)/0,006=10000$  Ом. Общее сопротивление равно 10 кОм. Делим пополам, получаем 5 кОм. Стандартное значение 5.1 кОм. Значение  **$R_5 = R_6=5.1$  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  $I_{Л1}$ , равный току  $I_a$  первого каскада. Сопротивление резистора, следовательно, должно быть не менее чем  $R4 \geq 370-310/0,004=15000$  Ом. Берем переменный резистор сопротивлением 20 кОм. Итак, **R4=20кОм**.

### ***Расчет величины напряжения обмотки II 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  $I_{Л1}$  и тока  $I_R$ , 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  $\sim U=230/1.27=181,1$  В. Переменное напряжение на обмотке II, питающей выпрямитель +160 В должно быть примерно 180 В.

Тогда суммарное сопротивление резисторов R8,R9,R10 составит  $50 \text{ В}/0.006 \text{ А}=8333$  Ом. Применяв 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=2.2кОм**

**R9=3кОм**

**R10=3 кОм**

Напряжение на обмотке II трансформатора питания **U = ~180 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  $214 + 70 = 284$  В. Такое напряжение должно получиться после двухполупериодного выпрямления. Тогда переменное напряжение на обмотке III трансформатора питания должно быть  $\sim U = 284 / 1,41 = 200$  В.

Напряжение на обмотке III трансформатора питания  $U = \sim 200$  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.*

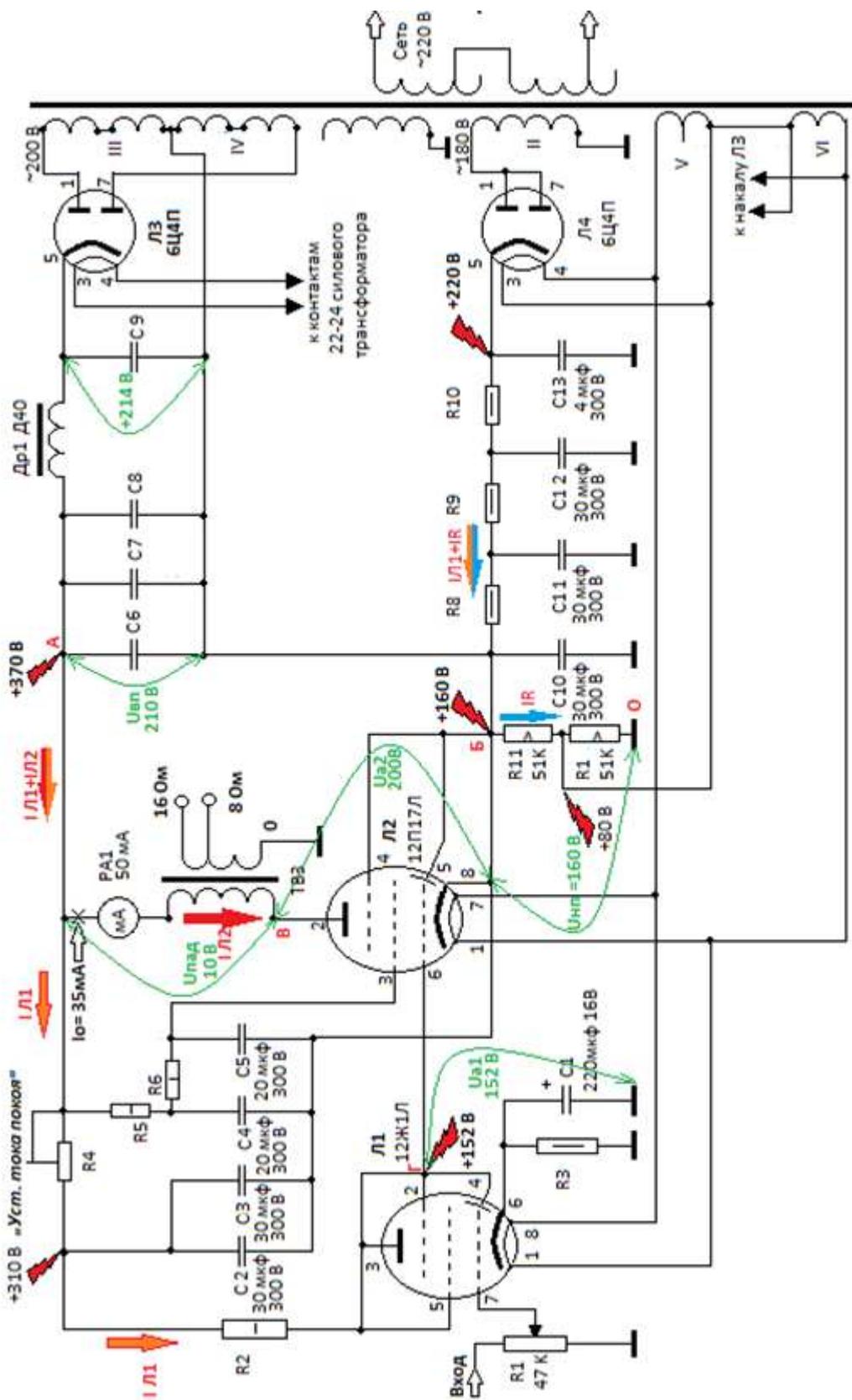


Рис.19

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

## Усилитель на лампах 12Ш17Л 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 20) Особенно это заметно на ВАХ пентодов.

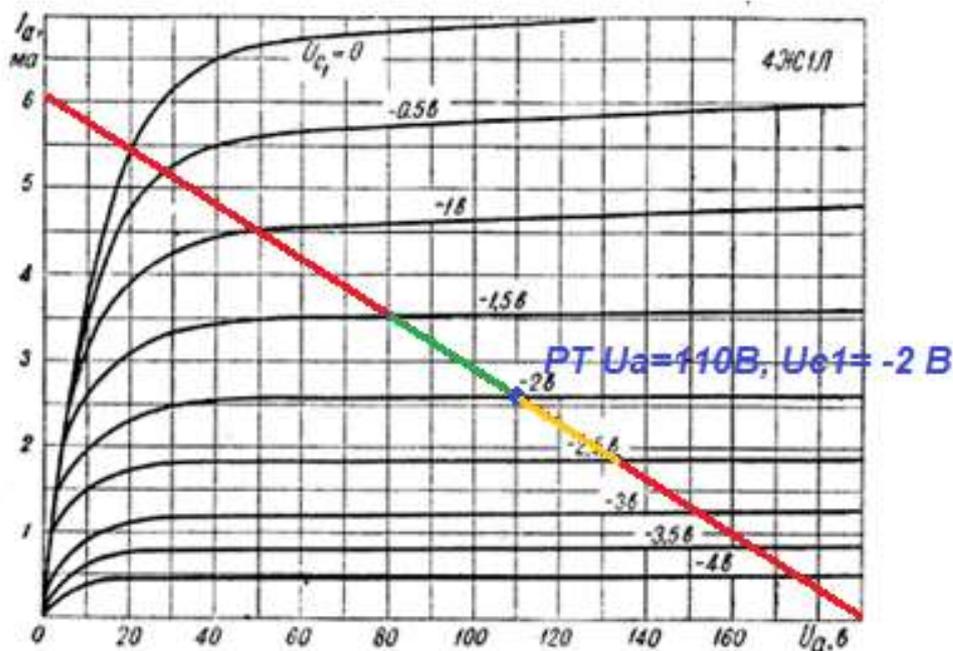


Рис.20

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.21 иллюстрирует принцип работы такого технического решения.

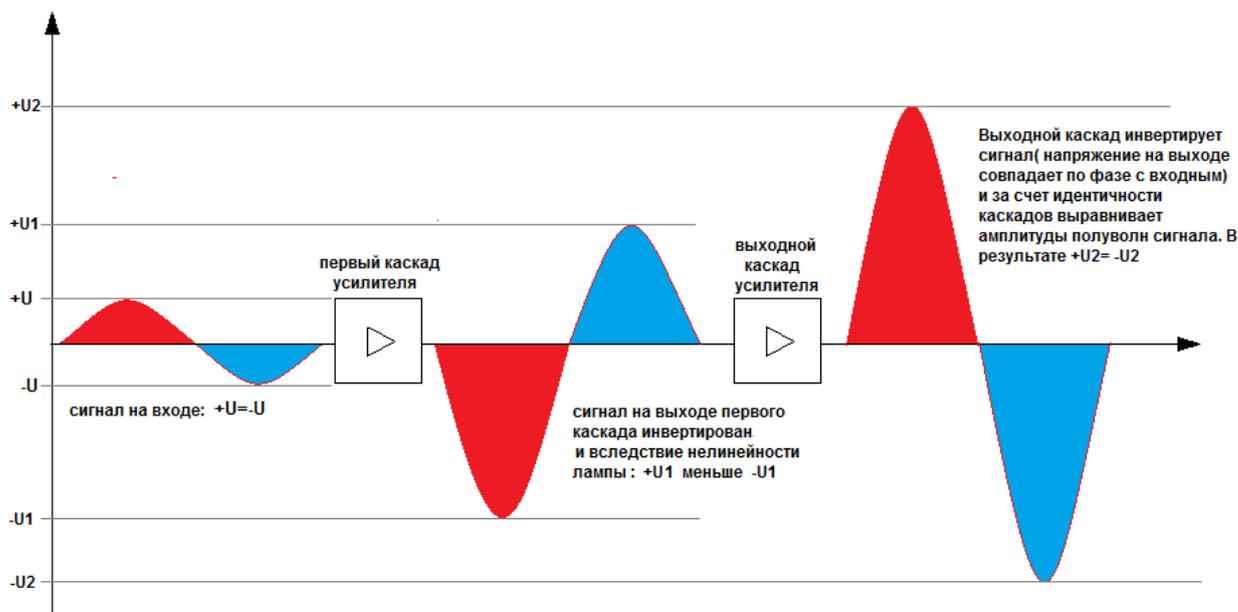


Рис.21

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:

1. Коэффициент передачи должен быть менее 1, оптимально в районе  $\frac{1}{4}$ .
2. 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.

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.28**.

## УСИЛИТЕЛЬ С ТРАНСФОРМАТОРНОЙ СВЯЗЬЮ

### Основные характеристики:

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

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

( $R_a = 4 \text{ кОм}$ ,  $R_n = 270\text{-}300 \text{ Ом}$ )

1. Броневой сердечник сечением 25x40 от трансформатора **ОСМ-0,1** (или **ТПП-286**)
2. Первичная обмотка содержит **3000** витков провода ПЭЛ диаметром **0.18 мм**
3. Вторичная обмотка содержит **750** 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.

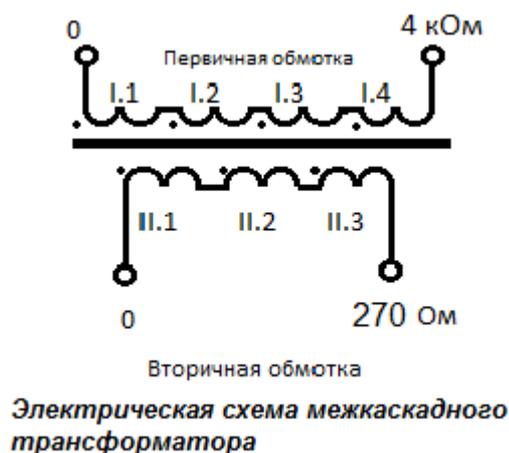


Рис.22

**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.26) 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.27).

Ниже приводятся справочные данные на трансформаторы 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.  
[www.radiolib.ru](http://www.radiolib.ru)

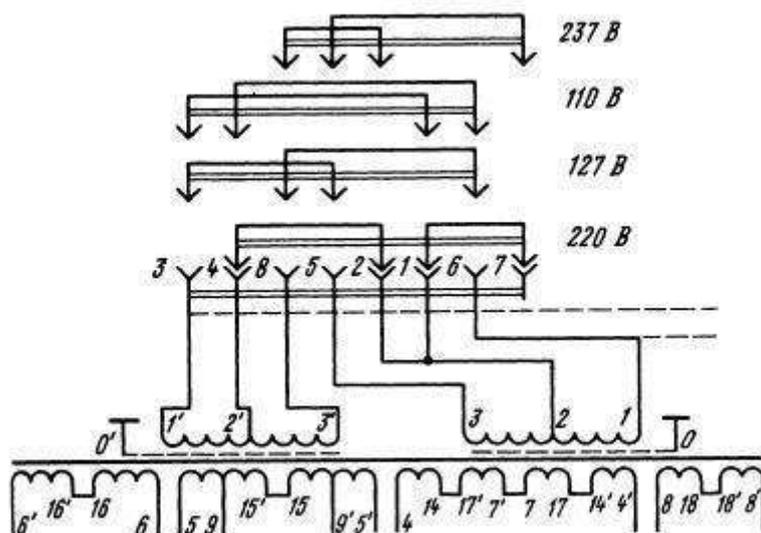


Рис.23. Принципиальная схема трансформатора типа ТС-250.

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 190 В - 208 В. Принципиальная электрическая схема трансформатора ТС-250, показанная на рис.1, включает переключатель напряжения сети, устанавливаемый в блоке трансформатора БТ-11.

Электрические параметры трансформаторов типа ТС-250 приведены в таблицах ниже.

| 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

### ТРАНСФОРМАТОР ТС-180

Трансформаторы питания типоминералов 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.

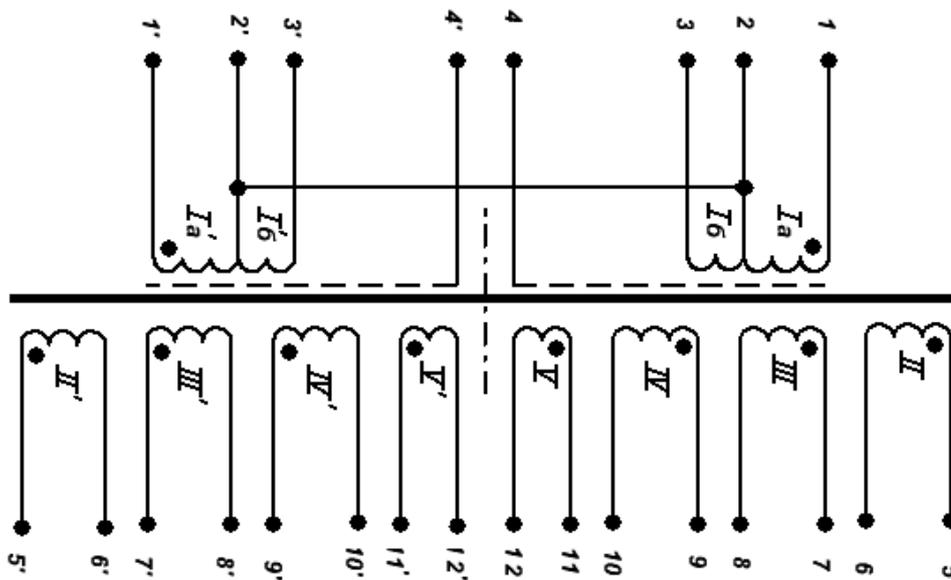


Рис.24. Принципиальная схема трансформатора типа ТС-180

Трансформаторы типа ТС-180 изготавливают на стержневых магнитопроводах типа ПЛ21х45. Основные конструктивные размеры,

габаритные и установочные размеры трансформаторов типоразмеров 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 повышенной температуре и влажности снижается до 3 МОм. При этом изменение основных электрических параметров не превышает +/- 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               |

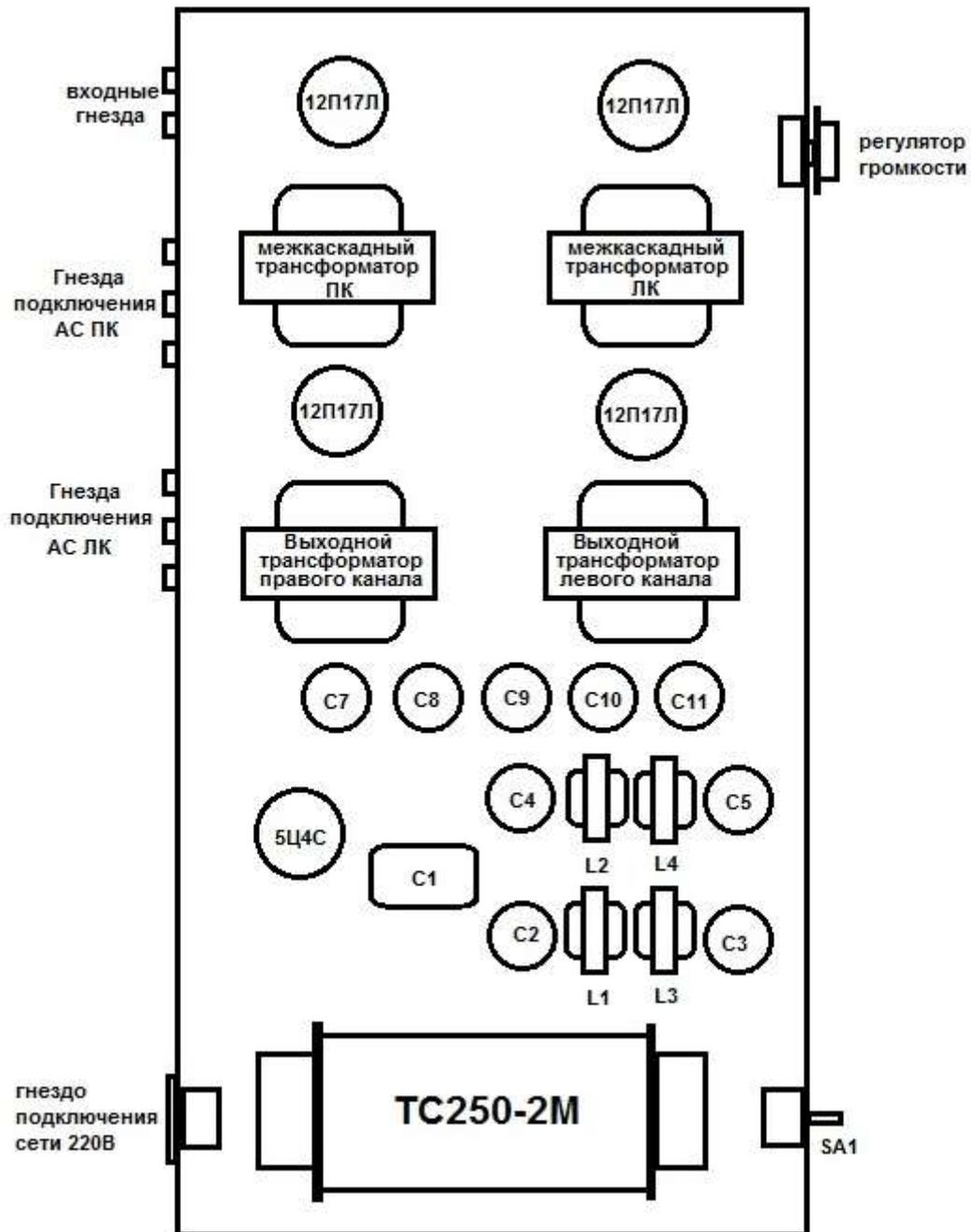
*Намоточные данные трансформатора ТС-180*

### **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:

1. Запитать сразу этим напряжением подогреватели ламп. В этом случае отвод от середины (места соединения между собой) обмоток необходимо соединить с массой для устранения фона.
2. 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. 25**. Амплитуда напряжения фона на нагрузке 16 Ом при закороченном входе усилителя составляет 5-7 милливольт.



**Рис.25** Компоновка усилителя с межкаскадными трансформаторами (авторский вариант)

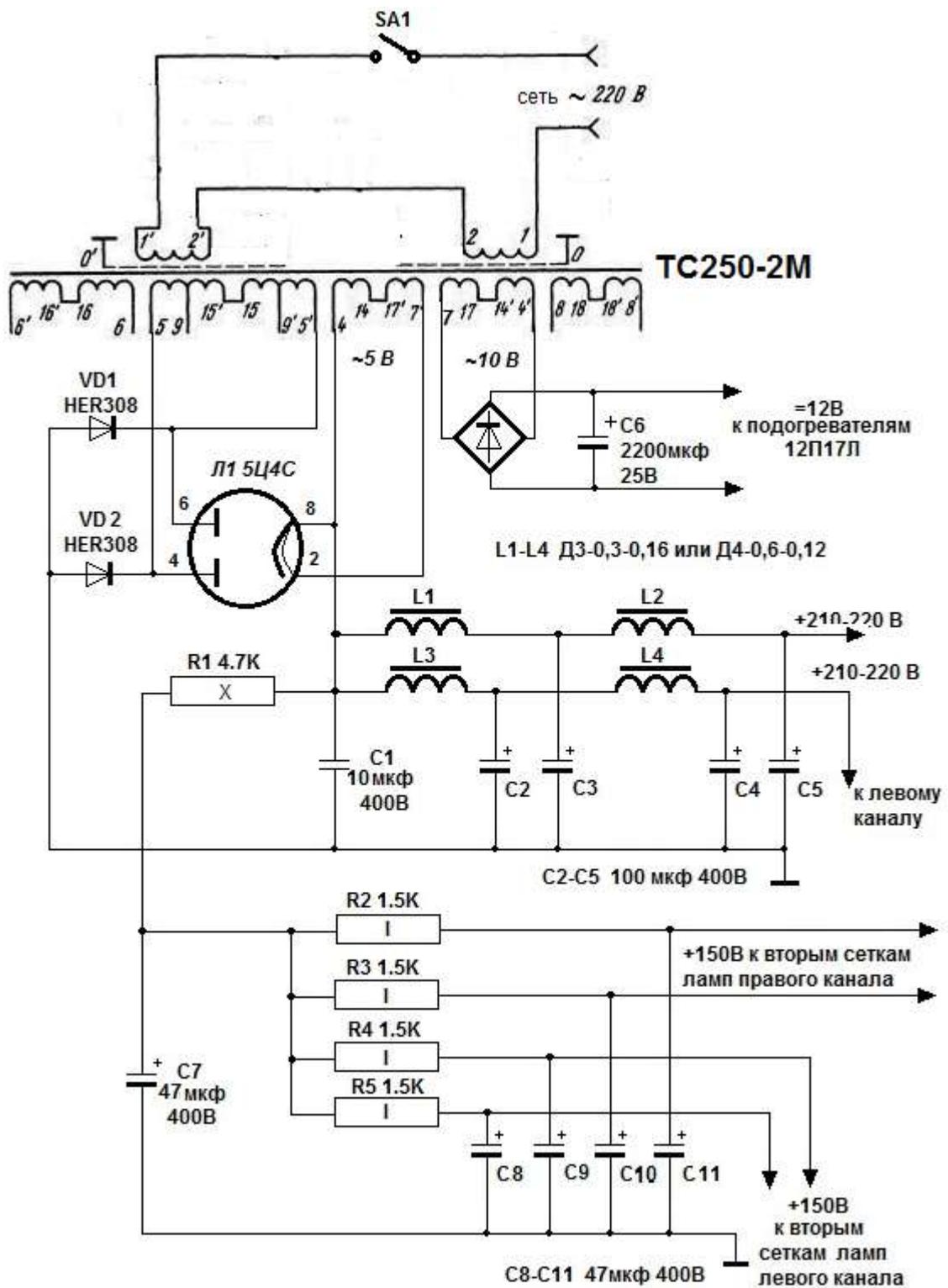


Рис. 26 Схема блока питания на трансформаторе TC-250 (обмотки 4-4' разделены и перемотаны для получения необходимых напряжений накала)

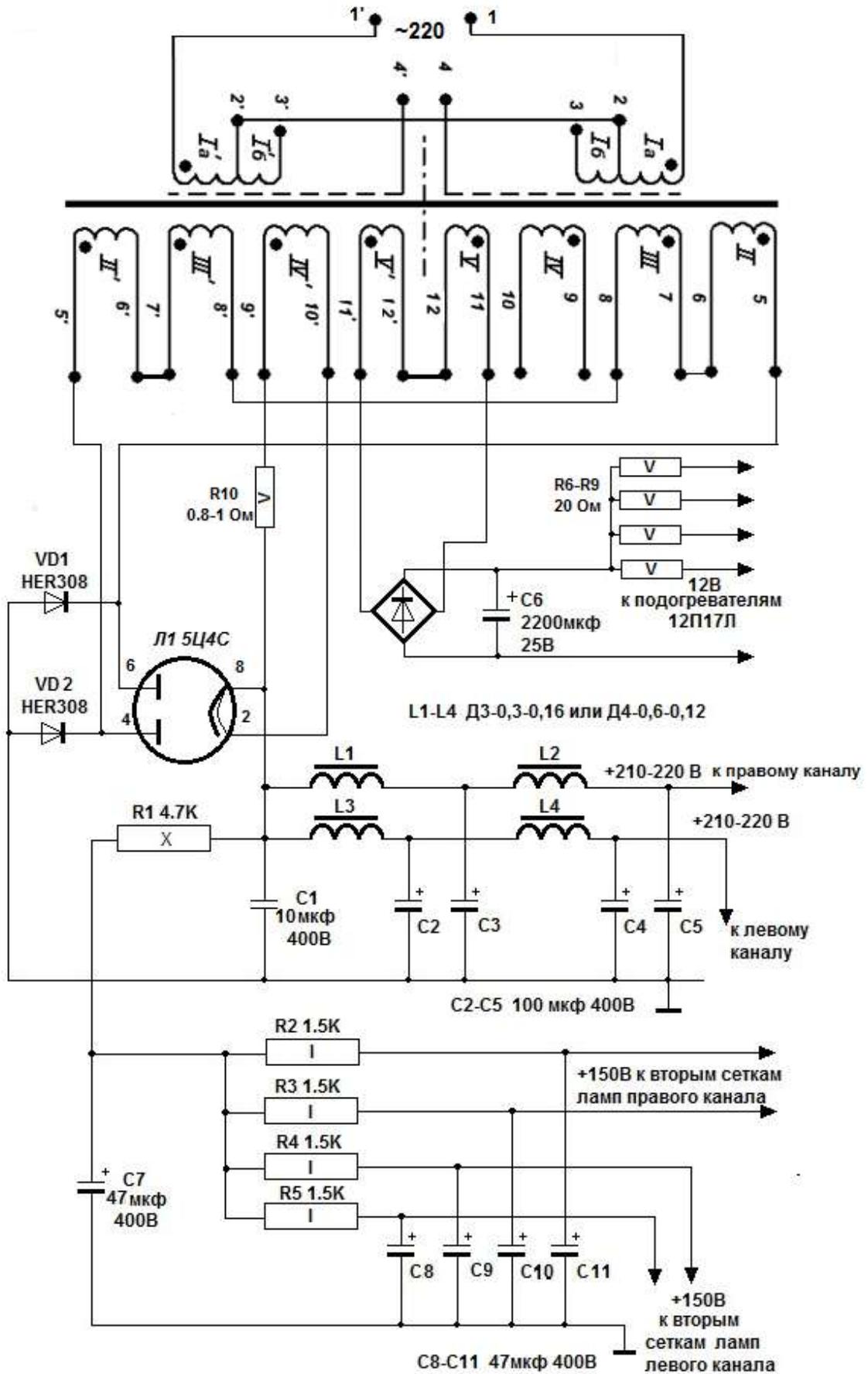
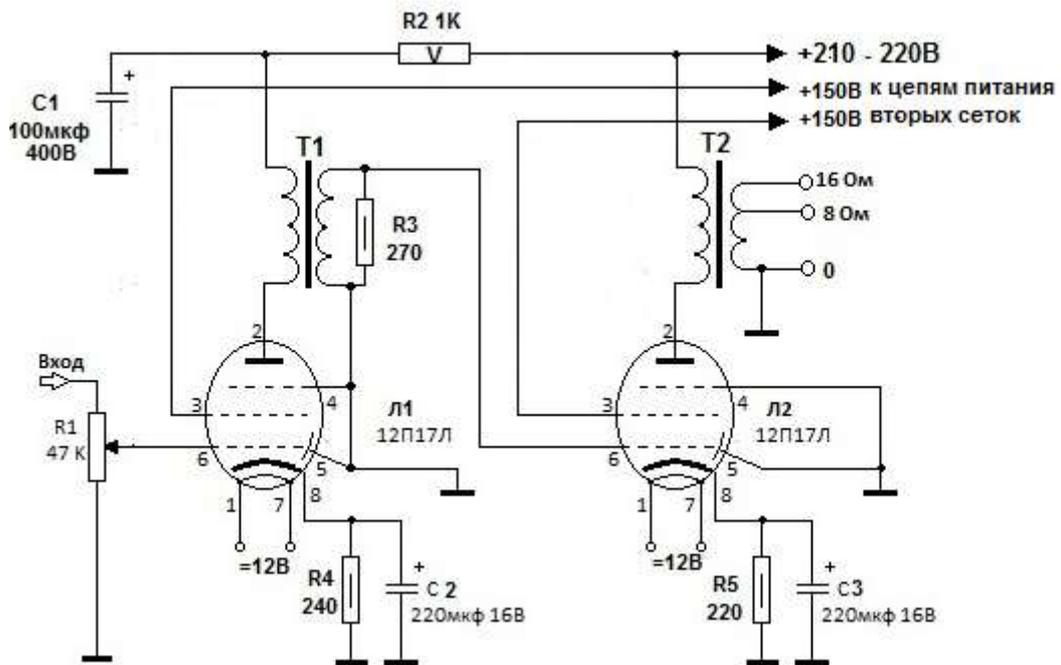
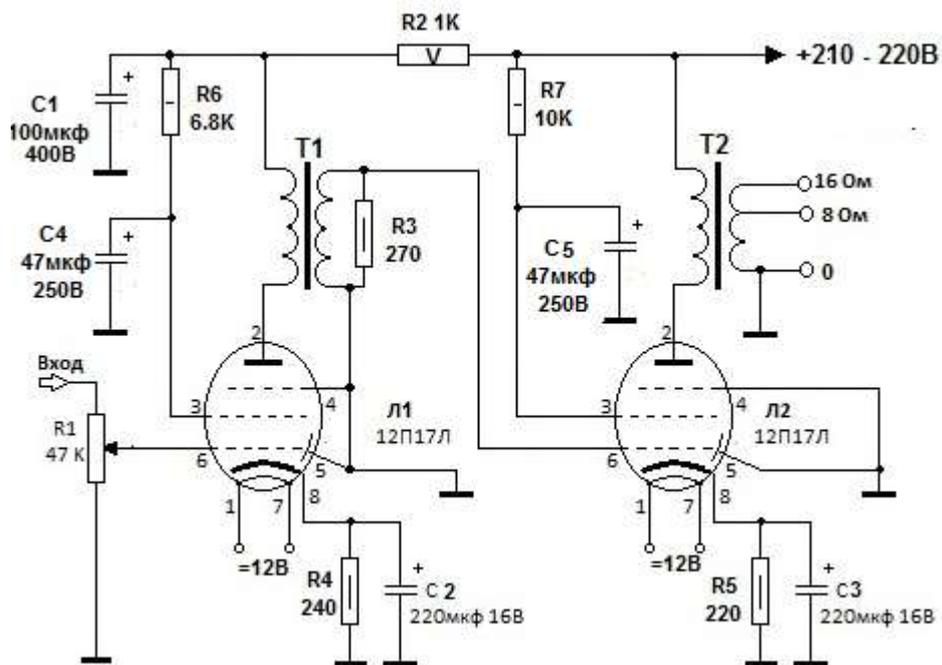


Рис.27 Схема блока питания с трансформатором ТС-180



**Рис.28** Принципиальная схема усилителя с межкаскадным трансформатором.

Безусловно, не возбраняется запитать вторые сетки ламп классическим способом: см. рис 29.



**Рис.29** Второй вариант организации питания вторых сеток в усилителе.

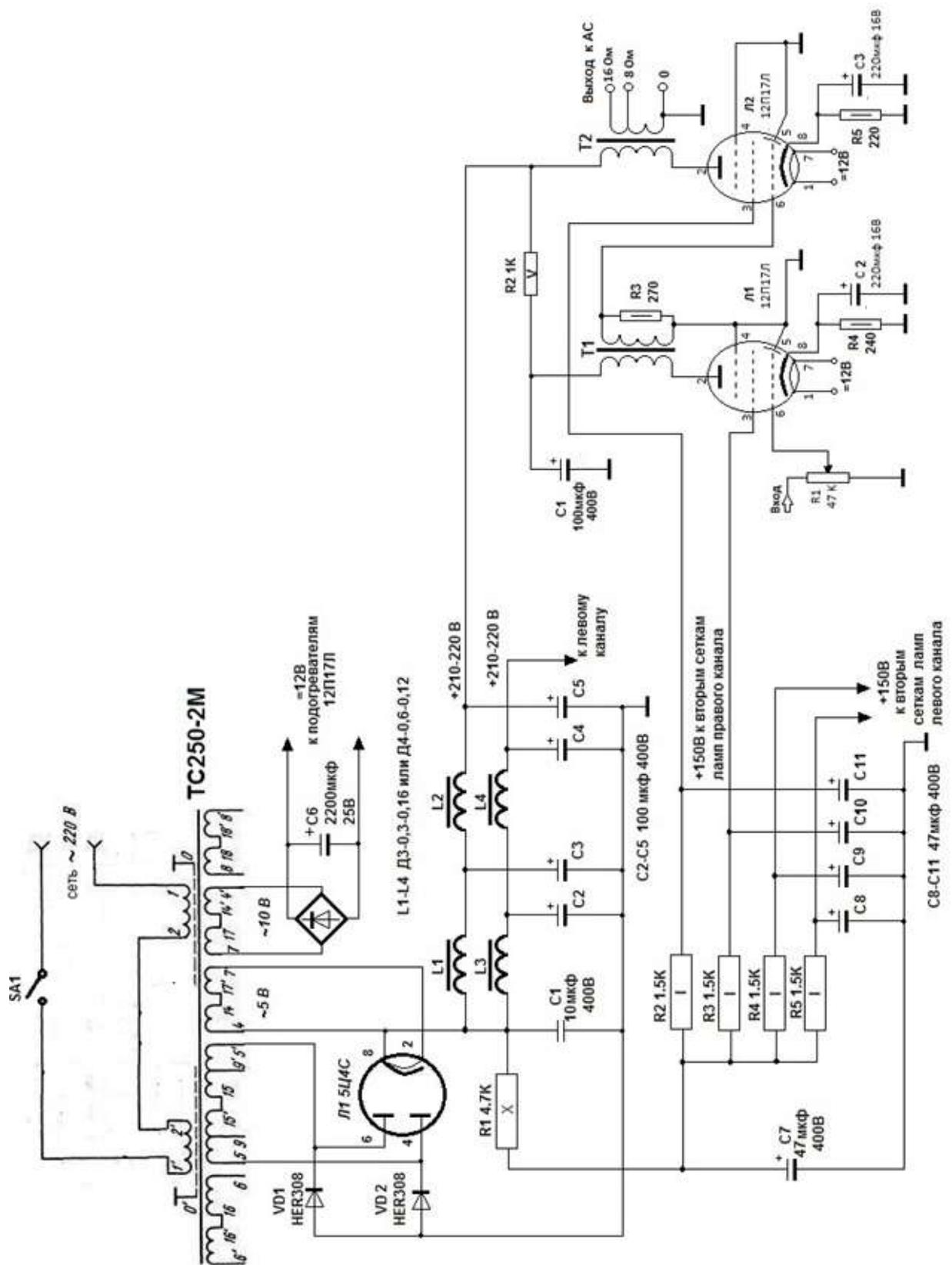
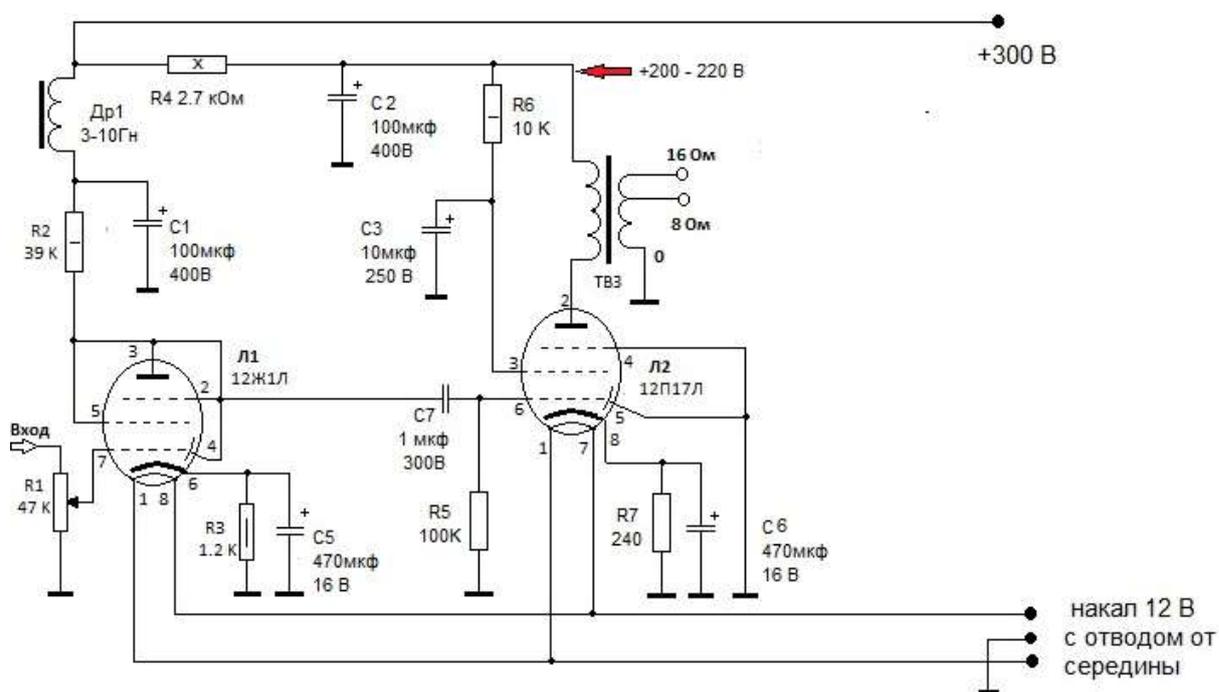


Рис.30 Полная схема авторского варианта усилителя с межкаскадным трансформатором

## 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 каскаду 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.



Вариант усилителя на 12Ж1Л и 12П17Л, выполненного по классической схеме

Рис.31

## Порядок расчета выходного трансформатора.

Теорию работы и построения трансформаторов мы обойдем. Желающим повторить или освоить ее можно порекомендовать фундаментальный труд Цыкина Г.С. «Трансформаторы низкой частоты» 1955 года издания. Более всеобъемлющую работу трудно найти. В книге этой дается полный разбор расчета трансформаторов по заданным характеристикам, и в соответствии с расчетами выбирается железо. В радиолобительской практике, как правило, все наоборот - имеется трансформаторное железо, зачастую «безродное». Приводимая ниже методика расчета выходного трансформатора для однотактного выходного каскада усилителя на лампах огрублена до степени практической применимости любым человеком, прошедшим курс школьной математики и физики.

Отправной точкой будет имеющееся в наличии трансформаторное железо.

### Исходные параметры

Имеется трансформаторное железо с размерами  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$ ,  $h$ ,  $b$ ,

**Рвых**- Выходная мощность усилителя Сопротивление нагрузки

**Rн** - Сопротивление в аноде выходной лампы **Rа** (все сопротивления в расчете берутся в **Омах**)

**Ri** - Внутреннее сопротивление лампы

**Kс** - Коэффициент заполнения сталью сердечника примем равным **0.95**

**Kок** - Коэффициент заполнения медью окна примем равным **0.3**

**Вм**- магнитная индукция (в Гауссах) для практических расчетов берется равной 6000 для магнитопроводов типа Ш и 10000 для ПЛ, ШЛ

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

**m**- количество промежутков между секциями

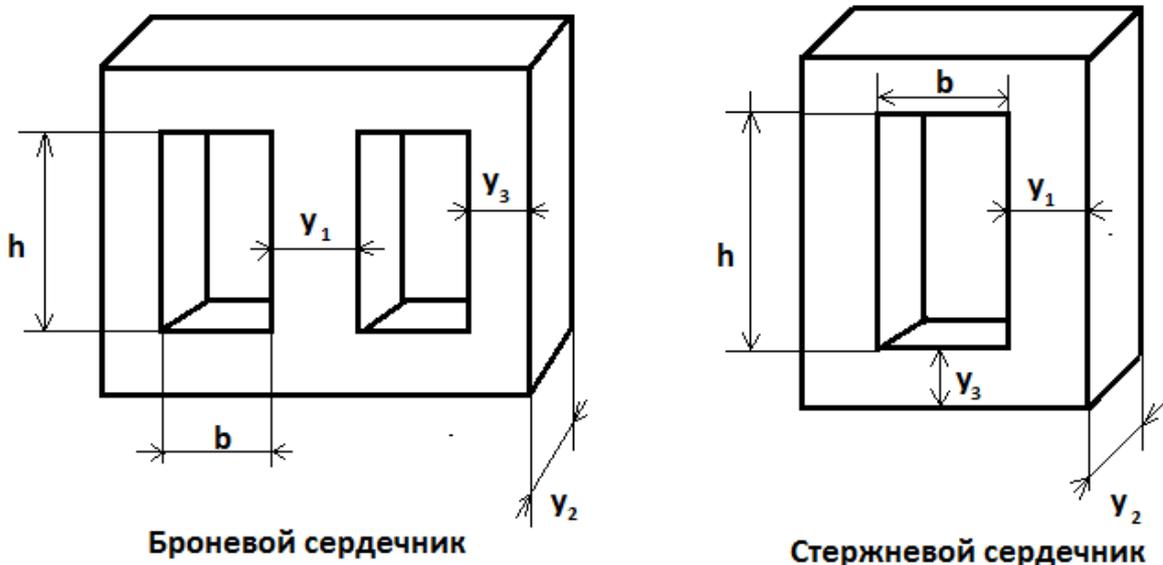
## Расчет

1. Определяем, подходит ли данное железо для изготовления трансформатора с заданными параметрами. Для этого сначала вычисляем реальный конструктивный параметр  $G$ .

$$G = S_c * \sqrt{S_{ок} / l_0}.$$

$$l_0 \approx 2y_1 + 2y_2 + 2,5b \text{ в (см.) для броневого сердечника}$$

$$l_0 \approx 2y_1 + 2y_2 + 1,1b \text{ в (см.) для стержневого сердечника}$$



Геометрические величины трансформатора

Рис.32

2. Затем вычисляем необходимый конструктивный  $G_{треб}$  при котором трансформатор с такими параметрами реализуем. И если  $G_{треб} \leq G$ , то имеющийся сердечник подходит для изготовления выходного трансформатора. Значит, переходим к следующему этапу расчета.

$$G_{треб} = 1020 * (1 - \eta) * \sqrt{P_{вых}} / (V_m * \sqrt{a * (1 - a) * (1 - \eta) * \eta * K_{ок}}$$

3. Определение коэффициента трансформации  $n$  с учетом КПД трансформатора.

3.1 КПД трансформатора задается исходя из таблицы. Для этого определяем габаритную мощность трансформатора  $P_{габ}$  по упрощенной формуле  $P_{габ} (Вт) = (S_c * S_{ок}) / 20$ , где  $S_c$  - площадь сечения сердечника трансформатора,  $S_{ок}$  - площадь окна в  $см^2$ .

В соответствии с полученным результатом выбираем КПД.

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

3.2 Вычисляем коэффициент трансформации  $n$ :

$$N = W_1 / W_2 = \sqrt[2]{R_a / (R_n / \eta)}$$

где  $W_1$  - количество витков первичной обмотки

$W_2$  - количество витков вторичной обмотки

$R_n$  –сопротивление нагрузки

$R_a$ - сопротивление нагрузки анода выходной лампы

$\eta$ - коэффициент полезного действия

3.3 На величину КПД трансформатора звуковой частоты оказывает

влияние, в основном, активное сопротивление первичной обмотки  $r_1$ .

$$r_1 = 0.5 * R_a (1 - \eta)$$

Тогда активное сопротивление вторичной обмотки составит:

$$r_2 = R_n \frac{(1-\eta)}{2\eta}$$

4. Поскольку анодное сопротивление  $R_a$  в каскаде соединяется параллельно с внутренним сопротивлением лампы  $R_i$  по источнику питания, то эквивалентное сопротивление всего выходного каскада, с учетом того, что еще имеется активное сопротивление первичной обмотки  $r_1$ , будет равно

$$R_{\text{экр}} = (R_i + r_1)(R_a - r_1) / (R_i + R_a)$$

5. Как уже говорилось выше, трансформатор мы будем делать хороший.

Поэтому полосу пропускания его будем определять по уровню -1 дБ и нижней частоте среза  $F_n$  равной 20 Гц. Желающие могут задать и другую частоту, например, 30 Гц. Следующий шаг – определение необходимой индуктивности первичной обмотки  $L_1$  по заданному коэффициенту частотных искажений на низкой частоте  $M_n$ .  $M_n = 1,122$  при уровне искажений -1 дБ.

Тогда необходимая индуктивность первичной обмотки равна

$$L_{1n} = (0,159 * R_{\text{экр}}) / (F_n \sqrt{(M^2 - 1)})$$

После замены переменной  $M$  на ее значение, равное **1,122**, и  $F_n$  равную **20 Гц**,

формула примет вид

$$L_{1n} = 0,016 * R_{\text{экр}}$$

Эта вычисленная величина понадобится для оценки соответствия трансформатора заданным параметрам. После расчета трансформатора необходимо будет рассчитать индуктивность первичной обмотки  $L_1$ , вычисленную по конструктивным параметрам, и сравнить ее с  $L_{1н}$ . Если  $L_1 \geq L_{1н}$ , то трансформатор получился в соответствии с заданными по частотным искажениям условиями..

6. Теперь самое волнующее - определение количества витков первичной обмотки с учетом конструктивных особенностей трансформатора (отправная точка, напомним, наличие железа) . Для этого понадобится найти амплитуду напряжения  $U_{m1}$  на первичной обмотке трансформатора при расчетной мощности.

Это необходимо, чтобы привязать необходимое число витков первичной обмотки  $W_1$  к заданной выходной мощности  $P_n$  трансформатора. Смысл в том, что через формулу мощности, отдаваемой в нагрузку, мы вычислим расчетную амплитуду напряжения в нагрузке при заданной мощности. Затем, применив уже вычисленный коэффициент трансформации, найдем амплитуду напряжения в первичной обмотке  $U_{m1}$ .

Амплитуда напряжения во вторичной обмотке  $U_{на} = \sqrt{2 * R_n * P_n}$

Тогда амплитуда напряжения на первичной обмотке

$$U_{m1} = n * U_{на} = n * \sqrt{2 * R_n * P_n}$$

Количество витков первичной обмотки равно  $W_1$

$$W_1 = (2,25 * 10^7 * U_{m1}) / (F_n * S_c * K_c * B_m)$$

Где  $B_m$  - магнитная индукция сердечника в Гауссах

$K_c$  – коэффициент заполнения сталью

$S_c$  – площадь сечения сердечника в см<sup>2</sup>

$U_{m1}$  – амплитуда напряжения на первичной обмотке в Вольтах

7. Количество витков вторичной обмотки  $W_2$  вычисляется при помощи коэффициента трансформации  $n$ .

$$W_2 = W_1 / n$$

8. Расчет диаметра провода  $d1$  первичной  $d2$  вторичной обмоток трансформатора.

$$d1 = 0.015 \sqrt{(W_1 * l_0 / r_1)} \quad (\text{мм})$$

$$d2 = 0.015 \sqrt{(W_2 * l_0 / r_2)} \quad (\text{мм})$$

где  $l_0$  – средняя длина витка, вычисляемая по формуле:

$$l_0 \approx 2y_1 + 2y_2 + 2,5b \quad \text{в (см) для броневого сердечника}$$

$$l_0 \approx 2y_1 + 2y_2 + 1,1b \quad \text{в (см) для стержневого сердечника}$$

Естественно, что диаметр провода для намотки будет выбираться из стандартных значений. Провод берется с диаметром наиболее близким к расчетному, лучше большим. Но если подходящий номинал диаметра обмоточного провода не намного (не больше чем на 0,01 мм) меньше расчетного, можно применить и его.

#### 9. Расчет толщины прокладки немагнитного зазора сердечника

Толщина прокладки зависит от двух параметров - тока в точке покоя выходного трансформатора и количества витков первичной обмотки:

$$d_3 = 0,62 * 10^{-6} * W_1 * I_0 \quad (\text{мм})$$

#### 10. Вычисляем получившуюся индуктивность первичной обмотки $L_1$ .

$$L_1 = 0,4 * 10^{-8} * \pi * \mu * W_1^2 * S_c / l_c$$

Где  $\mu$  – динамическая магнитная проницаемость, величина, зависящая от амплитуды переменного магнитного поля. С известной долей условности можно принять равной 1000.

$l_c$  – средняя длина магнитной силовой линии в см.

Средняя длина магнитной линии вычисляется по формуле:

$$l_c = 2h + 2b + 0,5\pi y_1 \quad \text{– для броневого сердечника,}$$

$$l_c = 2h + 2b + \pi y_1 \quad \text{– для стержневого сердечника.}$$

Сравниваем реальную индуктивность  $L_1$  с необходимой  $L_{1н}$ . Если  $L_1 \geq L_{1н}$ , то по искажениям на нижней частоте трансформатор получился не хуже желаемого. Реальная частота среза по нижним частотам по уровню -1 дБ определяется по формуле:

$$F_{н \text{ факт}} = \frac{R_{\text{экв}}}{\pi * L_1}$$

Далее определим верхнюю частоту среза по уровню -1 дБ. Основным источником искажений трансформатора на верхних частотах является индуктивность рассеяния  $L_s$ . Она связана с конструктивными параметрами трансформатора следующей формулой:

$$L_s = 0,4 * 10^{-8} * \pi * W_1^2 * l_0 * D / (m^2 * h_n) \quad \text{Где}$$

$m$  – количество промежутков между секциями

$D$  – так называемое приведенное расстояние между обмотками, которое в случае полностью заполненного окна, примерно равно одной трети его ширины, т.е.  $0,33b$ .

$h_n$  – высота намотки катушки. Равна высоте окна за вычетом толщины щечек каркаса катушки. Как правило, примерно  $0,9h$ .

Частота среза по верхним частотам  $F_v = (R_i + R_a) / (2\pi * L_s)$ .

**11.** Получив значения  $d_1, d_2, W_1, W_2$ , можно переходить к проверке размещения обмоток в окне магнитопровода. Оптимальным считается такое размещение, при котором и первичная и вторичная обмотки укладываются в целое число слоев и полностью заполняют окно магнитопровода (для этого допустимо изменение числа витков и(или) диаметра провода в пределах 10%). Толщину обмотки  $T$  можно определить по формулам

$$T_1=(1,2\dots1,4)*(N_1*d_{1i}+\delta_1*(N_1-1))$$

$$T_2=(1,2\dots1,4)*(N_2*d_{2i}+\delta_2*(N_2-1)), \text{ где}$$

$N_1, N_2$ - число слоев первичной и вторичной обмоток соответственно;

$d_{1i}, d_{2i}$  – диаметры провода в изоляции;

$\delta_1, \delta_2$  – толщина межслоевой изоляции (обычно выбирают  $\delta_i=0,2d$ , в пределах 0,01-0,15 мм).

Затем находят суммарное значение для всех обмоток

$$T_{\text{сум}}=T_1+T_2+\delta_{\text{мс}}$$

где  $\delta_{\text{мс}}$ - суммарная толщина изоляции между секциями

Если  $T_{\text{сум}} \leq 0.95b$  (для броневых магнитопроводов) и  $T_{\text{сум}} \leq 0.47b$  (для стержневых двухкатушечных), то все обмотки разместятся.

## Расчет закончен.

Расчет трансформатора можно автоматизировать, написав несложную программу средствами EXCEL.

# 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/мм<sup>2</sup> для трансформаторов мощностью менее 100 Вт и 2.5 А/мм<sup>2</sup> 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

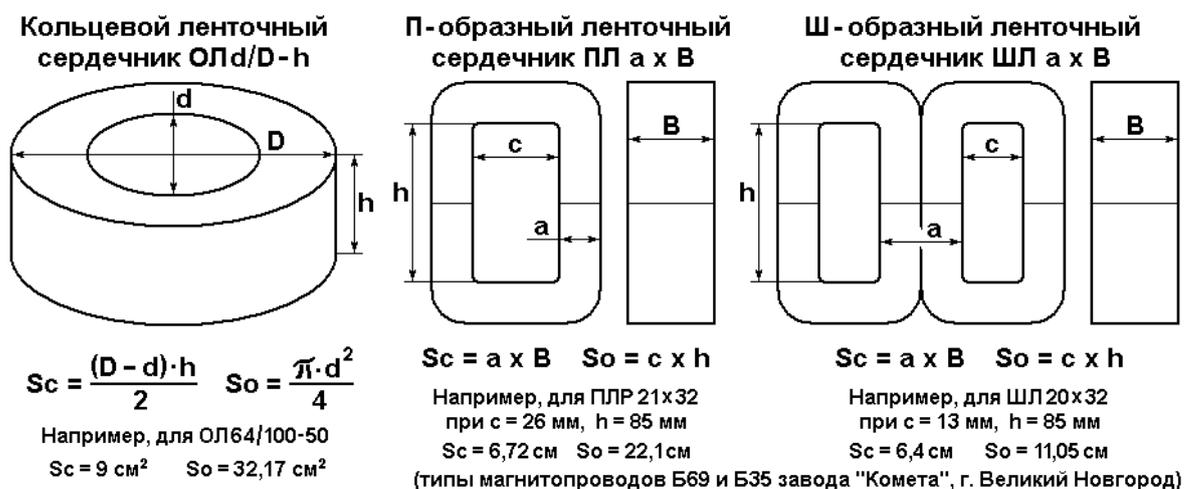
линейность до значения магнитной индукции 1,35 Тесла или 13500 Гаусс. Но надо не забывать, что напряжение в розетке электросети может иметь разброс от 198 до 242 вольт, что соответствует нормированному 10-и процентному отклонению от номинала как в плюс, так и в минус. То есть, если мы хотим, чтобы во 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 потере 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:



**Рис.33**

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  $\text{КПД} = 0,95$ .
2. Коэффициент заполнения окна сердечника медью для тороидальных трансформаторов составляет 0,35. Для обычных каркасных броневых или стержневых - 0,45. При широких каркасах и большой длине намотки одного слоя (h), значение  $K_m$  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  $K_m$  может иметь значения и до 0,6 ... 0,65. Для справки: теоретический предел значения  $K_m$  для слоевого размещения круглого провода без изоляции в квадратном окне - 0,87.

Приведенные практические значения  $K_m$  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  $K_m = 0,45 \dots 0,5$ .

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.

3. Габаритная мощность трансформатора, в ваттах, на конкретно выбранном сердечнике определяется по формуле:

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

Где:

$\eta = 0,95$  - 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;

4. Задавшись напряжениями обмоток, количество необходимых витков можно рассчитать по такой формуле:

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

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%.

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.

6. Рассчитываем диаметры проводов обмоток исходя из протекающих в них токов по следующим формулам (для меди, серебра или алюминия):

$$\begin{aligned} \mathbf{Cu:} \quad d_{[мм]} &= \mathbf{0,02} \times \sqrt{I_{[mA]}} \quad \text{или} \quad d_{[мм]} = \mathbf{0,632} \times \sqrt{I_{[A]}} \\ \mathbf{Ag:} \quad d_{[мм]} &= \mathbf{0,019} \times \sqrt{I_{[mA]}} \quad \text{или} \quad d_{[мм]} = \mathbf{0,605} \times \sqrt{I_{[A]}} \\ \mathbf{Al:} \quad d_{[мм]} &= \mathbf{0,025} \times \sqrt{I_{[mA]}} \quad \text{или} \quad d_{[мм]} = \mathbf{0,8} \times \sqrt{I_{[A]}} \end{aligned}$$

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 и ГУ-15 можно посоветовать во входных каскадах применить следующие типы ламп:

1. 12Ж1Л(4Ж1Л) в триодном включении  $U_{пит}=+200 В$ ,  $R_{катода}=750$  Ом,  $R_a=24$  кОм 1 Вт.

2. E80CC, 6Н23П-ЕВ как в СРПП так и в резистивном каскаде.

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: Свчзъиздат, 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.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Преждесловие. Пролог по-нашему   | 1  |
| Лампы. Краткий обзор   | 2  |
| Кенотрон 6Ц4П. Параметры и характеристики                                | 4  |
| Кенотрон 6Ц4П-В. Параметры и характеристики                              | 8  |
| Кенотрон 6Ц4П-Е. Параметры и характеристики                              | 10 |
| Кенотрон 6Ц5С. Параметры и характеристики                                | 12 |
| Кенотрон 5Ц9С. Параметры и характеристики                                | 16 |
| Источник питания винил-корректора на лампах 4Ж1Л(12Ж1Л)                  | 17 |
| Винил-корректор на лампах 4Ж1Л(12Ж1Л)                                    | 22 |
| Краткое отступление по поводу воспроизведения грамзаписей                | 24 |
| Пентод 12Ж1Л. Параметры и характеристики                                 | 30 |
| Пентод 4Ж1Л. Параметры и характеристики                                  | 37 |
| Пентод 4П1Л. Параметры и характеристики                                  | 38 |
| Оконечный усилитель на 4Ж1Л+4П1Л   | 44 |
| Порядок настройки усилителя  | 52 |
| Отступление про СТЕРЕО- вариант  | 53 |
| Пентод 12П17Л. Параметры и характеристики                                | 57 |
| Оконечный усилитель на 12Ж1Л+12П17Л                                      | 62 |
| Пентод ГУ-15.Параметры и характеристики                                  | 71 |
| Оконечный усилитель на 4Ж1Л+ГУ-15  | 75 |
| Немного теории конструирования усилителей<br>с непосредственными связями | 82 |
| Усилитель на лампах 12П17Л<br>с трансформаторной связью между каскадами. | 87 |
| Межкаскадный трансформатор   | 90 |
| Трансформатор ТС-250   | 91 |

|   |     |
|---|-----|
| Трансформатор ТС-180  | 93  |
| Усилитель на лампах 12Ж1Л+12П17Л с конденсаторной связью между каскадами.             | 101 |
| Порядок расчета выходного трансформатора для однотактного выходного каскада на лампах | 102 |
| Расчет силового трансформатора  | 107 |
| Послесловие. Эпилог по-нашему.  | 113 |
| Список использованной литературы  | 115 |

Если кто-то возымеет желание использовать данную книгу в коммерческих целях (выпуск тиража с целью продажи, продажа через интернет электронного варианта и т.п.) просьба обговорить условия по тел. **8-950-451-61-68** Храмушин Александр Сергеевич или через электронную почту [xramyhome@gmail.com](mailto:xramyhome@gmail.com).

И́и же чита́т кни́гу си́ю и́ распро́страня́ют е́я̀ безко́рыстно  
 посреде́ друзе́й, зна́емых и́ еди́номышленны́х ко́ е́же по́льзоватьъ  
 в сво́ем те́хническом ху́до́жестве – да́ по́льзуютъ е́ю сá  
 невозбра́ннѡ.

Издание четвертое дополненное

Кустарная артель ламповой аудиотехники «ЗВУКЪ»

г. Пермь 2015 г.