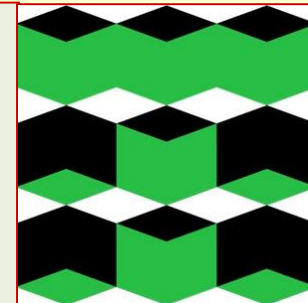




Военный учебный центр при Томском политехническом университете



**Цикл
№2**

**«Боевое применение подразделений,
вооружённых зенитными артиллерийскими
самоходными установками с радиоприборными
комплексами»**

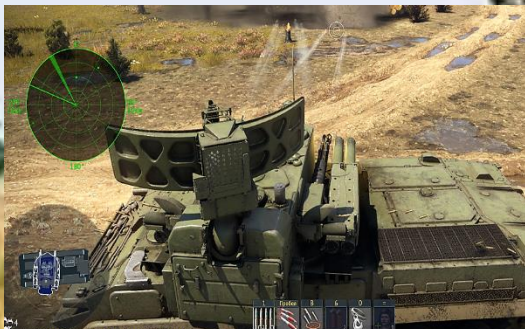


КУРС ЛЕКЦИЙ

**Автор: преподаватель 2 цикла
*подполковник запаса Гаврилов А. А.***



Дисциплина:
«Устройство и эксплуатация ЗСУ»
Раздел 1:
«Основы построения ЗАК»



Тема №2
Основы радиолокации

Контрольные вопросы



Занятие №4
Устройство и работа
электровакуумных приборов

Цели занятия:

Изучить:

- устройство двухэлектродных, трехэлектродных, многоэлектродных ламп;
- усилители высокой частоты и промежуточной частоты, видеоусилители.

Актуальность занятия:

Обусловлено:

- необходимостью иметь глубокие и твердые знания по устройству двухэлектродных, трехэлектродных, многоэлектродных ламп; УВЧ, УПЧ для формирования компетенций офицера войсковой ПВО.

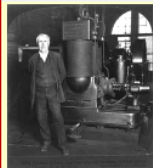
ВИД ЗАНЯТИЯ:

групповое занятие, 2 часа

Вопрос 1

Двухэлектродная лампа

История изобретений



ЭДИСОН, ТОМАС АЛВА (Edison, Thomas Alva) (1847–1931), американский изобретатель. Родился 11 февраля 1847 в Майланде (шт. Огайо) в семье

В возрасте 12 лет Томас стал учеником в Детройте. В подвале своего дома он организовал мастерскую. 11 октября 1868 получил патент на более практичное применение лампы накаливания. На этом изобретении Томас основал свою фирму (Джерси) мастерскую, где изготовили первую лампу. В это время взялся за ту же работу по изобретению лампы накаливания с дуговым и квадруплексным светом. В 1875 Эдисон открыл явление термостата при создании *электровакуумных приборов*.



Годом изобретения лампы накаливания. Газет предсказывали, что лампа не выдержит. Эдисон доказал обратное.



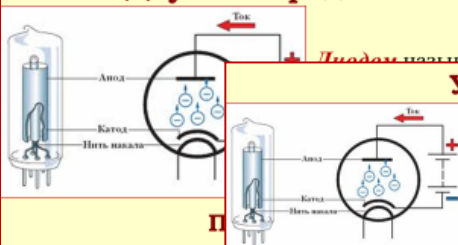
Электронные лампы различаются по назначению: термовакуумные лампы - фотоэлектронные лампы - лампы накала и т.д.

Электровакуумные приборы

ЭВП - прибор, в котором рабочее пространство, изолированное от окружающей среды, имеет высокую степень вакуума.

При нагреве катода происходит испускание электронов.

Двухэлектродная лампа (диод)

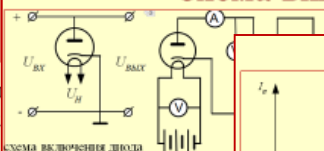


Диодом называется электронная лампа.

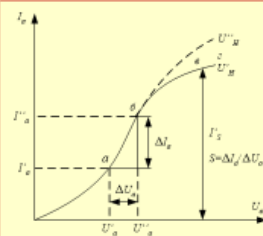
Устройство диода

Катод - электрод, предназначенный для излучения электронов.

Схема включения диода



Основные параметры диода



Если увеличить напряжение на аноде лампы, то анодный ток будет увеличиваться до определенного предела и при дальнейшем увеличении напряжения увеличиваться не будет. Максимальный анодный ток, при котором все электроны, вылетающие с катода, попадают на анод, называется **током насыщения**.

1. Крутизна характеристики называется величина, показывающая, на сколько миллиампер изменится анодный ток ΔI_a , если анодное напряжение ΔU_a изменить на 1 в (при неизменном напряжении накала).

$$S^c = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a} \text{ мА/в.}$$

2. Внутреннее сопротивление R_i к переменному току – это величина, обратная крутизне характеристики:

$$R_i^c = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \text{ Ом}; R_i^c = \frac{1}{S^c}$$

Основным материалом для изготовления катода является **вольфрам**, обладающий высокой температурной стойкостью.

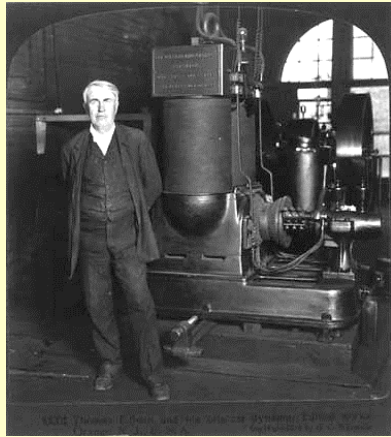
Однако катоды из вольфрама приходится разогревать до температуры накала.

Вольфрамовые катоды имеют отрицательный заряд.

По способу подогрева катодов лампы делят на лампы с накалом и лампы с холодным катодом.

Это свойство диода используется для выпрямления переменного тока.

История изобретений



ЭДИСОН, ТОМАС АЛВА (Edison, Thomas Alva) (1847–1931), американский изобретатель. Родился 11 февраля 1847 в Майлане (шт. Огайо) в семье эмигрантов из [Нидерландов](#). У его отца был небольшой завод по производству дранки, а мать работала учительницей. Когда Томасу исполнилось семь лет, семья переехала в Порт-Гурон (шт. Мичиган). Здесь мальчик пошел в школу, однако вскоре Томаса оттуда забрали, так как учитель считал его пустоголовым мечтателем, «который никогда ничего не добьется». После этого мать обучала его дома.

В возрасте 12 лет Томас стал продавцом газет и сладостей в поезде на железной дороге, связывающей Порт-Гурон с Детройтом. В подвале своего дома он устроил химическую лабораторию. Освоил профессию телеграфиста.

11 октября 1868 получил патент на изобретение электрического регистратора числа голосов. Изобретение имело более практическое применение и позволяло передавать информацию о биржевых курсах с помощью телеграфного аппарата. На этом изобретении Эдисон заработал 40 тыс. долларов и в 1870 организовал в Ньюарке (шт. Нью-Джерси) мастерскую, где изготавливал автоматические телеграфные аппараты и др. электроаппаратуру. Примерно в это время взялся за ту же проблему, которая занимала [А.Белла](#), – мультиплексный телеграф и разработал систему дуплексного и квадруплексного, а в 1875 – сентаплексного телеграфа.

В 1875 Эдисон открыл явление **термоэлектронной эмиссии** (эффект Эдисона), нашедшее применение при создании **электровакуумных приборов** (прежде всего радиолампы) и термоэлектронных генераторов.



Годом позже организовал крупную лабораторию с мастерскими в Менло-Парке (шт. Нью-Джерси) и сделал множество изобретений:

- усовершенствовал микрофон телефонного аппарата Белла (1876), изобрел прибор для измерения активности солнечного излучения, создал первый **фонограф** (1877).

Газеты провозгласили фонограф **«величайшим открытием века»**, а сам Эдисон предложил множество способов его применения:

- диктовка писем и документов без помощи стенографистки, воспроизведение музыки, запись переговоров (в сочетании с телефоном) и др.



История изобретений

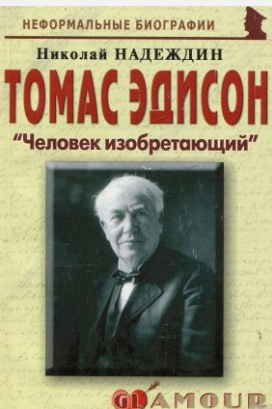


В 1878 Эдисон обратился к проблеме электрического освещения и, проведя за один год более 6 тыс. опытов в поисках материала для лампы накаливания, создал в 1879 первую пригодную для коммерческого производства лампу с угольной нитью, сконструировал для нее патрон и цоколь.

Эдисон создал сверхмощный электрогенератор и участвовал в сооружении и пуске в Нью-Йорке первой в мире центральной тепловой электростанции с разветвленной сетью подачи электроэнергии для освещения и других нужд (1881). Помимо этого, Эдисон изобрел щелочной железо-никелевый аккумулятор, предохранитель, поворотный выключатель, мегафон.

1891 Эдисон получил патент на кинетоскоп – аппарат для демонстрации последовательных фотографий движущихся предметов. Купив патент на проектор, изобретенный Т. Арматом, осуществил 23 апреля 1896 в Нью-Йорке первый публичный показ кинофильма, а в 1913 продемонстрировал кинофильм с синхронным звуковым сопровождением.

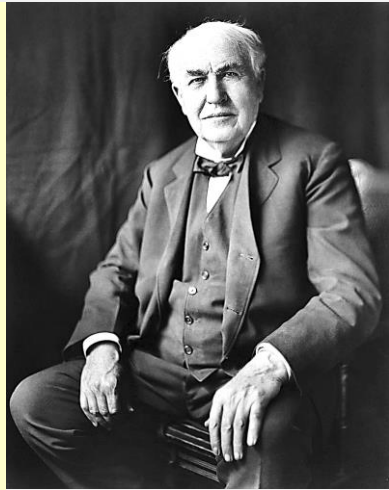
Во время Первой мировой войны Эдисон возглавлял консультационный совет ВМС США. Участвовал в создании лекарственных препаратов, красителей и других материалов, ранее импортировавшихся из Германии, разработал процесс получения синтетического фенола и жидких продуктов перегонки каменного угля, необходимых для производства взрывчатых веществ.



https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/EDISON_TOMAS_ALVA.html - ЭДИСОН, ТОМАС АЛВА

https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/TERMOELEKTRONNAYA_EMITSIYA.html - ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ

История изобретений



Томас Алва Эдисон — американский изобретатель и предприниматель, получивший в США 1093 патента и около 3 тысяч в других странах мира; - создатель **фонографа**; усовершенствовал телеграф, телефон, киноаппаратуру, разработал один из первых коммерчески успешных вариантов электрической лампы накаливания, которая была доработкой других вариантов. Именно он предложил использовать в начале телефонного разговора слово «алло».

В 1884 году Эдисон принял на работу молодого сербского инженера Николу Теслу. Тесла предлагал для генераторов и силовых установок использовать переменный ток. Эдисон довольно холодно воспринимал новые идеи Теслы, постоянно возникали споры. Тесла утверждает, что весной 1885 года Эдисон пообещал ему 50 тыс. долларов (по тем временам сумма, эквивалентная 1 млн современных долларов), если у него получится конструктивно улучшить электрические машины постоянного тока, придуманные Эдисоном. Никола активно взялся за работу и вскоре представил 24 разновидности машины Эдисона на переменном токе, новый коммутатор и регулятор, значительно улучшавшие эксплуатационные характеристики. Одобрив все усовершенствования, в ответ на вопрос о вознаграждении Эдисон отказал Тесле, мол эмигрант пока плохо понимает американский юмор. Оскорблённый Тесла немедленно уволился. Через пару лет Тесла открыл по соседству с Эдисоном собственную «Tesla Electric Light Company». Эдисон начал широкую информационную кампанию против переменного тока, демонстрируя, что тот опаснее для жизни, чем постоянный.



Несмотря на почтенный возраст, Эдисон проводил за работой многие часы, занимаясь усовершенствованием беспроводного телеграфа, [радио](#), силового электрооборудования, киноаппаратуры, автомобилей и самолетов. Всего Эдисон запатентовал более 1000 изобретений. Умер Эдисон в Вест-Ориндже 18 октября 1931.

Электровакуумные приборы

ЭВП - прибор, в котором рабочее пространство, изолированное газонепроницаемой оболочкой, имеет высокую степень разрежения (вакуум) или заполнено специальной средой (парами или газами) и действие, которого основано на использовании электрических явлений.

Электронная лампа - ЭВП, предназначенный для различных преобразований электрических величин.

Термоэлектронная эмиссия – это способность различных веществ испускать электроны при нагревании.

Виды эмиссий:

- термоэлектронная, фотоэлектронная, автоэлектронная, вторичная и др.



Электроввакуумные приборы



Классификация:

1. По числу электродов:

- диоды, триоды-3, тетроды-4, пентоды-5, гексоды-6, гептоды-7, октоды-8.

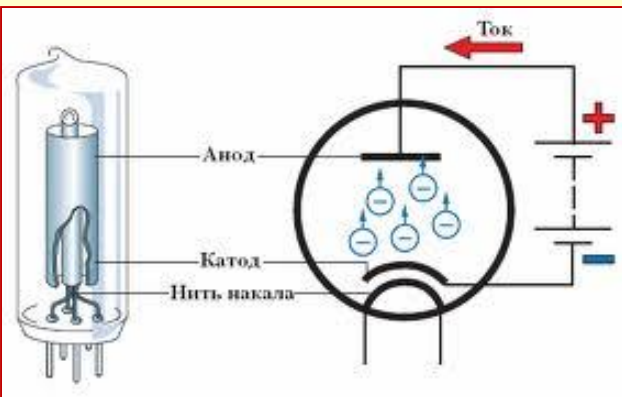
2. По назначению:

- генераторные, усилительные, выпрямительные, частотопреобразовательные и др.

3. По диапазону рабочих частот: - НЧ, ВЧ, СВЧ.

4. По конструктивным особенностям: пальчиковые и др.

Двухэлектродная лампа (диод)



Диод - электронная лампа с 2 электродами:
- анодом и катодом.

Катод - электрод, предназначенный для излучения электронов (**вольфрам**).

Вольфрам - основной материал катодов, обладает высокой температурой плавления и постоянством эмиссии.

Однако катоды из чистого вольфрама не экономичны. Их приходится разогревать до высокой температуры, затрачивая большую энергию.

Вольфрамовые катоды применяются в основном:

- в мощных **генераторных лампах**.

По способу подогрева они подразделяются на:

- катоды **прямого** накала;

- катоды **косвенного** накала (подогревные).

Двухэлектродная лампа (диод)



Анод - служит для притягивания электронов, излучаемых катодом.

В результате чего внутри лампы образуется электронный поток. Изготавливается из тугоплавких металлов. Для улучшения теплоотдачи аноды делают ребристыми и чернят. Аноды мощных радиоламп охлаждаются воздушным или жидкостным потоком.



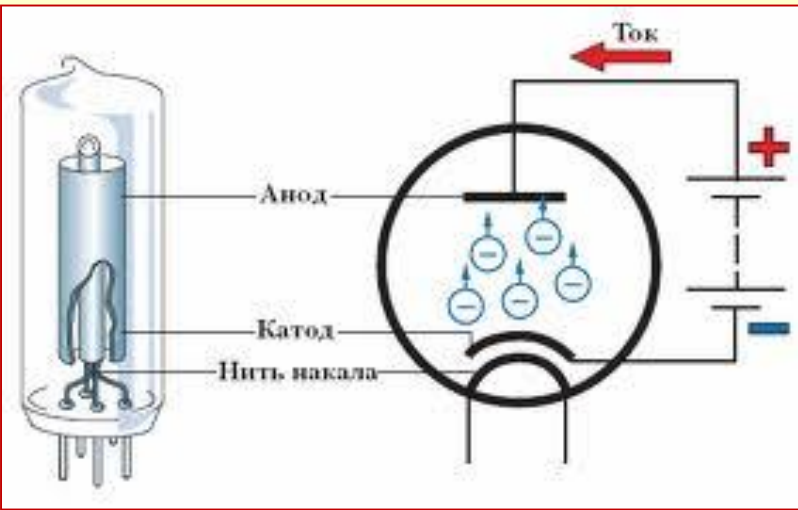
Баллон - представляет собой стеклянную, **металлическую** или **керамическую колбу**, внутри которой в **высоком вакууме** смонтированы **электроды**.

Баллоны имеют самую разнообразную форму в зависимости от назначения и условий работы радиолампы. Наиболее распространены радиолампы со *стеклянными* баллонами.



Цоколь - служит для включения радиолампы в схему с помощью имеющихся на нем контактных штырьков. Количество штырьков на цоколе определяется конструкцией лампы и количеством электродов в ней. У пальчиковых ламп цоколь отсутствует, а контактные штырьки впаяны в дно стеклянного баллона.

Принцип работы диода



При нагреве катода вокруг него образуется электронное облако, имеющее отрицательный заряд.

Если в анодную цепь включить источник питания:

-полож+ полюсом к аноду;

-отриц- к катоду, то электроны будут притягиваться к аноду.

В анодной цепи лампы потечет ток:

- от плюса источника к аноду лампы через участок анод – катод и к минусу источника.

Направление *анодного тока* принято считать:

- противоположным направлением потока электронов.

Схема включения диода

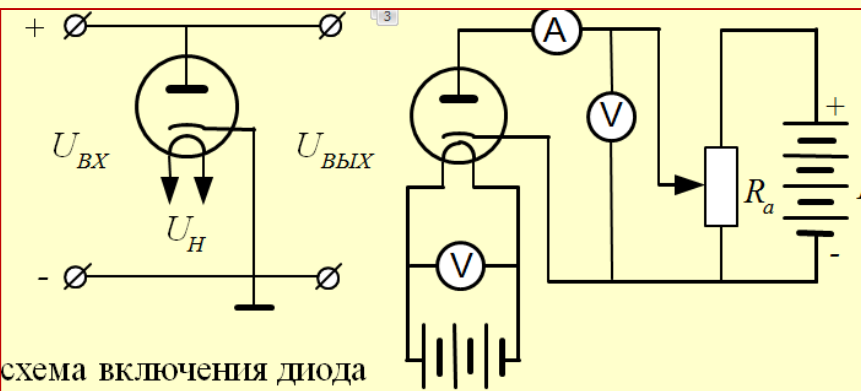


Схема имеет цепи:

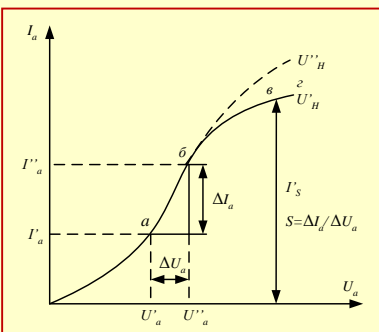
- **накальную, анодную.**

Накальная цепь - для разогрева катода.

Анодная цепь - для создания анодного напряжения.

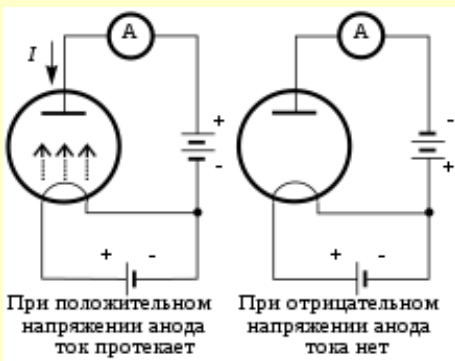
Анодная характеристика диода

График зависимости анодного тока диода от изменения напряжения на аноде при неизменном напряжении накала, называется **анодной характеристикой диода**.



Если изменить полярность напряжения на аноде, т.е. к аноду подключить отрицательный полюс, а к катоду - положительный, то электроны к аноду притягиваться не будут и в анодной цепи ток прекратится. Следовательно, диод обладает:

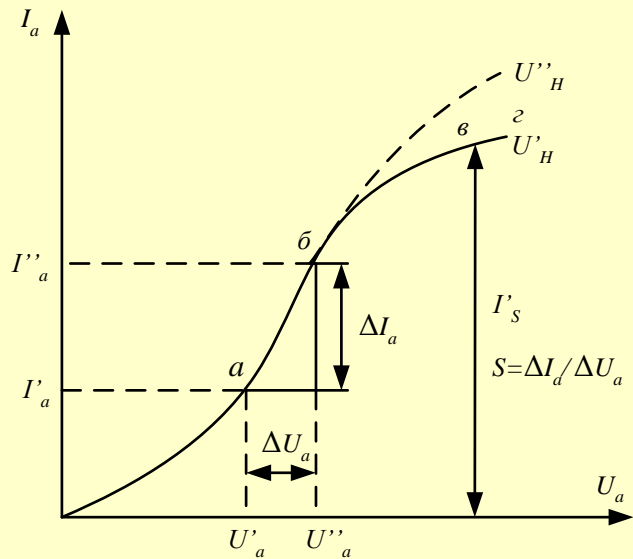
- **ОДНОСТОРОННЕЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ.**



Это свойство диода используется в выпрямительных устройствах:

- для выпрямления переменного тока и преобразования в постоянный.

Основные параметры диода



Если увеличить напряжение на аноде лампы, то анодный ток будет увеличиваться до определенного предела и при дальнейшем увеличении напряжения увеличиваться не будет.

Максимальный анодный ток, при котором все электроны, вылетающие с катода, попадают на анод, называется **током насыщения**.

1. Крутизна характеристики - величина, показывающая, на сколько миллиампер изменится анодный ток ΔI_a , если анодное напряжение ΔU_a изменить на 1 в (при неизменном напряжении накала).

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a} \text{ ма/в.}$$

2. Внутреннее сопротивление R_i к переменному току – это величина, обратная крутизне характеристики:

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \text{ ом}; R_i = \frac{1}{S}$$



Вопрос 2

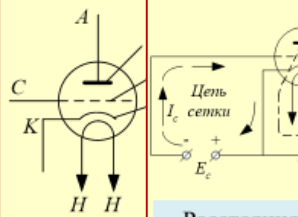
Трехэлектродная лампа, многоэлектродные лампы

Трехэлектродная лампа (триод)

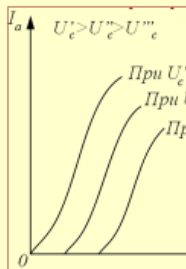
Триод - электронная лампа с тремя электродами:

Схема включения триода

Схема имеет *накальную, анодную и сеточную* цепи.

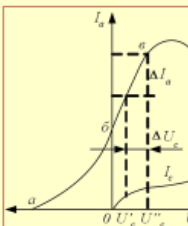


Анодная характеристика триода

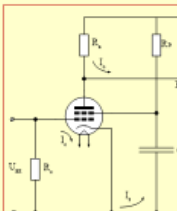


Анодно-сеточная характеристика триода

АСХ триода - зависимость анодного тока I_a от изменения U_c при постоянном анодном напряжении U_a



Четырехэлектродная лампа - тетрод



Пятиэлектродная лампа - пентод

Пентодом называют многоэлектродную лампу с пятью электродами:



Условное обозначение ламп

Например: тип лампы - 6Ж1П

- первый элемент — число, обозначающее (округленно) напряжение на второй элемент — буква, обозначающая тип прибора
- А — частотно-преобразовательные лампы
- Б — диод-пентоды,
- В — лампы со вторичной эмиссией,
- Г — диод-триоды,
- Д — диоды,
- Ж — пентоды с короткой характеристикой,
- Е — электронно-световые индикаторы настройки),
- И — триод-тетроды,
- К — пентоды с удлиненной характеристикой,
- Л — лампы с поперечным наклоном луча,
- Н — двойные триоды,
- П — выходные пентоды и лучевые тетроды,
- Р — двойные тетроды и пентоды,
- С — триоды,
- Ф — триод-пентоды
- Х — двойные диоды,
- Ц — малоомощные кенотроны, относящиеся к категории приемно-усилительных
- Э — тетроды
- третий элемент — число, обозначающее порядковый номер данного типа лампы
- четвертый элемент — буква, характеризующая конструктивное оформление лампы
- С — в стеклянной оболочке с цоколем или без него диаметром 8 мм
- К — в керамической оболочке,
- Д — в метал-поставленной оболочке с дисковыми впадинами,
- П — в стеклянной оболочке миниатюрные диаметром 19 и 22,5 мм
- Г, Б, А — в стеклянной оболочке сверхминиатюрные диаметром 8 мм

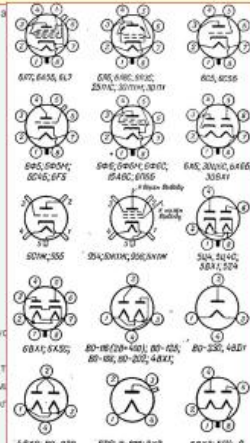


Рис. 4. Цифровая кодировка лампы и условное обозначение лампы (проблемы)

Расстояния между сетками в связи с этим...

Несколько анодных напряжений...

Если подать такое напряжение, то анодный ток прекратится, хотя...

Экранирующая сетка... Шаг сетки... По высокой частоте...

Защитная сетка изогнута... Защитная сетка соединена с катодом...

Наличие густой экранирующей сетки... Внутреннее сопротивление...

Пентод является усилительным каскадом... проходная емкость, в пентоды для усиления...

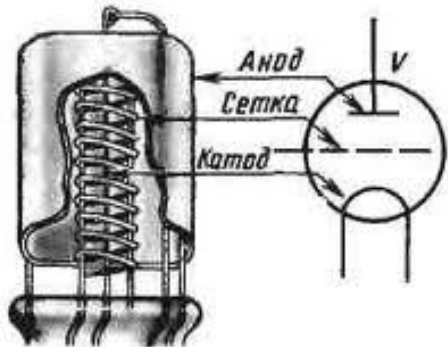
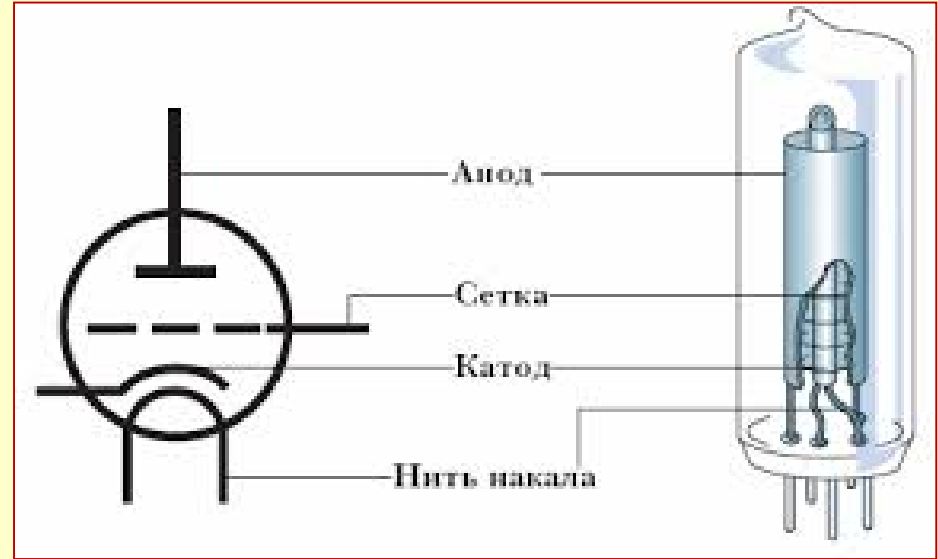
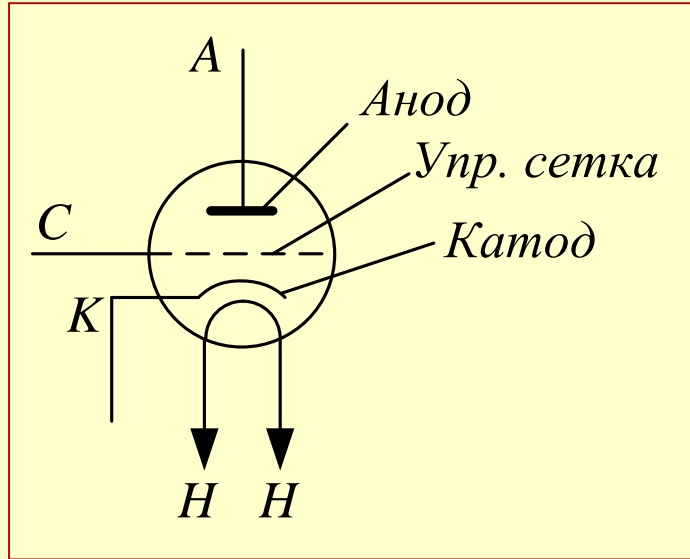
Недостатком пентодов является...



Трехэлектродная лампа (триод)

Триод - электронная лампа с тремя электродами:

- катодом, анодом и управляющей сеткой.



Сетка – электрод лампы помещенный между анодом и катодом.

Сетка изготавливается из тонкой тугоплавкой проволоки, намотанной в виде спирали. Укрепляется на металлических стойках.

Схема включения триода

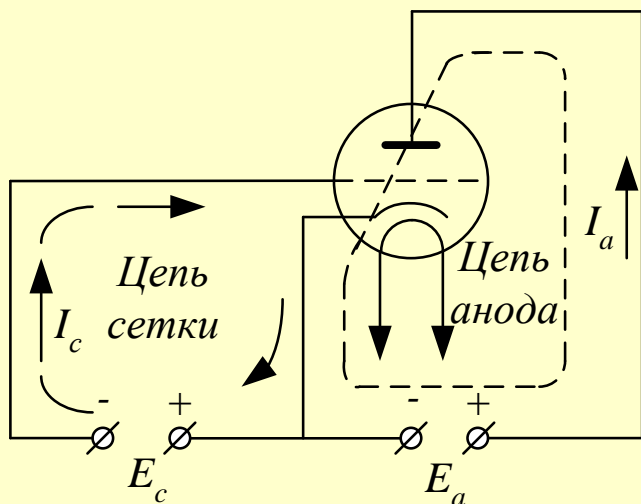


Схема имеет цепи:

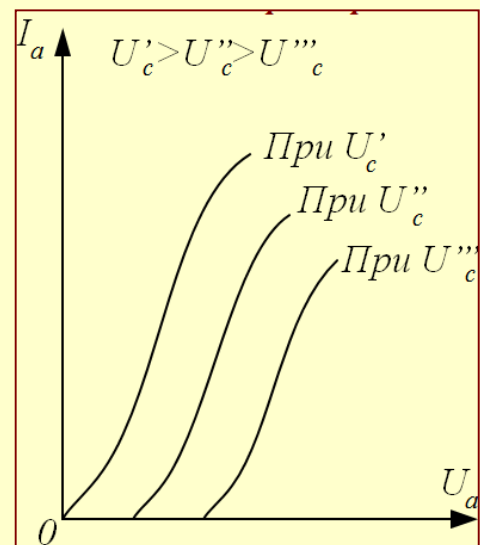
- **накальную, анодную и сеточную.**

Анодная и накальная цепи:

- по своему назначению аналогичны цепям диода.

Управляющая сетка - предназначена для управления анодным током лампы за счет изменения напряжения в сеточной цепи.

Расстояния между *управляющей* сеткой и *катодом* во много раз меньше, чем расстояния между *анодом* и катодом. В связи с этим: - небольшие изменения напряжения на УС вызывают значительное изменение анодного тока.

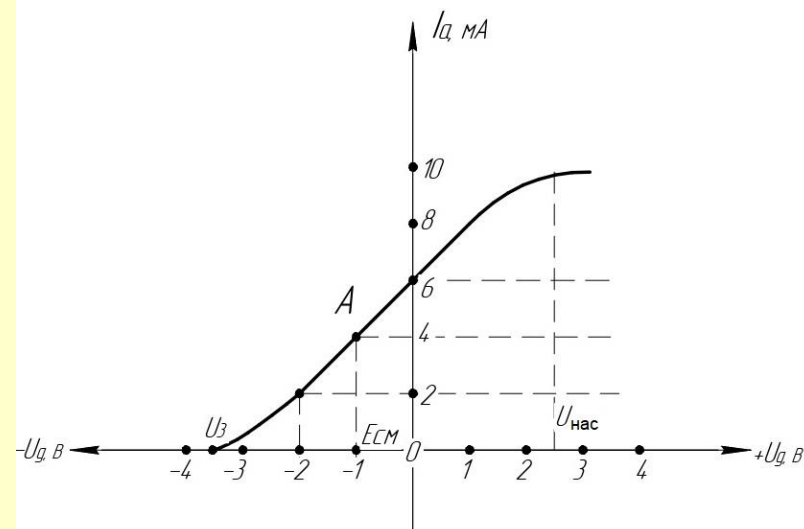


Анодная характеристика триода - график зависимости анодного тока I_a от изменения напряжения на аноде U_a , при неизменном напряжении на сетке U_c .

Несколько **анодных характеристик**, снятых при различных напряжениях на управляющей сетке, называются **семейством анодных характеристик**

Анодно-сеточная характеристика триода

АСХ триода - зависимость анодного тока I_a от изменения сеточного напряжения U_c , при постоянном анодном напряжении U_a .



- **если** на сетку подать полож+ напряжение относительно катода, то на электроны, излучаемые катодом, будут действовать два электрических поля – анода и сетки. В результате анодный ток будет возрастать.
- **если** на сетку подать отриц- напряжение, то поле сетки будет тормозящим и будет отталкивать часть электронов обратно к катоду. Анодный ток уменьшится.

Если подать такое отрицательное напряжение на сетку, что оно будет отталкивать все электроны к катоду, то в этом случае:

- анодный ток в цепи прекратится, хотя к нему приложено довольно высокое напряжение.

Минимальное отрицательное напряжение на **УС**, при котором анодный ток равен нулю, называется напряжением **отсечки** (*запирания* лампы).

Основные параметры триода

1. Крутизна характеристики, S .

Она показывает, на сколько миллиампер изменится анодный ток при изменении напряжения на сетке на 1 в при постоянном напряжении на аноде.

2. Внутреннее сопротивление триода, R_i – это отношение изменения анодного напряжения к вызываемому им изменению тока.

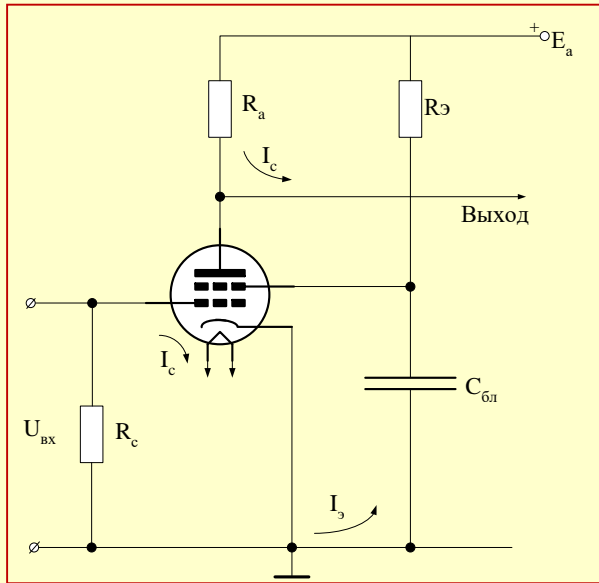
3. Коэффициент усиления, μ - показывает, во сколько раз изменение сеточного напряжения воздействует на анодный ток сильнее, чем изменение напряжения на аноде, приводящее к такому же изменению анодного тока:

$$S_{ri} = \mu$$

Основными **недостатками** триода являются:

- низкий коэффициент усиления;
- большие междуэлектродные емкости.

Четырехэлектродная лампа - тетрод



Тетрод - электронная лампа с четырьмя электродами: катодом, анодом и двумя сетками – управляющей и экранирующей.

Экранирующая сетка размещается между управляющей сеткой и анодом.

ЭС – для уменьшения проходной емкости C_{ac} . Вместе с этим увеличивается и коэффициент усиления лампы.

Экранирующая сетка выполняется из тонкой тугоплавкой проволоки.

Шаг витков у нее меньше, чем в управляющей сетке.

По высокой частоте она заземляется через конденсатор большой емкости, а к источнику питания подключается через сопротивление.

*В тетроде напряжение на аноде еще слабее влияет на электроны, излучаемые катодом. В связи с этим эффективность действия управляющей сетки возрастает и коэффициент усиления тетрода увеличивается, достигая 200—500. Однако в обычном тетроде возникает **динаatronный эффект**, который заключается в том, что под действием положительных напряжений анода и экранирующей сетки электроны, летящие с катода к аноду, развивают большую скорость и, ударяясь об анод, выбивают из него **вторичные** электроны.*

Пятиэлектродная лампа - пентод



Пентод - электронная лампа с 5-ю электродами: катодом, анодом и тремя сетками (управляющей, экранирующей и защитной).

Защитная сетка — для устранения динатронного эффекта.

Это достигается тем, что защитная (**антидинатронная**) сетка снижает скорость пролетающих к аноду электронов и возвращает к аноду вторичные электроны.

Защитная сетка изготавливается из тонкой проволоки, имеет большой шаг намотки и располагается между анодом и экранирующей сеткой.

Защитная сетка соединяется с катодом и по этому имеет отрицательный заряд по отношению к аноду.

Наличие густой экранирующей, а также защитной сетки позволяет уменьшить проходную емкость C_{ac} до тысячных долей пикофарады. Внутреннее сопротивление пентода достигает одного мегома, а коэффициент усиления — 1000—3000.

Пентод - универсальная лампа. Используется в схемах:

- усилительных каскадах, генераторах, детекторах и т. д.

Достоинства:

- малая проходная емкость, высокий коэффициент усиления позволяют использовать пентоды для усиления очень слабых сигналов высоких и сверхвысоких частот.

Недостатки: *наличие значительных собственных шумов.*

Условное обозначение ламп

Например: тип лампы - 6Ж1П

- ▶ первый элемент — число, обозначающее (округленно) напряжение накала в вольтах;
- ▶ второй элемент — буква, обозначающая тип прибора
 - ▶ А — частотно-преобразовательные лампы
 - ▶ Б — диод-пентоды, .
 - ▶ В — лампы со вторичной эмиссией,
 - ▶ Г — диод-триоды,
 - ▶ Д — диоды,
 - ▶ Ж — пентоды с короткой характеристикой,
 - ▶ Е — электронно-световые индикаторы настройки);
 - ▶ И — триод-гептоды,
 - ▶ К — пентоды с удлиненной характеристикой,
 - ▶ Л — лампы с поперечным отклонением луча,
 - ▶ Н — двойные триоды,
 - ▶ П — выходные пентоды и лучевые тетроды,
 - ▶ Р — двойные тетроды и пентоды,
 - ▶ С — триоды,
 - ▶ Ф — триод-пентоды
 - ▶ Х — двойные диоды,
 - ▶ Ц — маломощные кенотроны, относящиеся к категории приемно-усилительных ламп,
 - ▶ Э — тетроды
- ▶ третий элемент — число, обозначающее порядковый номер данного типа лампы;
- ▶ четвертый элемент — буква, характеризующая конструктивное оформление лампы
 - ▶ С — в стеклянной оболочке с цоколем или без него диаметром более 24 мм,
 - ▶ К — в керамической оболочке,
 - ▶ Д — в метал-лостеклянной оболочке с дисковыми впамями,
 - ▶ П — в стеклянной оболочке миниатюрные диаметром 19 и 22,5 мм,
 - ▶ Г, Б, А — в стеклянной оболочке сверхминиатюрные диаметром соответственно свыше

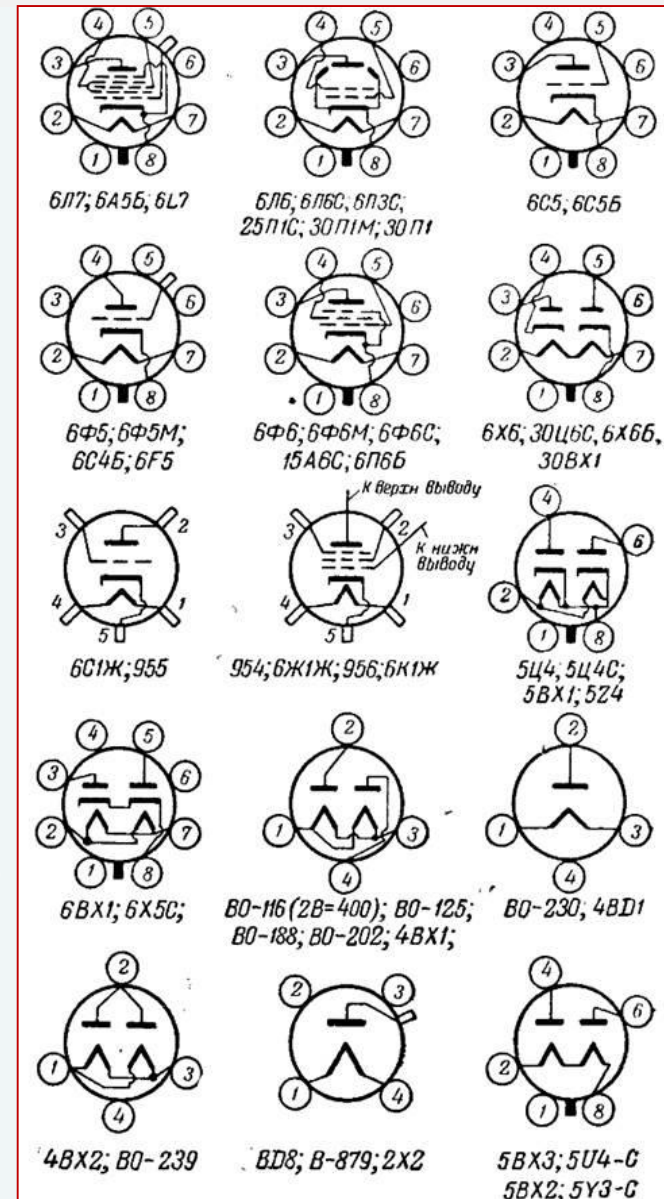


Рис. 4. Цоколевка электронных ламп и других вакуумных приборов (продолжение)



Вопрос 3

Электронные усилители

Электронные усилители

Электронные усилители – это активные четырехполюсники, использующие свою энергию источника электрических сигналов.

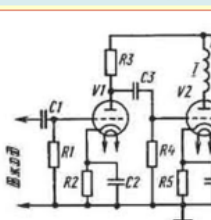


Ламповый усилитель

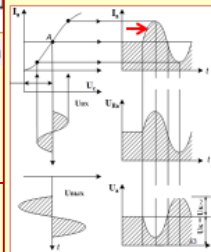
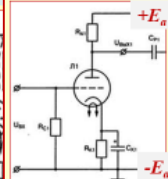
1. Усилитель низкой (звуковой) частоты

Усилитель низкой (звуковой) частоты предназначен:

- для усиления сигналов с частотой от 20 до 20000 Гц.



Двухкаскадный УНЧ на



Принцип работы УНЧ

1. Входной сигнал отсутствует ($U_{вх}=0$).

При подключении источника напряжения E

2. Усилитель промежуточной (высокой) частоты

Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) осуществляет основное усиление сигнала РИМУ.

Применение постоянной $f_{пр}$, которая значительно ниже частоты принимаемого сигнала,

усиление сигнала необходимо.

А

и

усилителя.

Число каскадов, называемое

О

В

у

а

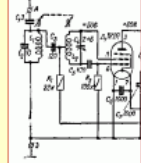
с

О

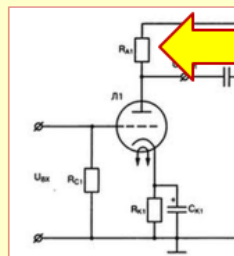
- номинальная промежуточная частота,

- полоса пропускания,

- коэффициент усиления



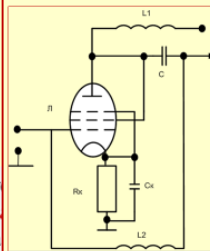
Усилитель промежуточной частоты



Отличим УВЧ, УПЧ от усилителя по наличию **колебательного контура**.
Усиление входного сигнала

Такие усилители называются

Усилитель промежуточной частоты на пентоде



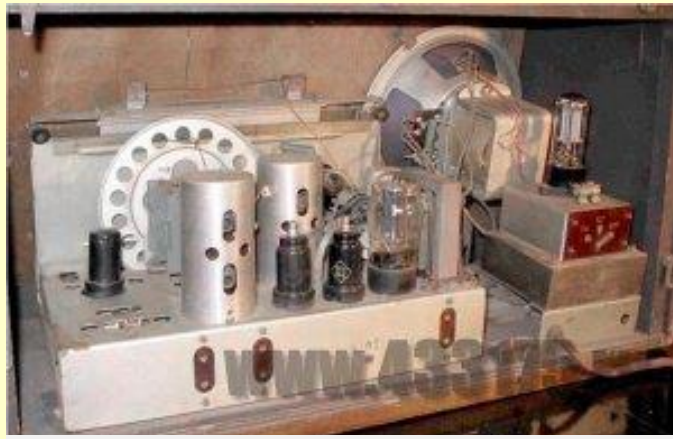
Состав:

- лампа, Л1 (пентод);
- цепь смещения, R_k (для выбора рабочей точки на линейном участке анодно-сеточной характеристики лампы);
- фильтр, $С_k$;
- разделительный конденсатор, C ;
- индуктивность, L_1 (для обеспечения стабильности работы усилителя за счет нейтрализации проходной емкости лампы Л1, настраивается на промежуточную частоту с этой емкостью);
- контур, $L_2 C_0$, где C_0 – суммарная емкость межэлектродных емкостей лампы (этот контур также настраивается на промежуточную частоту).



Электронные усилители

Электронные усилители – это активные четырехполюсники использующие свойства ламп (полупроводников и др.) и энергию источника постоянного тока для увеличения мощности электрических сигналов.



Ламповый усилитель

Классификация:

1) по типу усилительного элемента:

- ламповые;
- полупроводниковые и др.

2) по диапазону усиливаемых частот:

- УНЧ, УЗЧ, видеоусилители;
- УПЧ; УВЧ;
- УСВЧ.

4) по количеству каскадов усиления:

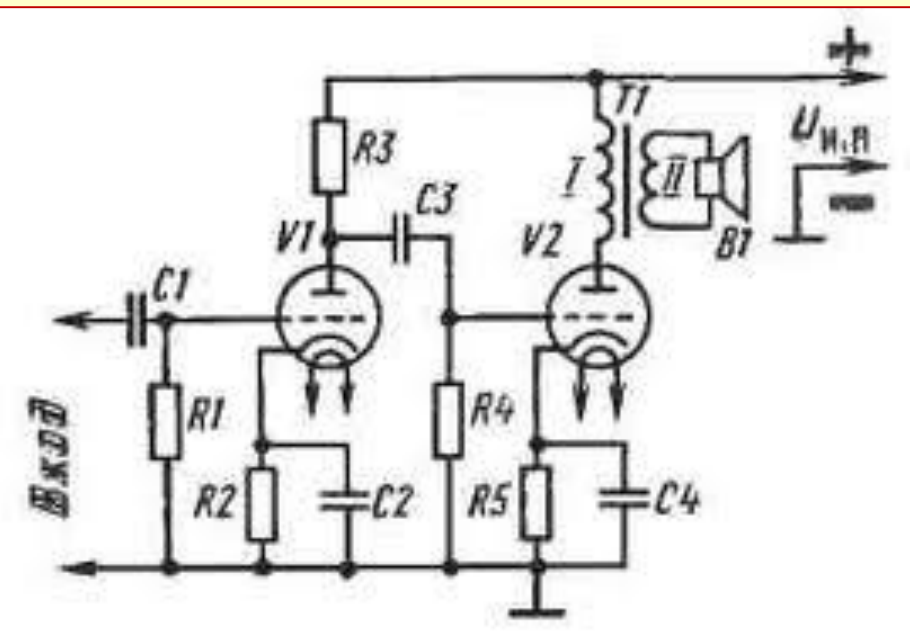
- однокаскадные,
- двухкаскадные, многокаскадные;

3) по виду усиливаемого сигнала и т.д.

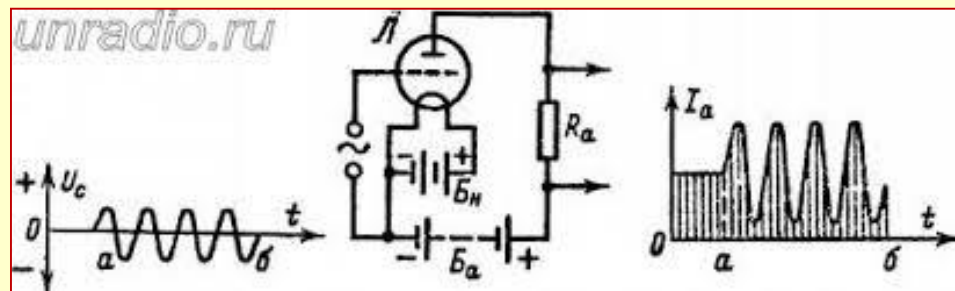
1. Усилитель низкой (звуковой) частоты

Усилитель низкой (звуковой) частоты предназначен:

- для усиления напряжения входного сигнала в диапазоне от 20 до 20000 Гц (резистивный усилитель).



Двухкаскадный УНЧ на триодах



Однокаскадный УНЧ на триоде

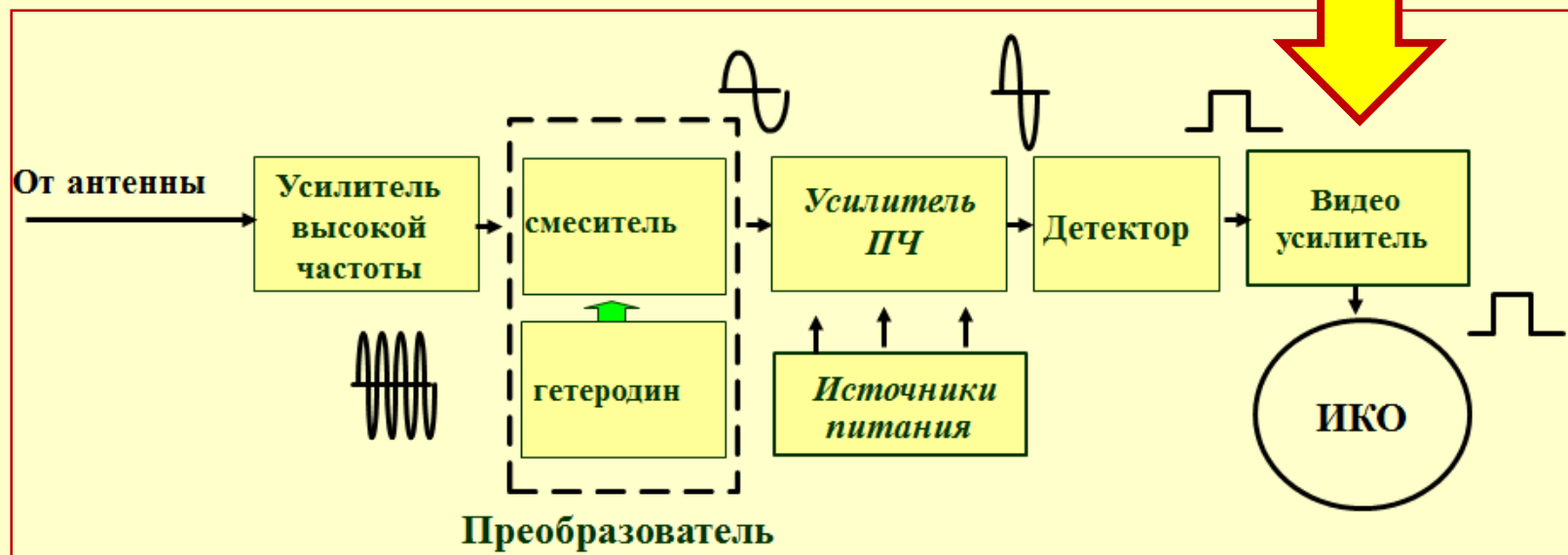
Каскад — последовательная цепочка взаимосвязанных действий или эффектов. (*cascade f.*, > нем. *Caskade*, пол. *kaskada 1*). Искусственный или природный водопад, низвергающийся уступами).

1. Усилитель низкой (звуковой) частоты

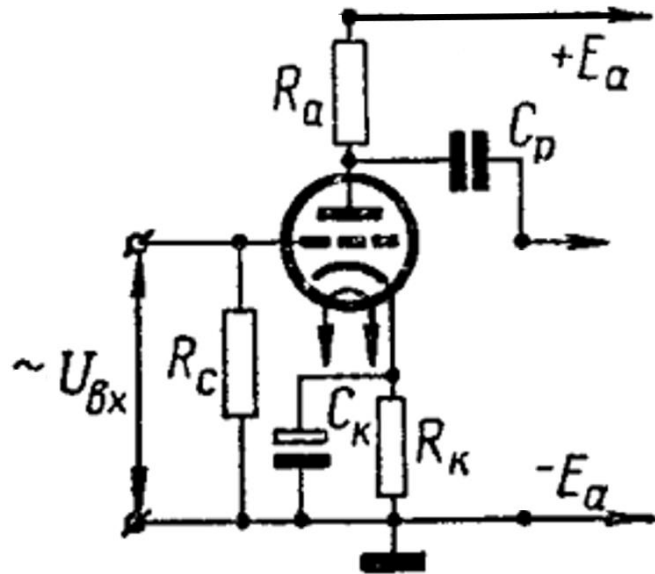
Применение:

Усилитель низкой частоты в ПРМС применяется:

- в качестве *видеоусилителя* для усиления сигнала $f_{ПЧ}$ до величины, необходимой для нормальной работы оконечного устройства (индикатора) приемной системы РЛС;
- для согласования выхода приемного устройства с входом индикаторного устройства (ИКО).

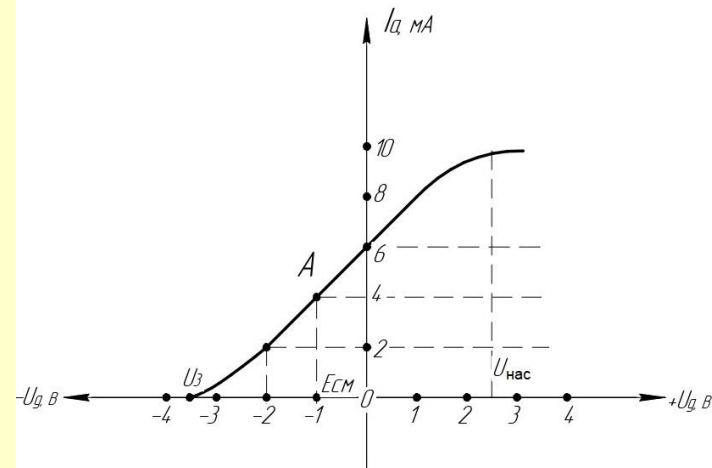


Однокаскадный УНЧ на триоде



Состав:

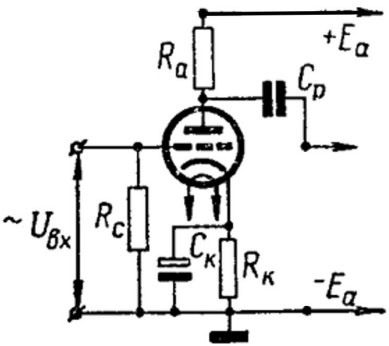
- усилительная лампа, L_1 (триод);
- цепочка автосмещения R_k, C_k (гридлик*):
- катодное смещение, R_k (для выбора рабочей точки А на линейном участке анодно-сеточной характеристики лампы);
- фильтр C_k (для сглаживания пульсаций переменной составляющей анодного тока);
- разделительный конденсатор, C_p (для разделения постоянной и переменной составляющей анодного тока);
- анодное сопротивление, R_a (для регулировки величины анодного тока);
- сеточное сопротивление утечки, R_c (для регулировки сеточного тока).



Принцип работы УНЧ

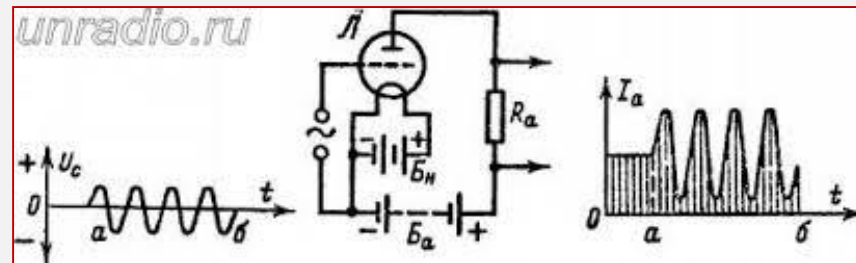
1. Входной сигнал отсутствует ($U_{вх} = 0$).

При подключении источника напряжения E_a через лампу протекает **ток покоя**, I_0 по цепи: **$+E_a$, R_a , анод, катод, R_k , $-E_a$** .



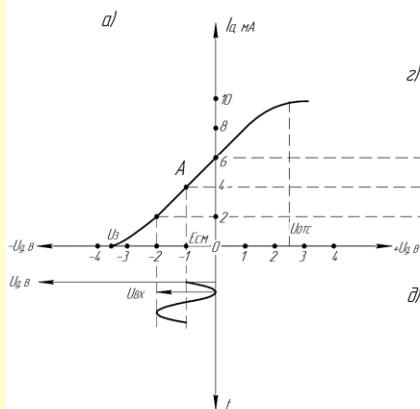
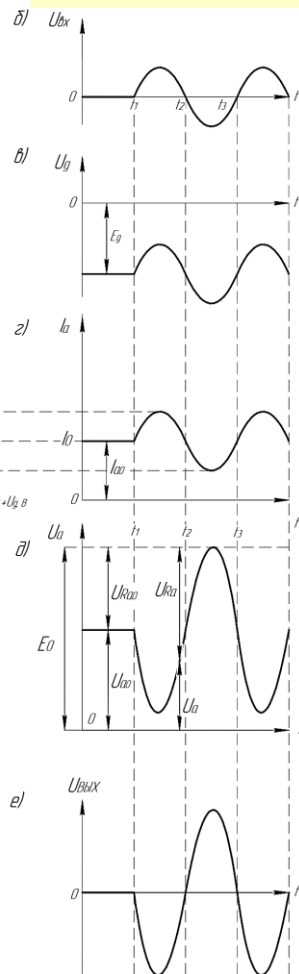
2. Входной сигнал поступает.

Анодный ток начинает пульсировать по закону изменения входного напряжения.

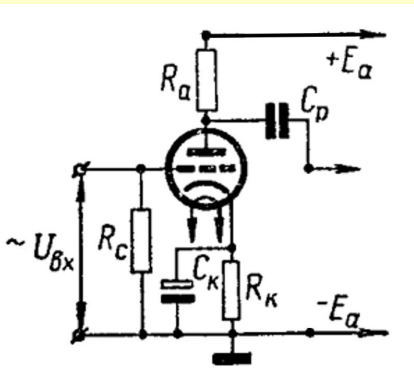


В **положительный** полупериод:

- ток анода увеличивается, возрастает напряжение на анодном сопротивлении,
- анодное напряжение согласно 2-му закону Кирхгофа падает.



Принцип работы УНЧ



В **отрицательный** полупериод:

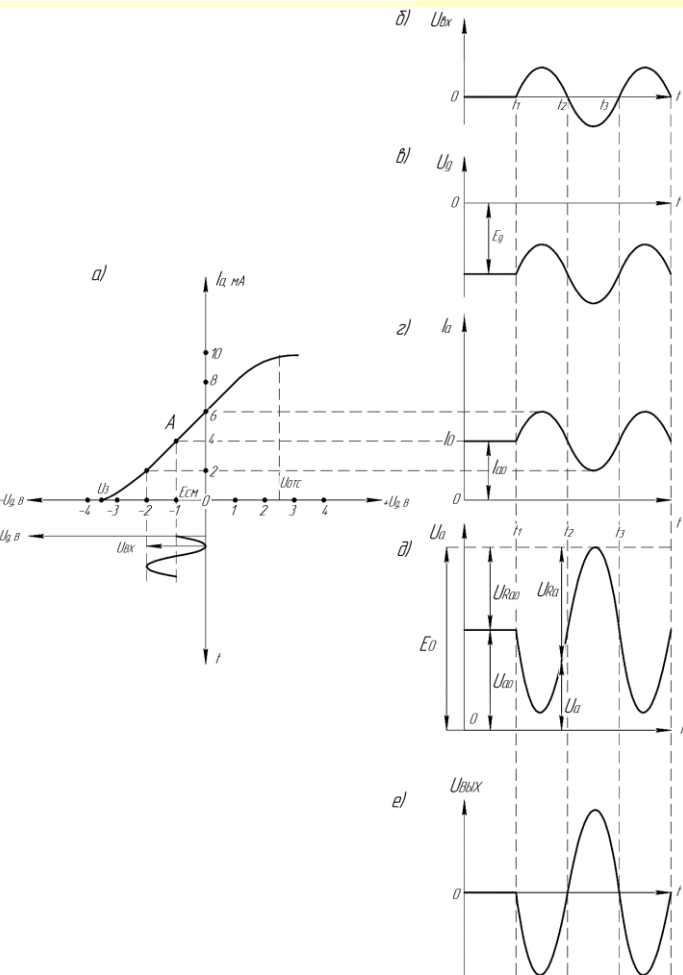
- ток анода и напряжение на анодном сопротивлении уменьшается, а анодное напряжение возрастает.

Разделительный конденсатор C_p компенсирует постоянную составляющую выходного напряжения.

При этом фаза выходного напряжения меняется на 180° .

Таким образом:

- однокаскадный усилитель обладает **инверторным** свойством;
- за счет расхода энергии анодного источника E_a происходит усиление амплитуды входного напряжения.

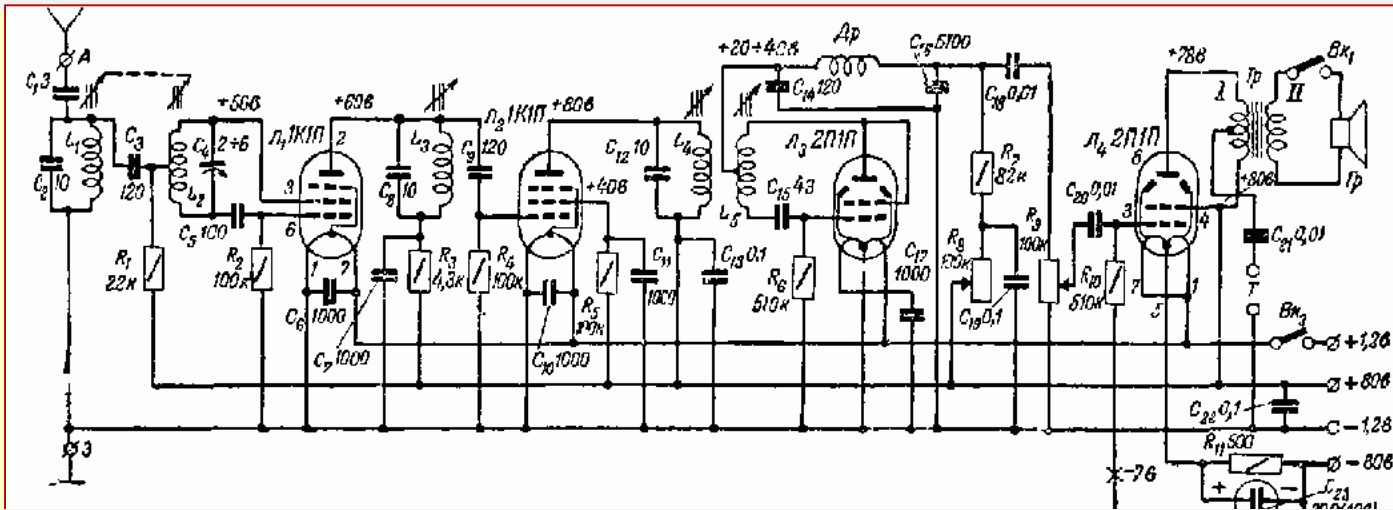


2. Усилитель промежуточной (высокой) частоты

Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) - осуществляет основное усиление сигнала РПМУ.

Применение постоянной f_{np} , которая значительно ниже частоты принимаемого сигнала, позволяет получить большее неискаженное усиление сигнала необходимой полосы частот при устойчивой работе усилителя.

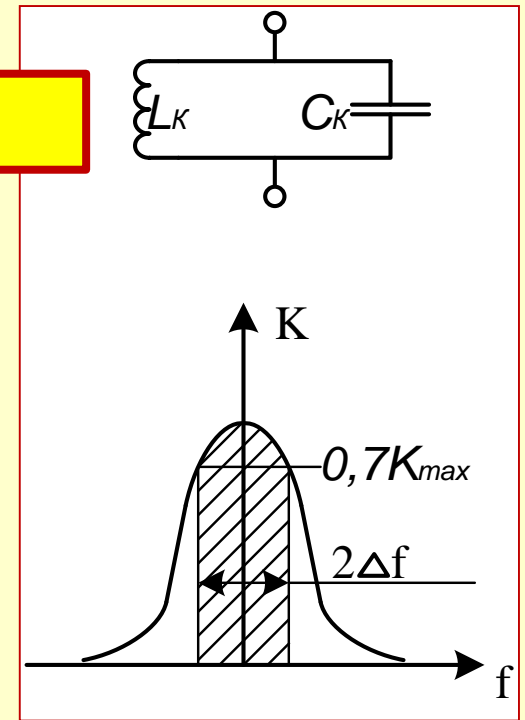
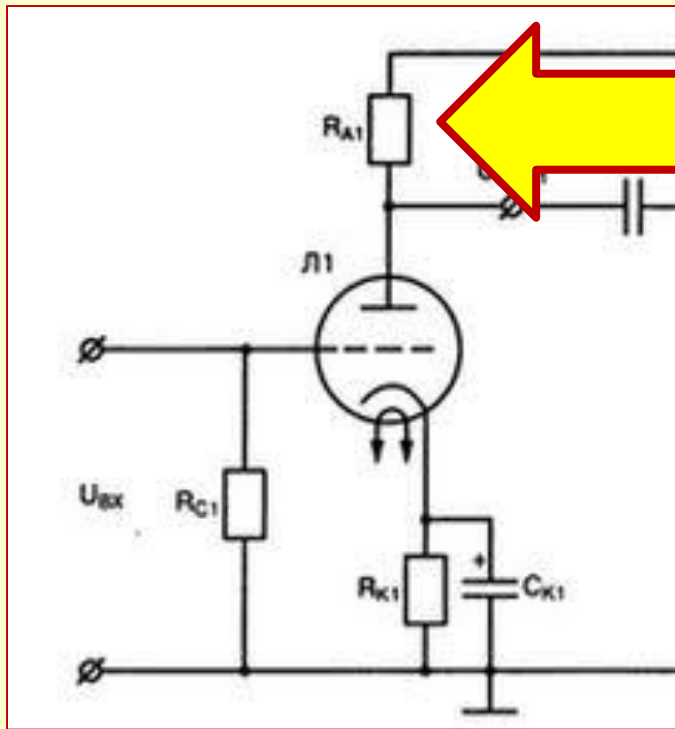
Число каскадов, называемой *линейкой* УПЧ, может быть от 5 до 10.



Основные параметры УПЧ:

- номинальная промежуточная частота, $f_{np} = 10-100$ МГц;
- полоса пропускания, $\Delta f \sim 8$ МГц;
- коэффициент усиления, K .

Усилитель промежуточной частоты



Отличием УВЧ, УПЧ от усилителя низкой частоты является:

- наличие **колебательного контура** в анодной нагрузке.

Усиление входного сигнала происходит на резонансной частоте

контура:

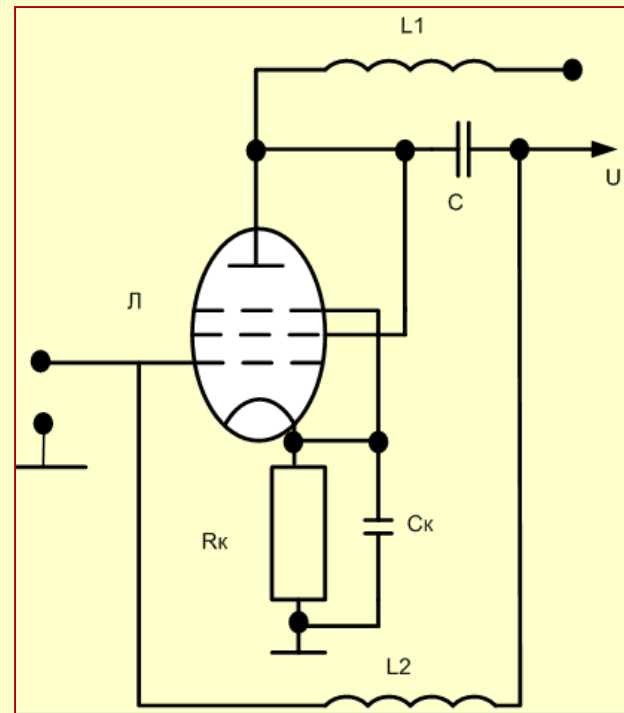
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Такие усилители называются **РЕЗОНАНСНЫМИ***

Усилитель промежуточной частоты на пентоде

Состав:

- лампа, Л1 (пентод);
- цепь смещения, R_k (для выбора рабочей точки на линейном участке анодно-сеточной характеристики лампы);
- фильтр, C_k ;
- разделительный конденсатор, C ;
- индуктивность, L_1 (для обеспечения стабильности работы усилителя за счет нейтрализации проходной емкости лампы Л1, настраивается на промежуточную частоту с этой емкостью);
- контур, $L_2 C_0$, где C_0 – суммарная емкость межэлектродных емкостей лампы (этот контур также настраивается на промежуточную частоту).



ЗАДАНИЕ НА САМОПОДГОТОВКУ:

Изучить материал занятия
по конспекту и учебному пособию.

Вопросы занятия:

1. Двухэлектродная лампа.
2. Трехэлектродная лампа, многоэлектродные лампы.
3. Усилители высокой частоты и промежуточной частоты, видеоусилители.



- Литература:**
1. Учебное пособие
«Основы построения ЗАК»-2013 г.,
стр.73-78, 94-99
 2. Учебное пособие
«Основы построения РАС
обнаружения и РЭБ» ТУСУР - 2003 г.,
стр. 67-69



4

Конец занятия

Автосмещение (Гридлик)

Гридлик (англ. *grid leak* — *утечка сетки*) — цепь автоматического смещения в конструкциях с электронной лампой.

Состоит из параллельно соединенного конденсатора и резистора, включенных между катодом и сеткой. Используется в электронных генераторах сигналов для улучшения их запуска и обеспечения высокого КПД.

Работает следующим образом:

Импульсы сеточного тока заряжают конденсатор, на нем устанавливается некоторое отрицательное напряжение, которое запирает лампу.

При этом конденсатор тут же начинает разряжаться через резистор — устанавливается равновесие между током заряда конденсатора (импульсами сеточного тока) и током разряда через резистор.

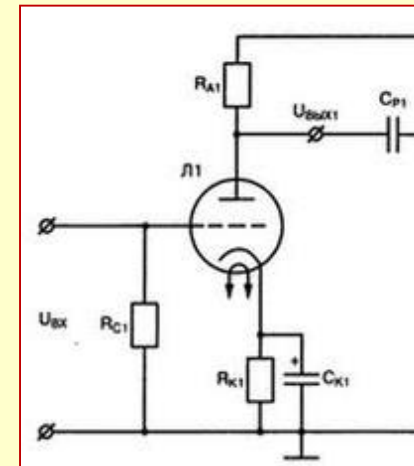
На практике сопротивление резистора составляет единицы МОм.

Резистор часто ставится переменным, что позволяет регулировать напряжение смещения.

Литература Власов В. Ф. Курс радиотехники. М.: Госэнергоиздат, 1962. С. 928.

Изюмов Н. М., Линде Д. П. Основы радиотехники. М.: Госэнергоиздат, 1959. С. 512

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BB%D0%B8%D0%BA>



Резонансный усилитель

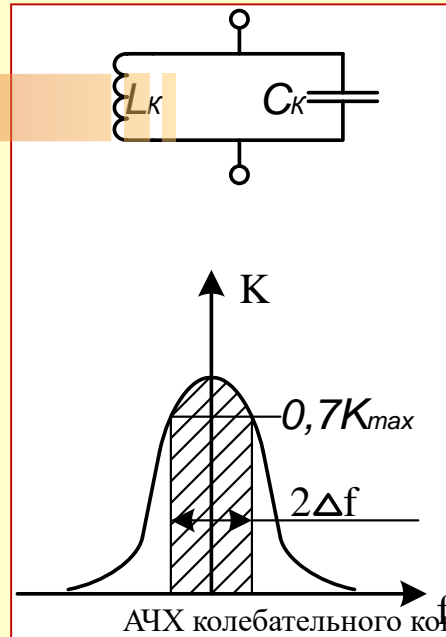
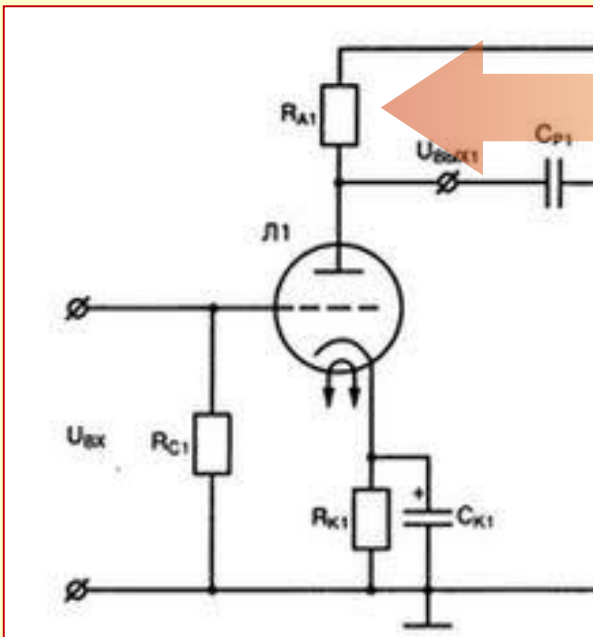
Резонансный усилитель – усилитель, предназначенный для избирательного усиления сигналов радиочастоты (в узком диапазоне частот $f_0 \pm \Delta f$).

В схеме **РУ** вместо сопротивления анодной нагрузки R_a используется **LC** параллельный колебательный контур.

Его активное сопротивление на резонансной частоте f_0 максимально, а для других частот резко уменьшается.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Так как величина R_a влияет на коэффициент усиления усилителя **K**, то появляется полосовая зависимость **K** от **f** и, соответственно, *избирательность*. Считается, что усиливаемая полоса частот составляет $2\Delta f$ (*полоса пропускания*)



Полоса пропускания, $2\Delta f$ – область частот, на границах которой коэффициент усиления **K** уменьшается до $0,707$



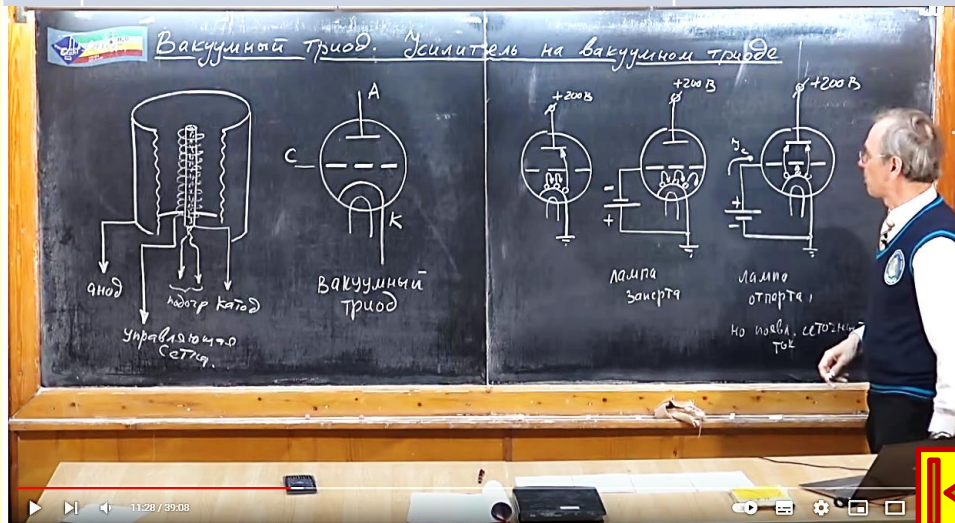
Контрольные вопросы

1. Сущность и виды радиолокации.
2. Радиоволны и их основные свойства, применяемые в РЛ.
3. Импульсная РЛС.
4. Основные технические характеристики импульсного радиолокатора.
5. Эффективная отражающая поверхность (ЭОП) цели.
6. Виды электрических импульсов и их параметры.
7. Дифференцирующие цепи.
8. Интегрирующие цепи.
9. Импульсный метод определения дальности.
10. Методы определения угловых координат. Метод равносигнальной зоны (при коническом обзоре пространства).



Дополнительные материалы

№	Название	Ссылка	
1	Урок 303. Вакуумный триод. Усилитель на вакуумном триоде	https://www.youtube.com/watch?v=sSZ38BQ5dbk	
2	Ламповый усилитель 60-ых годов XX-го века.	https://www.youtube.com/watch?v=QMBnxBMq0gI	
3	Детектирование модулированных сигналов	https://conture.by/post/470	



Урок 303. Вакуумный триод. Усилитель на вакуумном триоде

Ламповый усилитель 60-ых годов XX-го века.

Занятие №4. Электровакuumные приборы

Вопрос 1

Двухэлектродная лампа

Электровакuumные приборы
ЭВП - прибор, в котором работает пространство, изолированное газом, имеет высокую степень вакуума, среднее давление, которого составляет 10^{-4} мм рт.ст.

Двухэлектродная лампа (диод)
Диодом называется электронная лампа.

Устройство диода
Катод - электрод, предназначенный для излучения электронов.

Схема включения диода
Схема имеет катодную, анодную цепи.

Основные параметры диода
Если увеличить напряжение на аноде лампы, то анодный ток будет увеличиваться до определенного предела и при дальнейшем увеличении напряжения увеличиваться не будет. Максимальный анодный ток, при котором все электроны вылетевшие с катода, попадают на анод, называется **анодным током насыщения**.

Анодная характеристика
Если анодное напряжение $U_a < U_{an}$, то анодный ток $I_a < I_{an}$.
Если $U_a > U_{an}$, то $I_a = I_{an}$.

Анодно-сеточная характеристика триода
Если подать такое напряжение, при котором все электроны, вылетевшие с катода, попадают на сетку, а не на анод, то анодный ток будет равен нулю.

Патентное обозначение лампы
Например: тип лампы - 6Ж1П

Вопрос 2

Трехэлектродная лампа, многоэлектродные лампы

Трехэлектродная лампа (триод)
Триод - электронная лампа с тремя электродами.

Схема включения триода
Схема имеет катодную, анодную, сеточную цепи.

Анодная характеристика триода
Анодно-сеточная характеристика триода
АСХ триода - зависимость анодного тока I_a от напряжения U_a при постоянном анодном напряжении U_c .

Четырехэлектродная лампа - тетрод
Патентное обозначение лампы

Пятиэлектродная лампа - пентод
Патентное обозначение лампы

Условное обозначение лампы
Например: тип лампы - 6Ж1П

Вопрос 3

Электронные усилители

Электронные усилители
Электронный усилитель - это устройство, предназначенное для усиления сигнала.

1. Усилитель низкой (звуковой) частоты
Усилитель низкой (звуковой) частоты предназначен для усиления сигналов звуковой частоты.

Принцип работы УНЧ
Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) осуществляет усиление сигнала промежуточной частоты (ПЧ).

Усилитель промежуточной частоты
Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) осуществляет усиление сигнала промежуточной частоты (ПЧ).

3. Усилитель сверхвысокой частоты
Усилитель сверхвысокой частоты (УСВЧ) предназначен для усиления сигналов сверхвысокой частоты (СВЧ).

Принцип работы УСВЧ на АБВ
Усилитель сверхвысокой частоты (УСВЧ) предназначен для усиления сигналов сверхвысокой частоты (СВЧ).

Принцип работы УСВЧ на АБВ
Фокусировка электронного потока осуществляется с помощью (б) и постоянными магнитами. В результате по мере приближения волны от центра к концу спирали ее амплитуда нарастает, и с помощью лампы снимают усиленные колебания. Электроны, прошедшие внутри спирали и отдавшие энергию, улавливаются коллекторами и отдаются в цепь источника питания.