

# **Дисциплина: УСТРОЙСТВА ФОРМИРОВАНИЯ И ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ**

## **Образовательной программы:**

**направления подготовки дипломированных специалистов  
210300 РАДИОТЕХНИКА**

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Цели и задачи изучения дисциплины**

- изучение принципов построения передающих систем;
- изучение передающих устройств в различных диапазонах волн;
- изучение основных типов современных вакуумных и полупроводниковых генераторных и усилительных приборов;
- изучение основных элементов передающих устройств;
- изучение модуляторов, усилителей мощности, умножителей, синтезаторов частот;
- изучение основ схемотехники;
- изучение особенностей проектирования и эксплуатации передающих устройств средств радиоэлектронной борьбы.

# В результате теоретического изучения

## ДИСЦИПЛИНЫ СТУДЕНТ ДОЛЖЕН:

### **иметь представление:**

- об основных видах радиоэлектронных схем, используемых в устройствах формирования и генерирования сигналов;
- о принципах функционирования устройств формирования и генерирования сигналов.

### **знать и уметь использовать:**

- теоретические методы анализа и синтеза радиоэлектронных схем формирования сигналов;
- методы теоретического и экспериментального исследований устройств формирования и генерирования сигналов;
- методы выбора устройств формирования и генерирования сигналов для конкретных применений;
- методы построения и способы реализации на ЭВМ имитационных моделей устройств формирования сигналов;

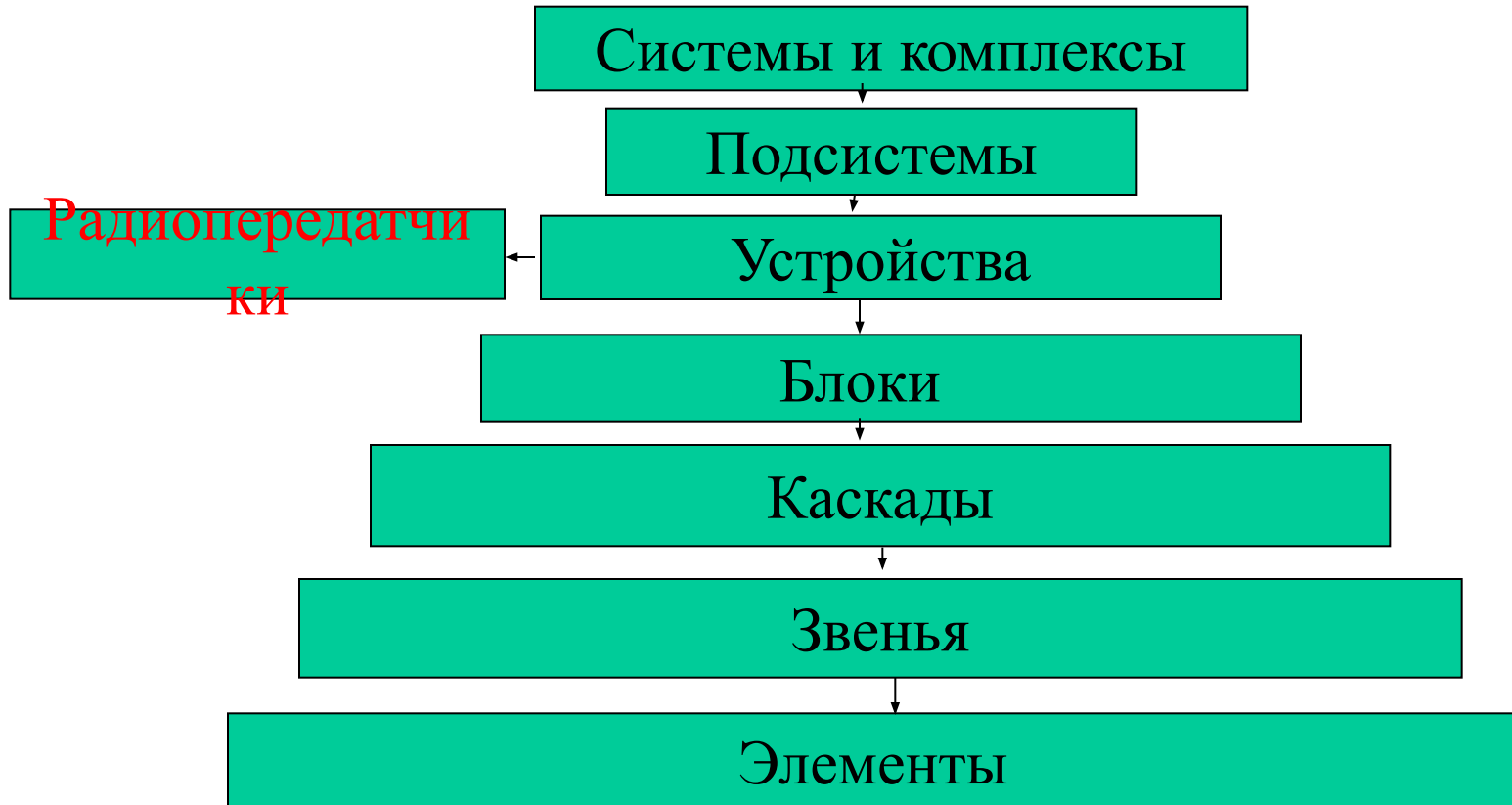
### **иметь опыт:**

- выполнения инженерных расчетов и принятия профессиональных решений по проектированию устройств формирования и генерирования сигналов;
- проведения расчетов и вычислительных экспериментов на ЭВМ
- для оценки показателей эффективности устройств формирования и генерирования сигналов;
- работы с научно-технической документацией, технической литературой и другими информационными источниками для решения профессиональных задач.

# ТЕМА 1. ЗАДАЧИ И ФУНКЦИИ РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ (РПУ)

Радиопередающими устройствами (более коротко - радиопередатчиками) называются радиотехнические аппараты, служащие для генерирования, усиления по мощности и модуляции высокочастотных (ВЧ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) колебаний, подводимых к антенне и излучаемых в пространство.

# Иерархия компонентов РЭС



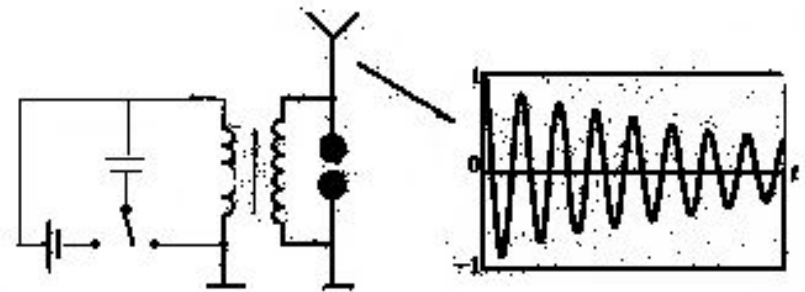
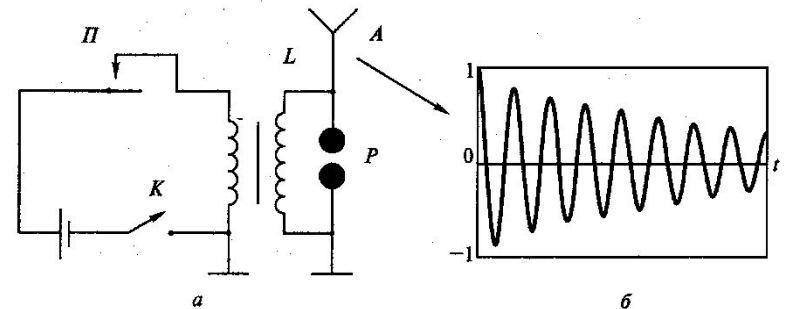
# Работа передатчика

Схема радиопередатчика, приведенная на рис. а, включает следующие основные элементы: антенный контур, состоящий из антенны (А) и вторичной обмотки индукционной катушки (L), искровой разрядник (Р), прерыватель (П), ключ (К) и источник постоянного тока. Форма колебаний, излучаемых радиопередатчиком, показана на рис. б.

При размыкании контактов 1 и замыкании 2 в контуре возникает затухающий колебательный процесс, описываемый выражением

$$u(t) = E \cdot e^{-\alpha t} \cos(\omega t)$$

где  $\omega = 1/\sqrt{LC}$  - частота колебаний;  
а- коэффициент затухания.



# Основные этапы развития техники и теории РПДУ

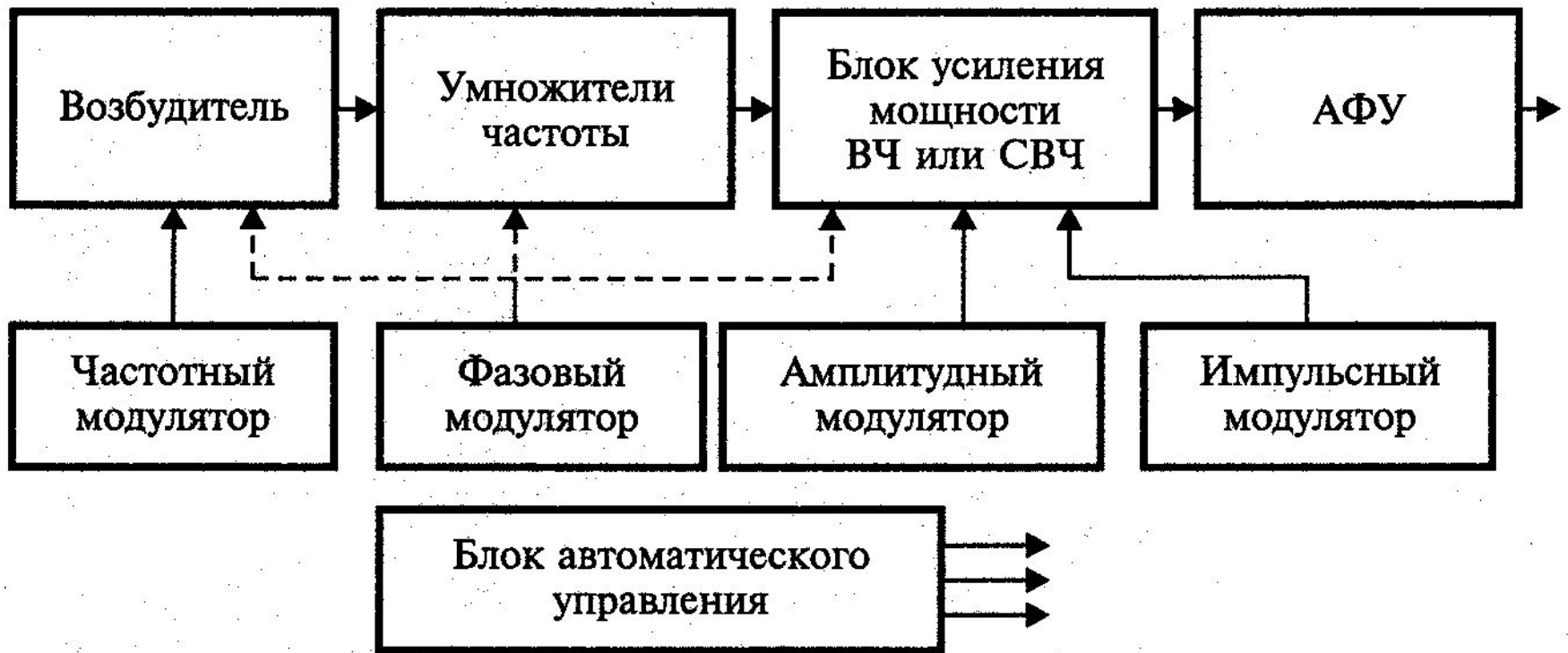
**Первый этап** (1896 - 1920) включает в себя создание искровых радиопередатчиков, использующих машинные генераторы высокой частоты. Мощность последних достигала нескольких киловатт, а частота - 20 кГц.

**Второй этап** (с 1920 г. по настоящее время) связан с изобретением электровакуумных приборов - триода, тетрода и пентода. В России первый электровакуумный прибор, пригодный для генерации и усиления ВЧ колебаний, был разработан в Нижнем Новгороде под руководством М.А. Бонч-Бруевича.

**Третий этап** (с 1938 г. по настоящее время) связан, в первую очередь, с телевидением и радиолокацией, развитие которых требовало освоения все более высоких частот - перехода к дециметровым и сантиметровым волнам.

**Четвертый этап** (с 1960 г. по настоящее время) связан с созданием мощных ВЧ и СВЧ транзисторов. Первый транзистор, за который американским ученым Шокли, Бардину и Брайтену в 1956 г. присудили Нобелевскую премию по физике, был сделан в 1950 г.

# Обобщенная структурная схема РЧДУ



# Классификация частот и их применение

Наименование диапазона	Длина волны	Частота	Назначение системы и радиопередатчика
Мириаметровые (сверхдлинные волны)	100... 10 км	3 ... 30 кГц	Дальняя радионавигация
Километровые (длинные волны)	100...1 км	30...300 кГц	Радиовещание
Гектометровые (средние волны)	1000...100 м	0,3...3 МГц	Радиовещание
Декаметровые (короткие волны)	100...10 м	3...30 МГц	Радиовещание Мобильная радиосвязь Любительская радиосвязь (диапазон 27 МГц)
Метровые (ультракороткие волны)	10...1м	30...30 МГц	УКВ ЧМ вещание Телевизионное вещание Мобильная радиосвязь Самолетная радиосвязь
Дециметровые (L, S диапазоны)	1...0,1 м	0,3...3 ГГц	Телевизионное вещание Космическая радиосвязь и радионавигация Сотовая радиосвязь Радиолокация
Сантиметровые (C, X, K диапазоны)	10...1 см	3...30 ГГц	Космическая радиосвязь Радиолокация Радионавигация Радиоастрономия
Миллиметровые	10...1 мм	30...300 ГГц	Космическая радиосвязь Радиолокация Радиоастрономия



## ТЕМА 2. Классификация, каскады, структурная схема и параметры радиопередатчиков

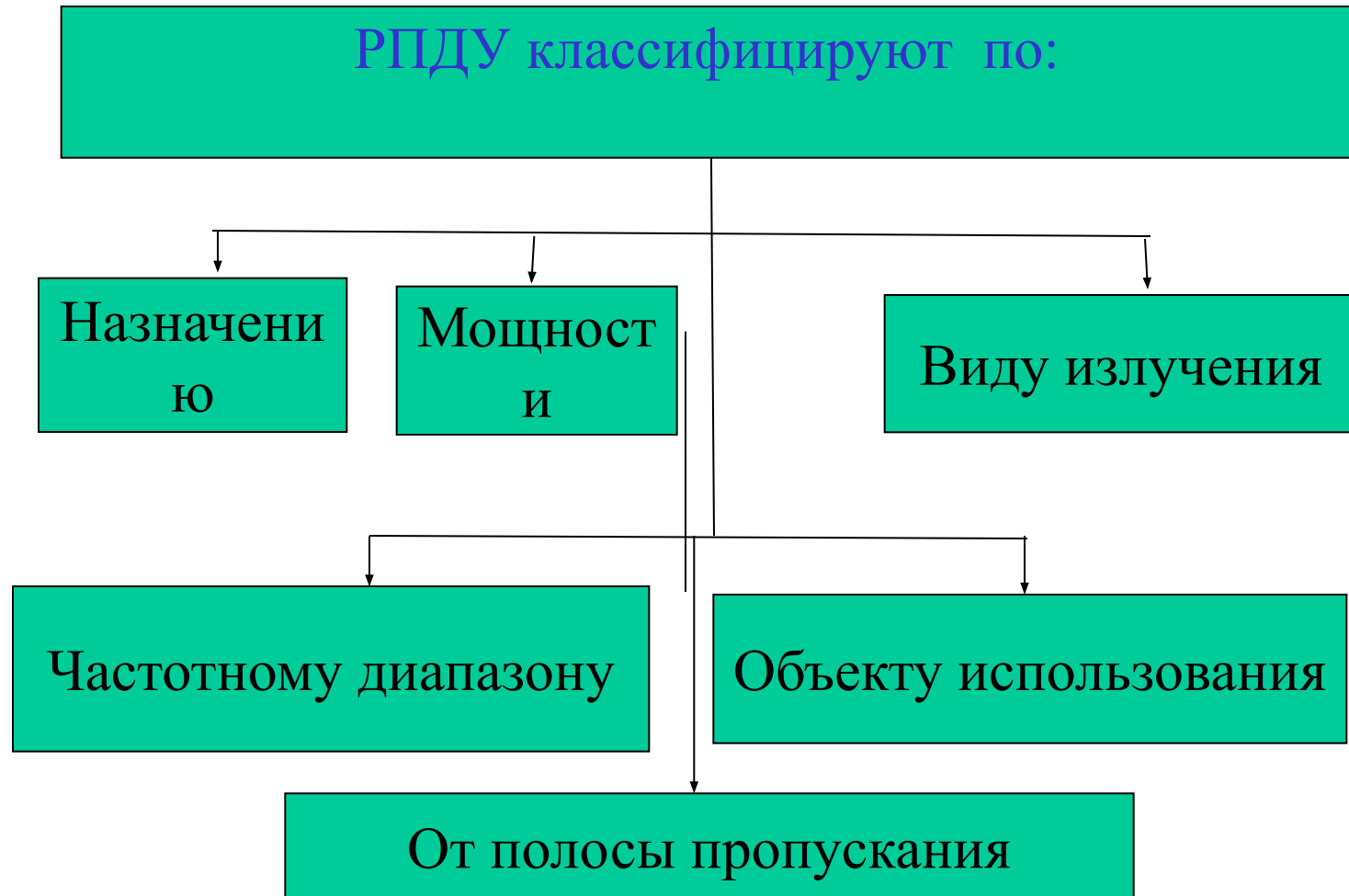


Табл. 1. Диапазоны радиоволн

Наименование диапазона		Границы диапазонов
основной термин	параллельный термин	
1-й диапазон частот	Декамегаметровые	100—10 мм
2-й диапазон частот	Мегаметровые	10—1 мм
3-й диапазон частот	Гектокилометровые	1000—100 км
4-й диапазон частот	Мириаметровые	100—10 км
5-й диапазон частот	Километровые	10—1 км
6-й диапазон частот	Гектометровые	1—0,1 км
7-й диапазон частот	Декаметровые	100—10 м
8-й диапазон частот	Метровые	10—1 м
9-й диапазон частот	Дециметровые	1—0,1 м
10-й диапазон частот	Сантиметровые	10—1 см
11-й диапазон частот	Миллиметровые	10—1 мм
12-й диапазон частот	Децимиллиметровые	1—0,1 мм

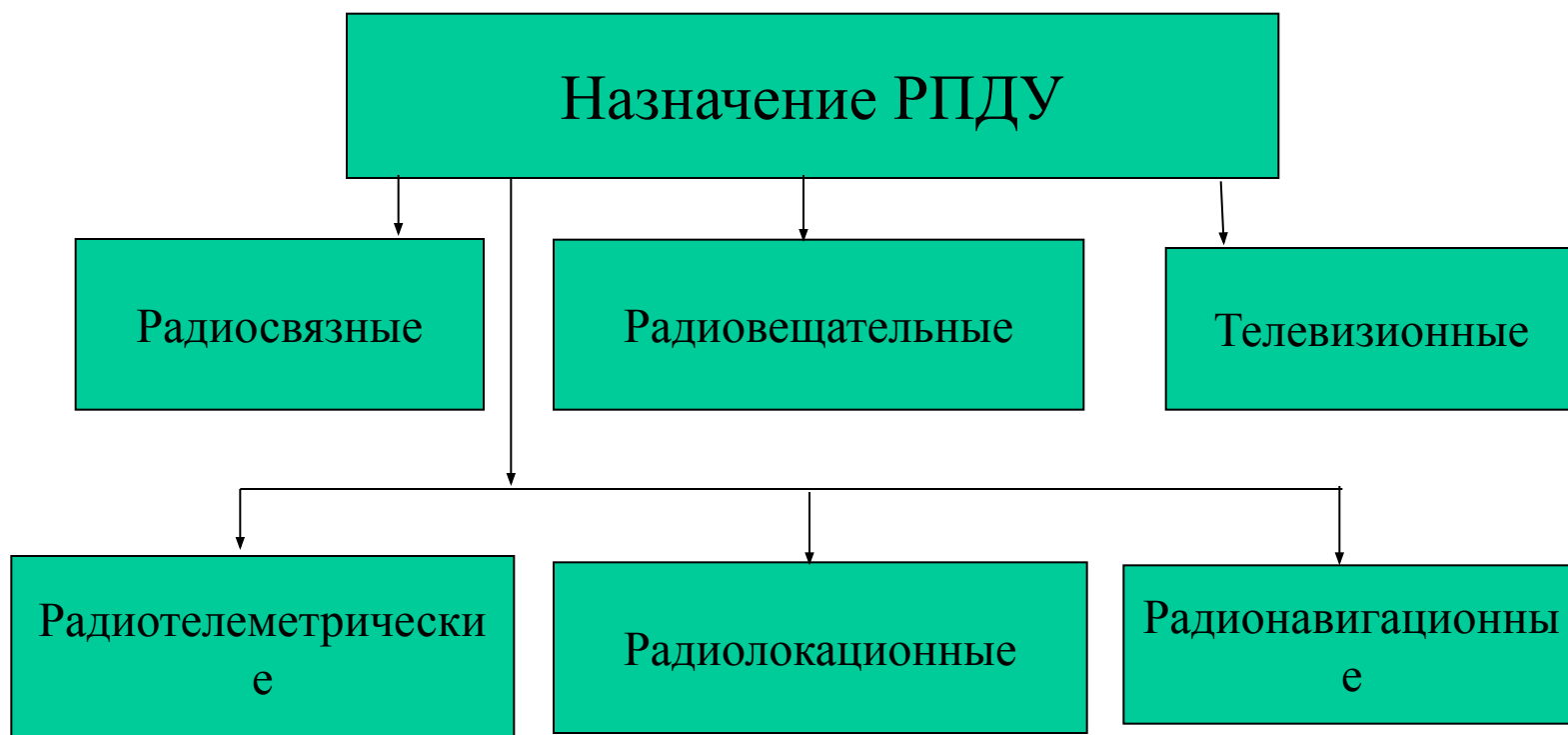
# Табл. 2. Диапазоны радиочастот

Наименование диапазона		Границы диапазонов
основной термин	параллельный термин	
1-й диапазон частот	Крайне низкие КНЧ	3—30 <i>гц</i>
2-й диапазон частот	Сверхнизкие СНЧ	30—300 <i>гц</i>
3-й диапазон частот	Инфранизкие ИНЧ	0,3—3 <i>кГц</i>
4-й диапазон частот	Очень низкие ОНЧ	3—30 <i>кГц</i>
5-й диапазон частот	Низкие частоты НЧ	30—300 <i>кГц</i>
6-й диапазон частот	Средние частоты СЧ	0,3—3 <i>МГц</i>
7-й диапазон частот	Высокие частоты ВЧ	3—30 <i>МГц</i>
8-й диапазон частот	Очень высокие ОВЧ	30—300 <i>МГц</i>
9-й диапазон частот	Ультравысокие УВЧ	0,3—3 <i>ГГц</i>
10-й диапазон частот	Сверхвысокие СВЧ	3—30 <i>ГГц</i>
11-й диапазон частот	Крайне высокие КВЧ	30—300 <i>ГГц</i>
12-й диапазон частот	Гипервысокие ГВЧ	0,3—3 <i>ТГц</i>

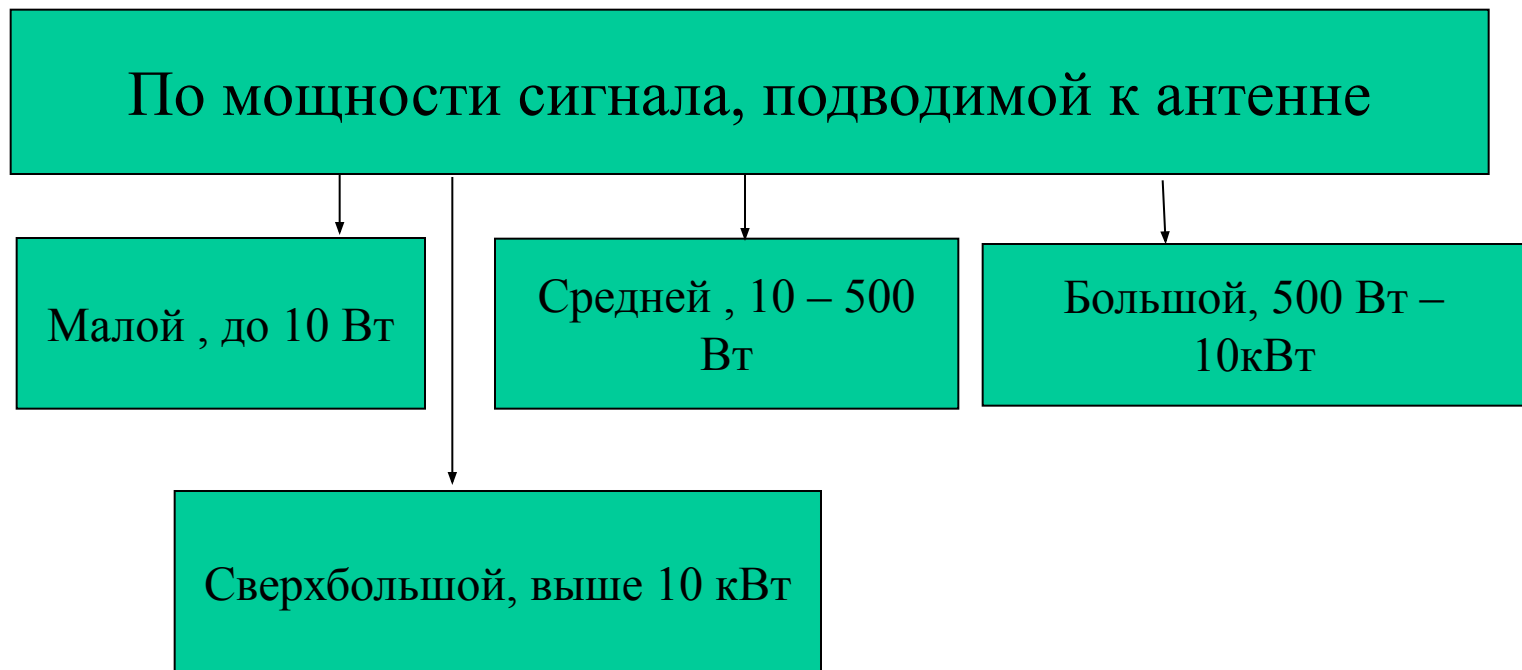
Табл. 3. Деление всего диапазона радиоволн  
на меньшие диапазоны.

Название поддиапазона	Длина волны, <i>м</i>	Частота колебаний, <i>гц</i>
Сверхдлинные волны	более $10^4$ <i>м</i>	менее $3 \times 10^4$
Длинные волны	$10^4$ — $10^3$ <i>м</i>	$3 \times 10^4$ — $3 \times 10^5$
Средние волны	$10^3$ — $10^2$ <i>м</i>	$3 \times 10^5$ — $3 \times 10^6$
Короткие волны	$10^2$ — $10$ <i>м</i>	$3 \times 10^6$ — $3 \times 10^7$
Метровые волны	$10$ — $1$ <i>м</i>	$3 \times 10^7$ — $3 \times 10^8$
Дециметровые волны	$1$ — $0,1$ <i>м</i>	$3 \times 10^8$ — $3 \times 10^{10}$
Сантиметровые волны	$0,1$ — $0,01$ <i>м</i>	$3 \times 10^{10}$ — $3 \times 10^{11}$
Миллиметровые волны	$0,01$ — $0,001$	$3 \times 10^{11}$ — $6 \times 10^{12}$
Субмиллиметровые волны	$10^{+3}$ — $5 \times 10^{+5}$	-----

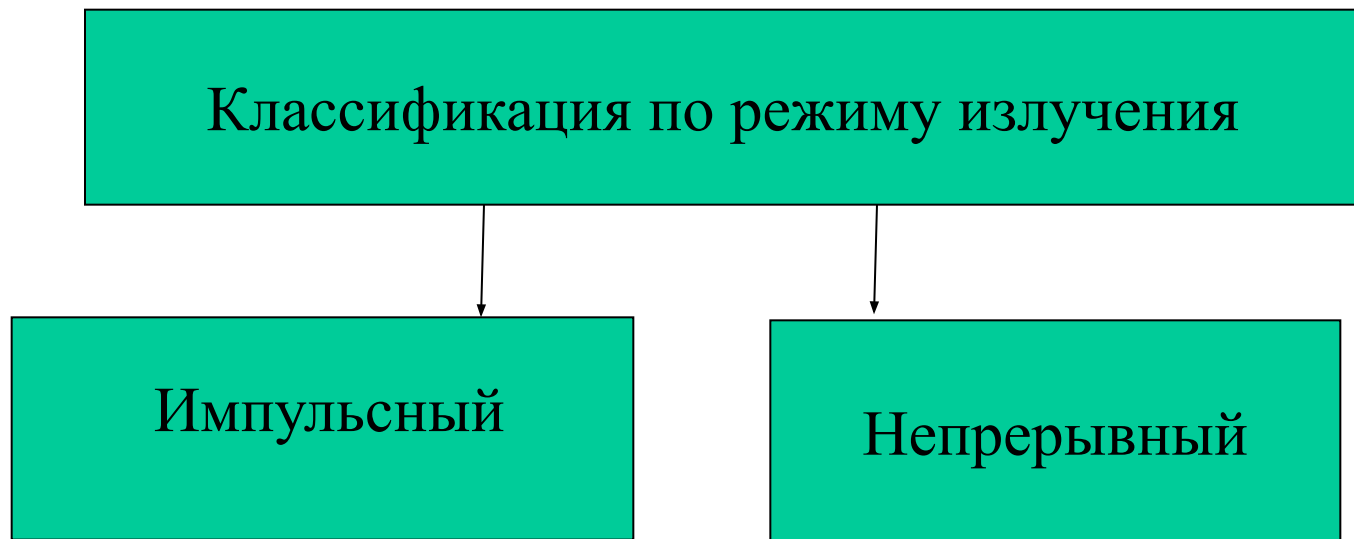
## Классификация радиопередатчиков по назначению



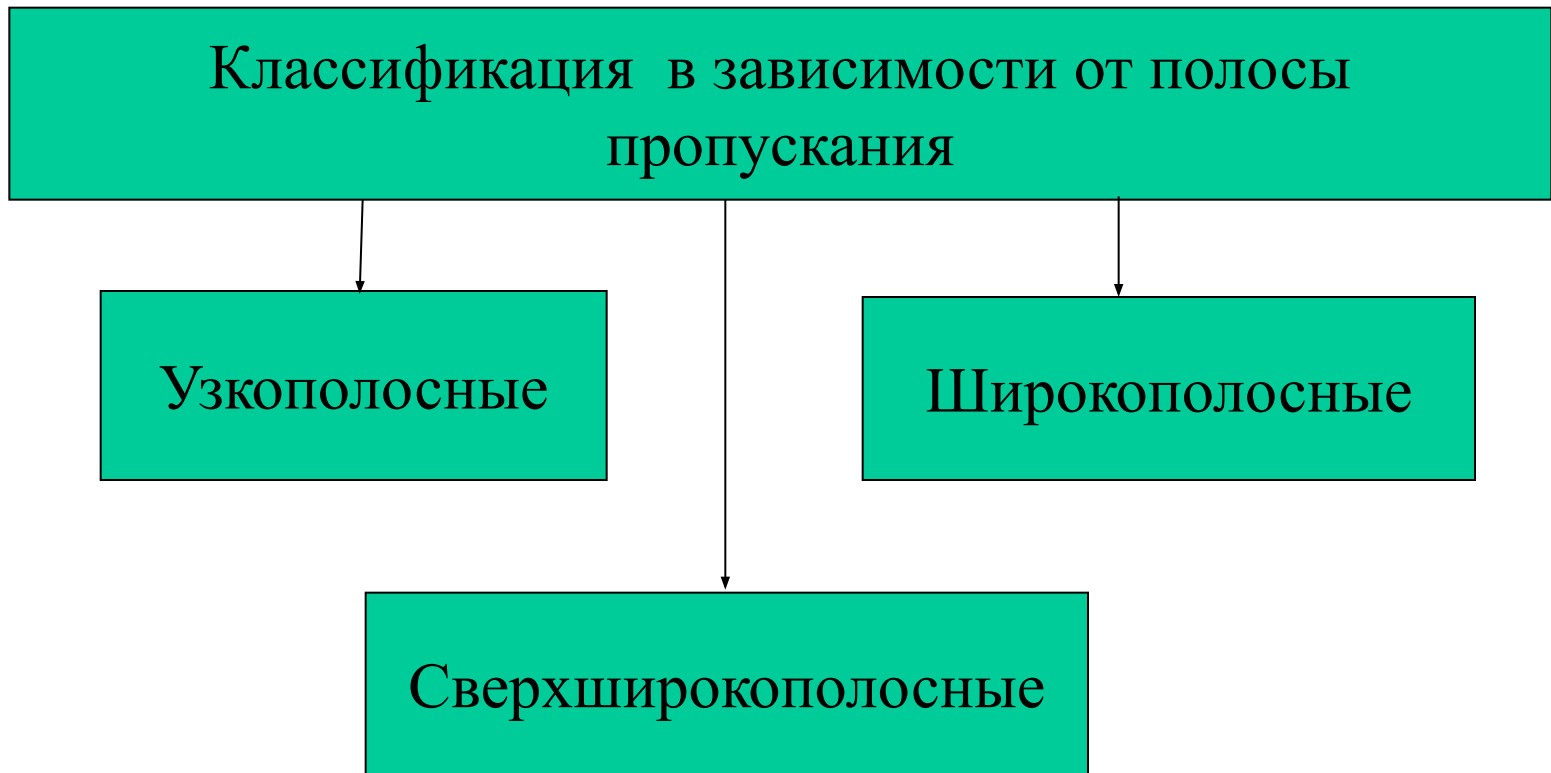
# Классификация **ПО МОЩНОСТИ**



# Классификация по виду излучения

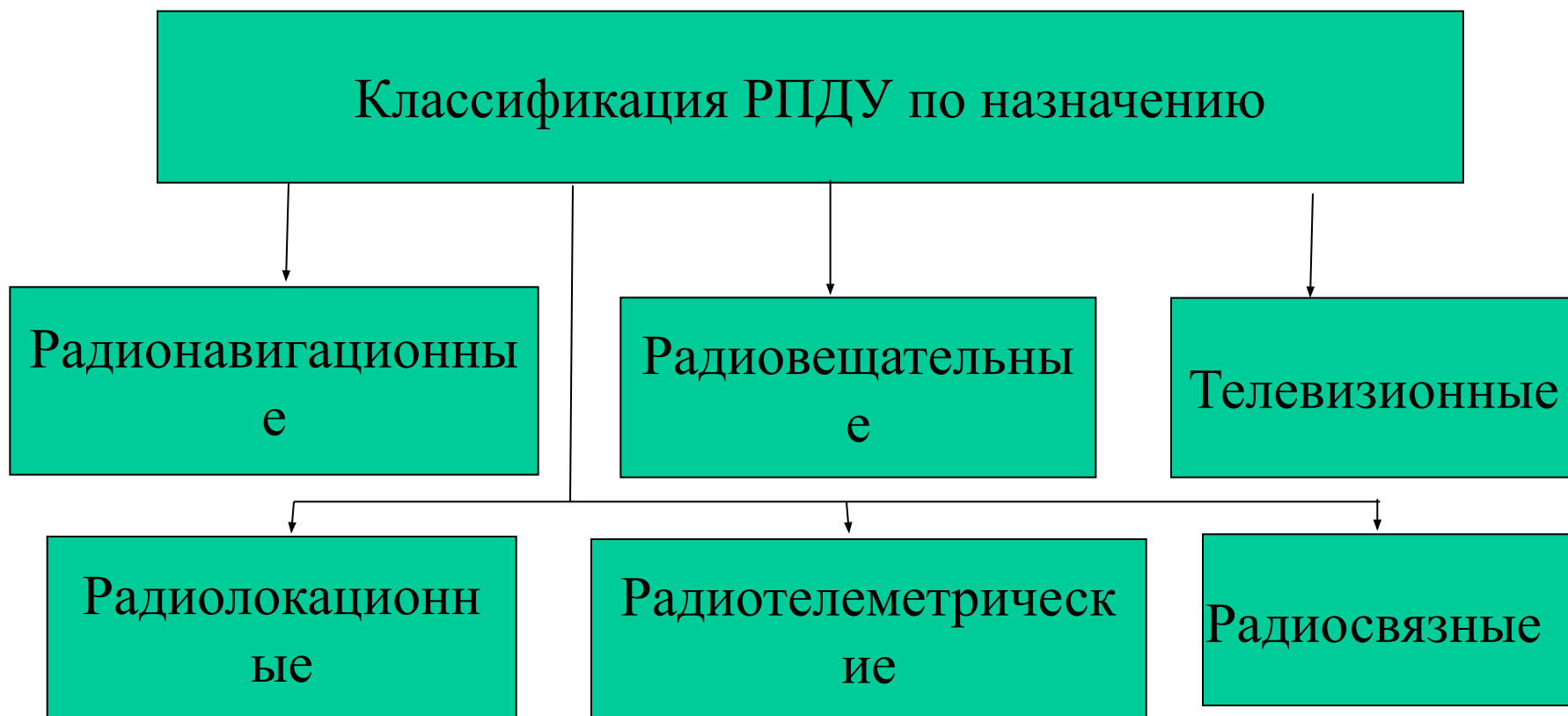


# Классификация по полосе пропускания

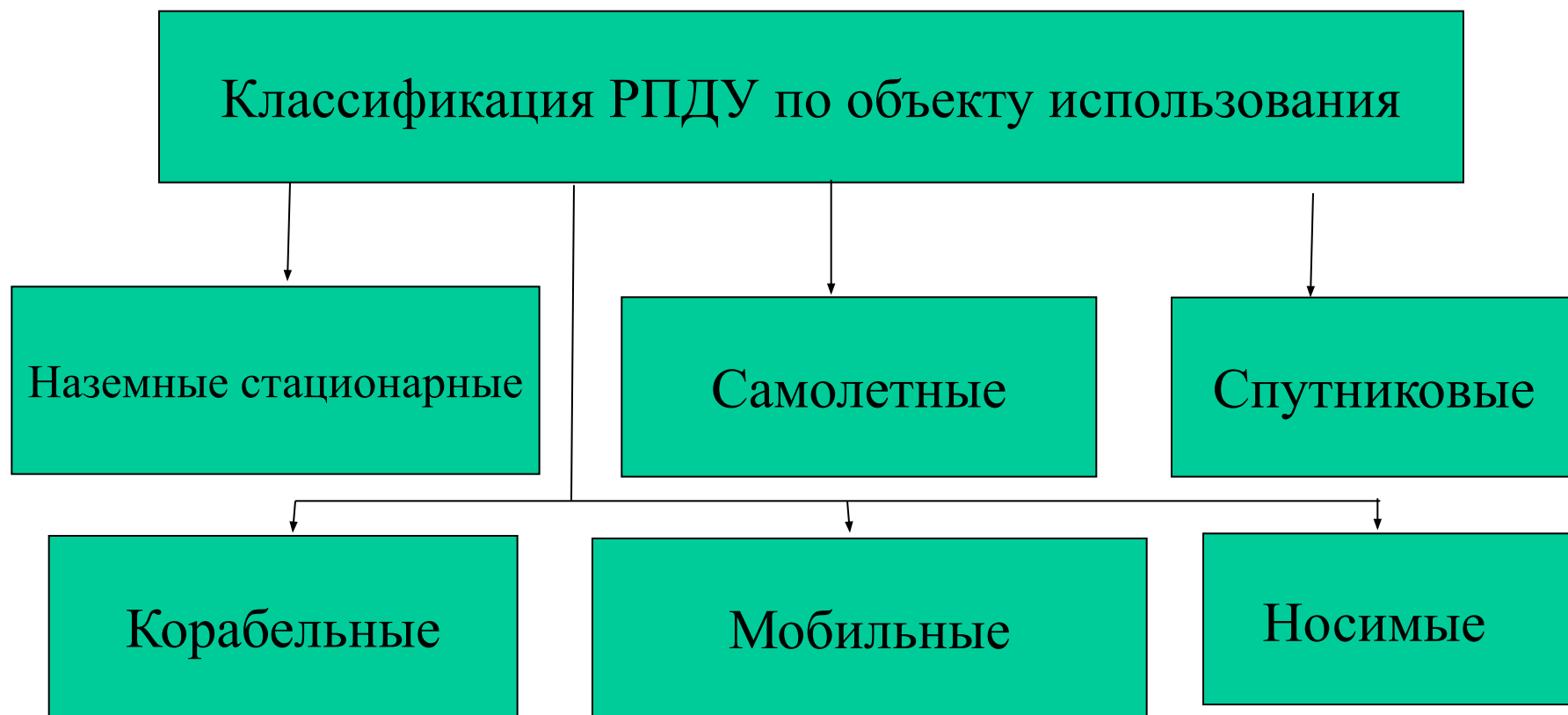




# Классификация по назначению



# Классификация по объекту ИСПОЛЬЗОВАНИЯ



# Перечень основных элементов (каскадов) РПДУ (начало слайда)

- Автогенератор или генератор с самовозбуждением – источники ВЧ и СВЧ колебаний;
- Генератор с внешним или независимым возбуждением – усилитель ВЧ и СВЧ сигнала;
- Умножитель частоты;
- Преобразователь частоты – для смещения частоты колебаний;
- Делитель частоты;

# Перечень основных элементов (каскадов) РПДУ (продолжение)

- частотный модулятор;
- Фазовый модулятор;
- Фильтры: полосовой, режекторный, НЧ, ВЧ, гребёнчатый;
- Сумматор (делитель) мощностей сигналов;
- Мостовое устройство — разновидность сумматора или делителя;

# Перечень основных элементов (каскадов) РПДУ (продолжение)

- Согласующее устройство;
- Атенюатор — для регулирования мощности сигнала;
- Фазовращатель — управление фазой сигнала;
- Ферритовые однонаправленные устройства (церкуляторы, вентили) — для пропускания сигнала только в одном направлении;

# Перечень основных элементов (каскадов) РЦДУ (окончание)

- **Направленный ответвитель** — для отбора части мощности из основного канала его распространения;
- **балластные сопротивления** — в которых происходит рассеивание мощности;
- **Источники электропитания;**
- **Экранированные контура;**
- **Волновод, радиокабель;**
- **Антенны.**

# ТЕМА 3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И УСИЛЕНИЯ ВЧ И СВЧ КОЛЕБАНИЙ

Основное назначение генератора состоит в преобразовании энергии источника постоянного тока в энергию ВЧ или СВЧ колебаний.

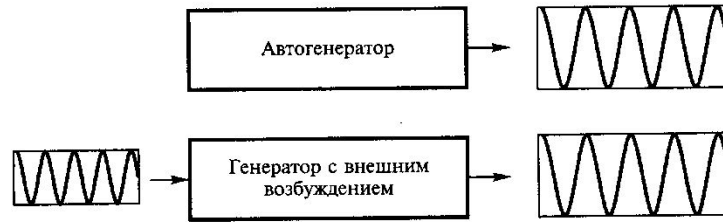
Генераторы подразделяются на два основных типа:

- автогенераторы, работающие в режиме самовозбуждения или автоколебаний, частота которых определяется параметрами самого устройства;
- генераторы с внешним возбуждением, работающие в режиме усиления входного сигнала по мощности или умножения его частоты.

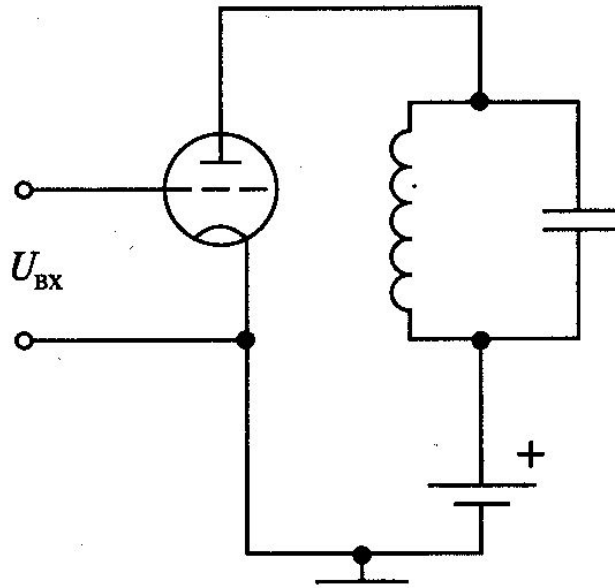
# Основные электронные приборы, используемые в генераторах:

- Электровакуумные приборы — триоды, тетроды, пентоды и др;
- Полупроводниковые приборы — транзисторы биполярные, полевые, диоды (туннельные, Ганна и лавино-пролетные);
- Клистроны;
- Лампы бегущей волны;
- Приборы магнетронного типа.

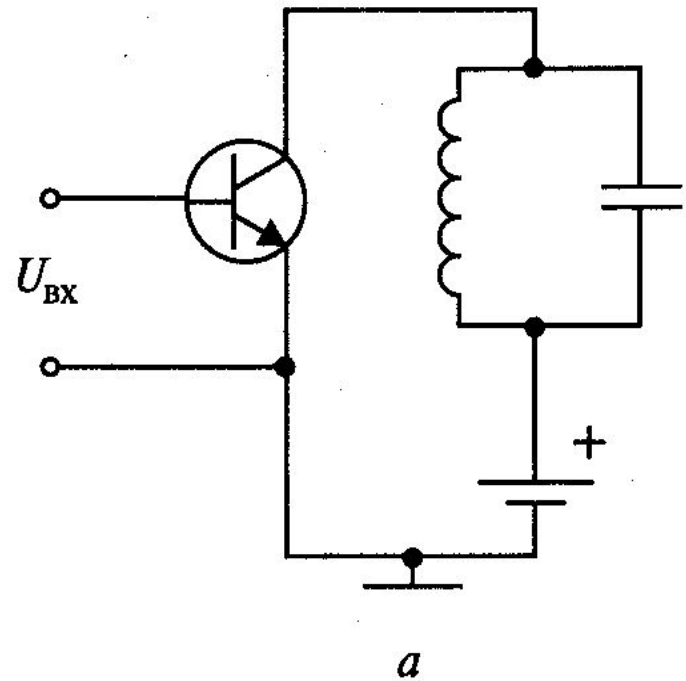




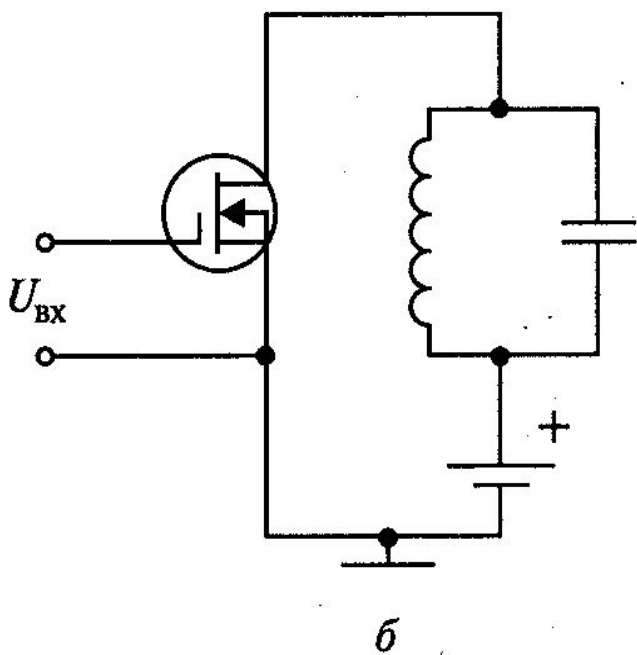
Устройство генератора с триодом



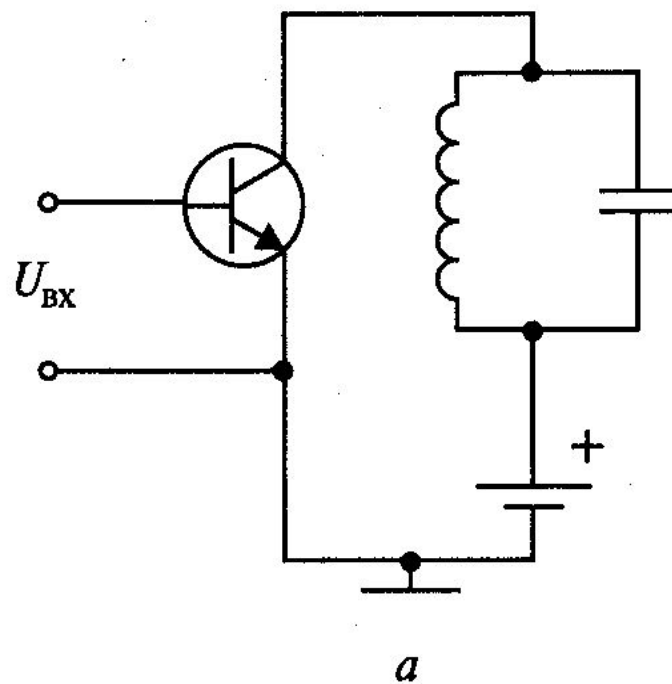
Устройство генератора на биполярном транзисторе



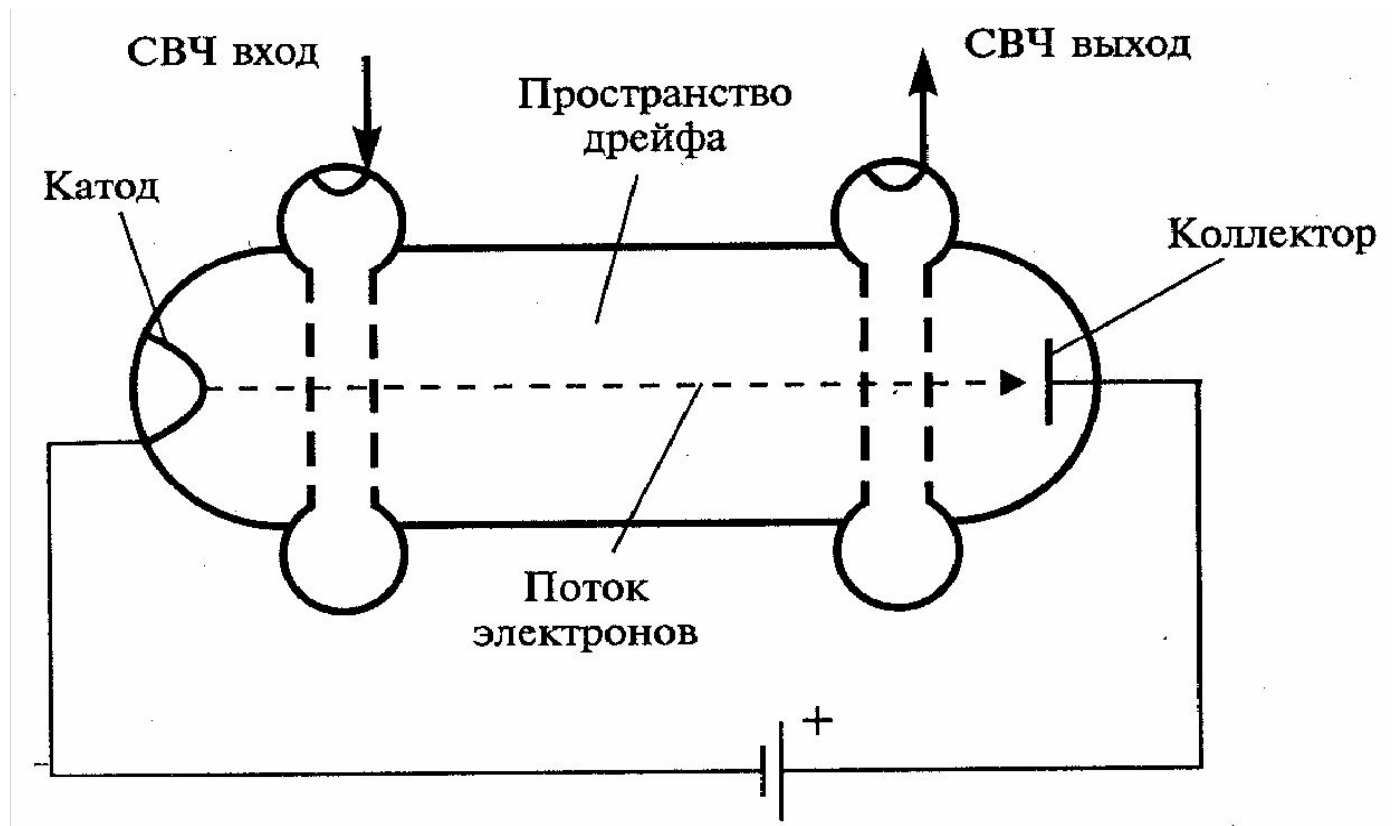
Устройство генератора на полевом транзисторе



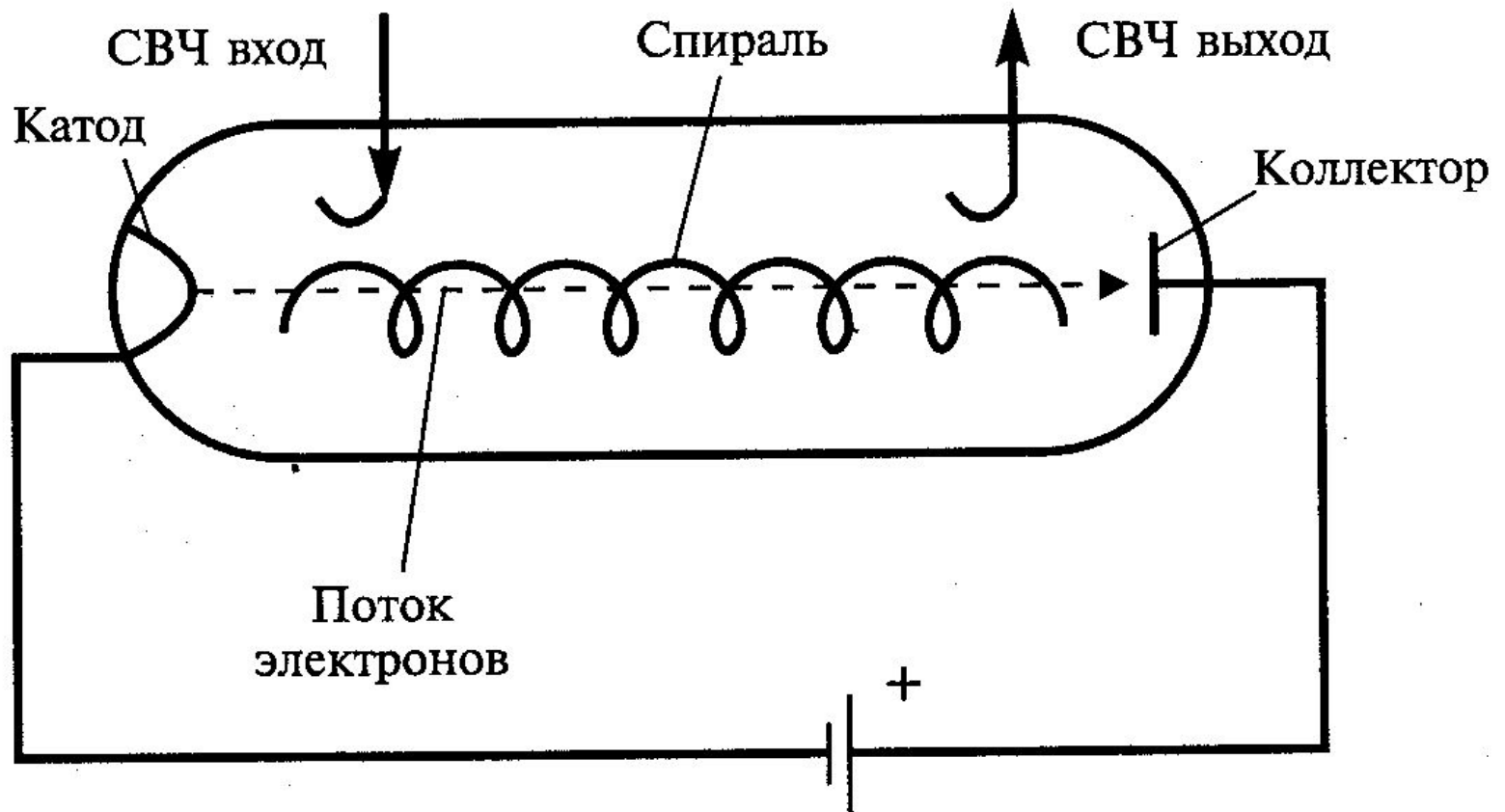
Устройство генератора на биполярном транзисторе



# Клистронный генератор



# Генератор на лампе бегущей волны



# ТЕМА 4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВЧ ГЕНЕРАТОРА С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

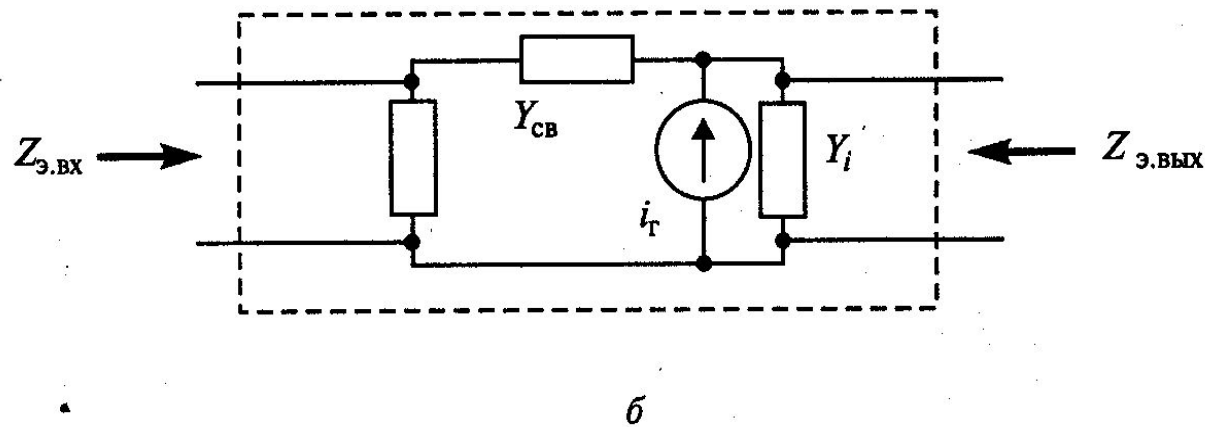
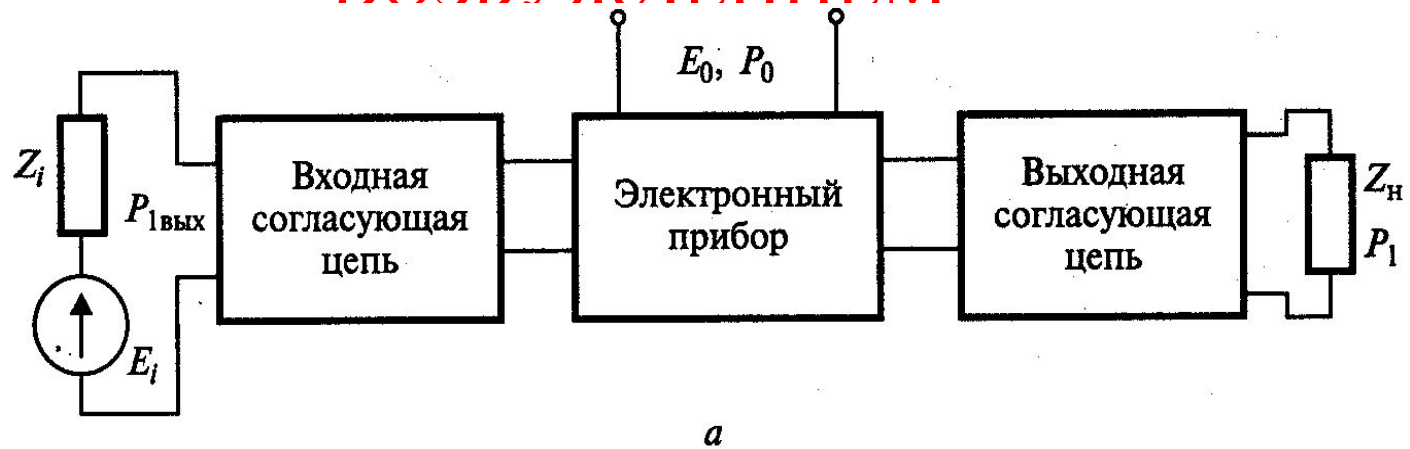


Рис. Обобщенная схема ВЧ генератора с внешним возбуждением

# Характеристики ВЧ генератора

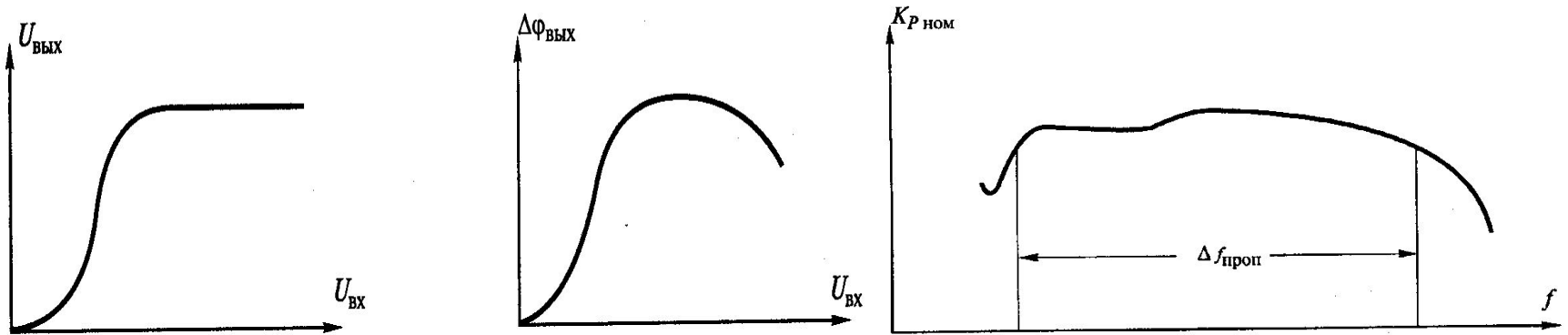
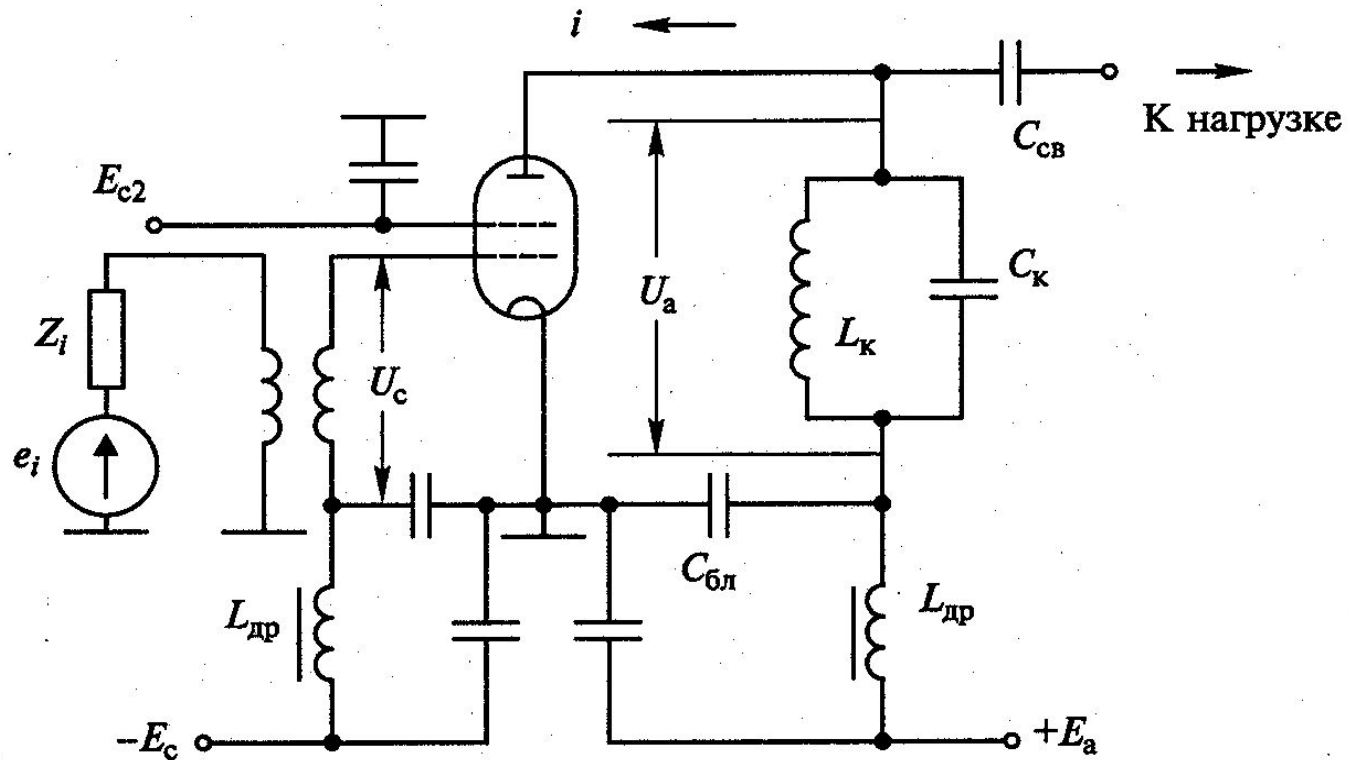


Рис. 1 и 2 Амплитудные характеристики ВЧ генератора

Рис. 3 Частотные характеристики ВЧ генератора

## ТЕМА 5. ЛАМПОВЫЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ



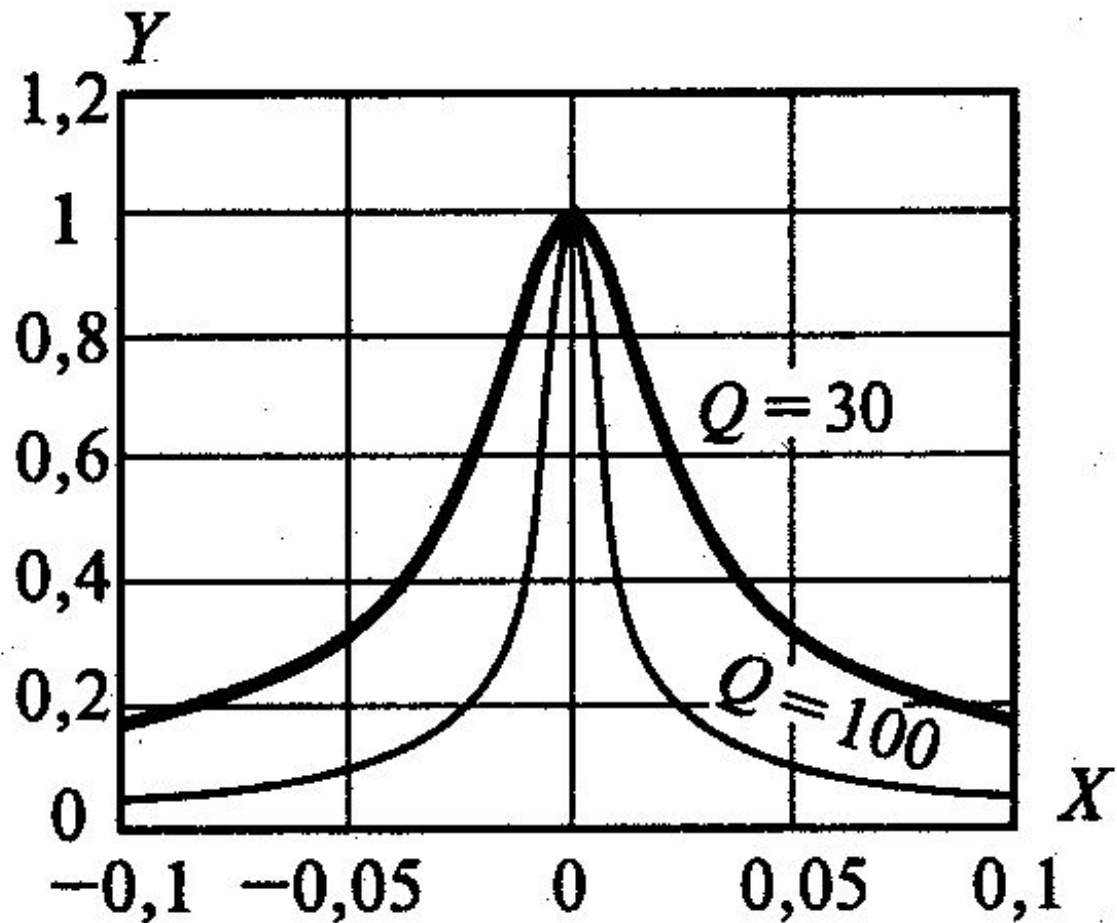
Типовая схема лампового ГВВ содержит:

электривакуумный прибор - тетрод;

выходную электрическую цепь - параллельный колебательный контур;

входную электрическую цепь - высокочастотный трансформатор;

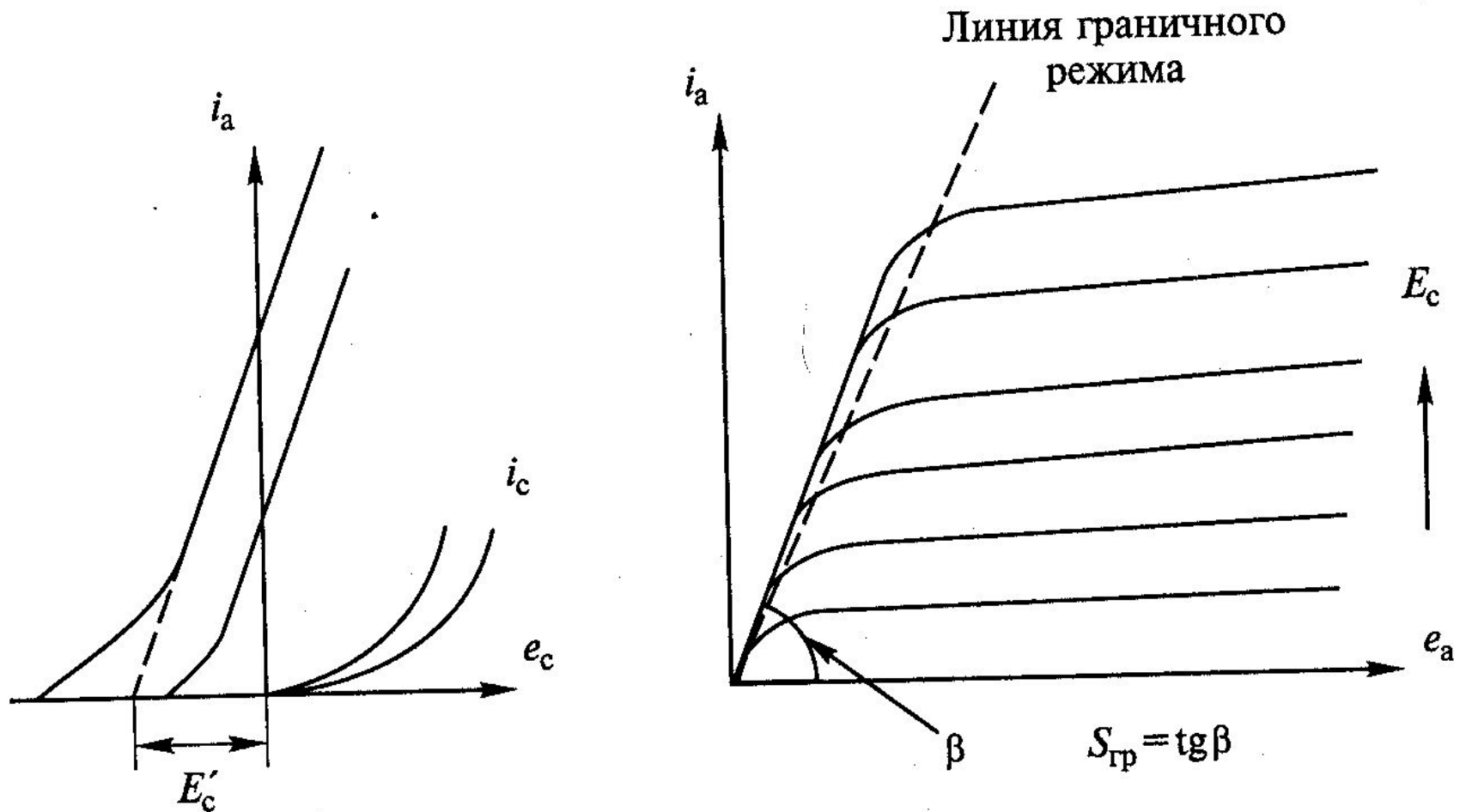
цепи питания анода, управляющей и экранной сеток.



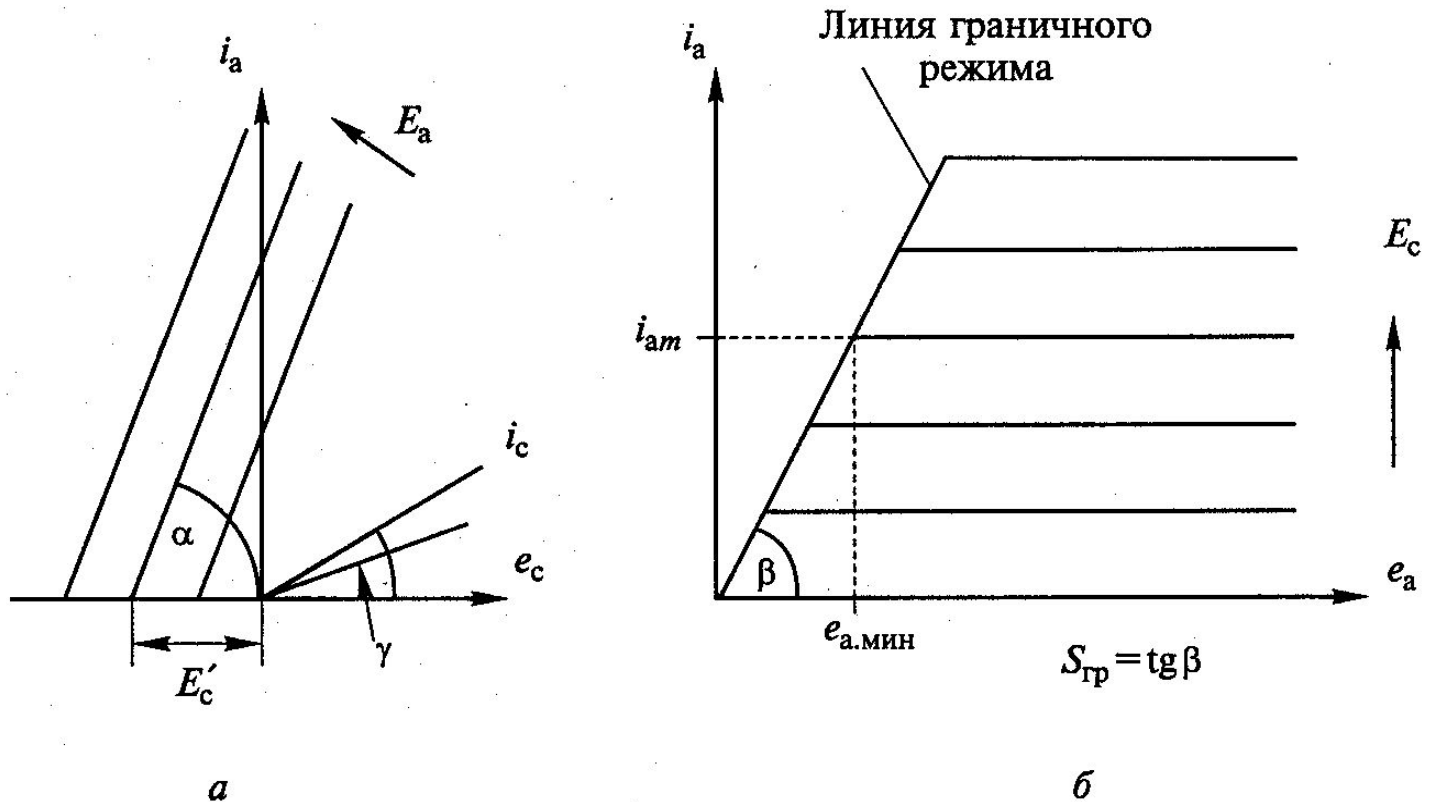
АЧХ параллельного колебательного контура



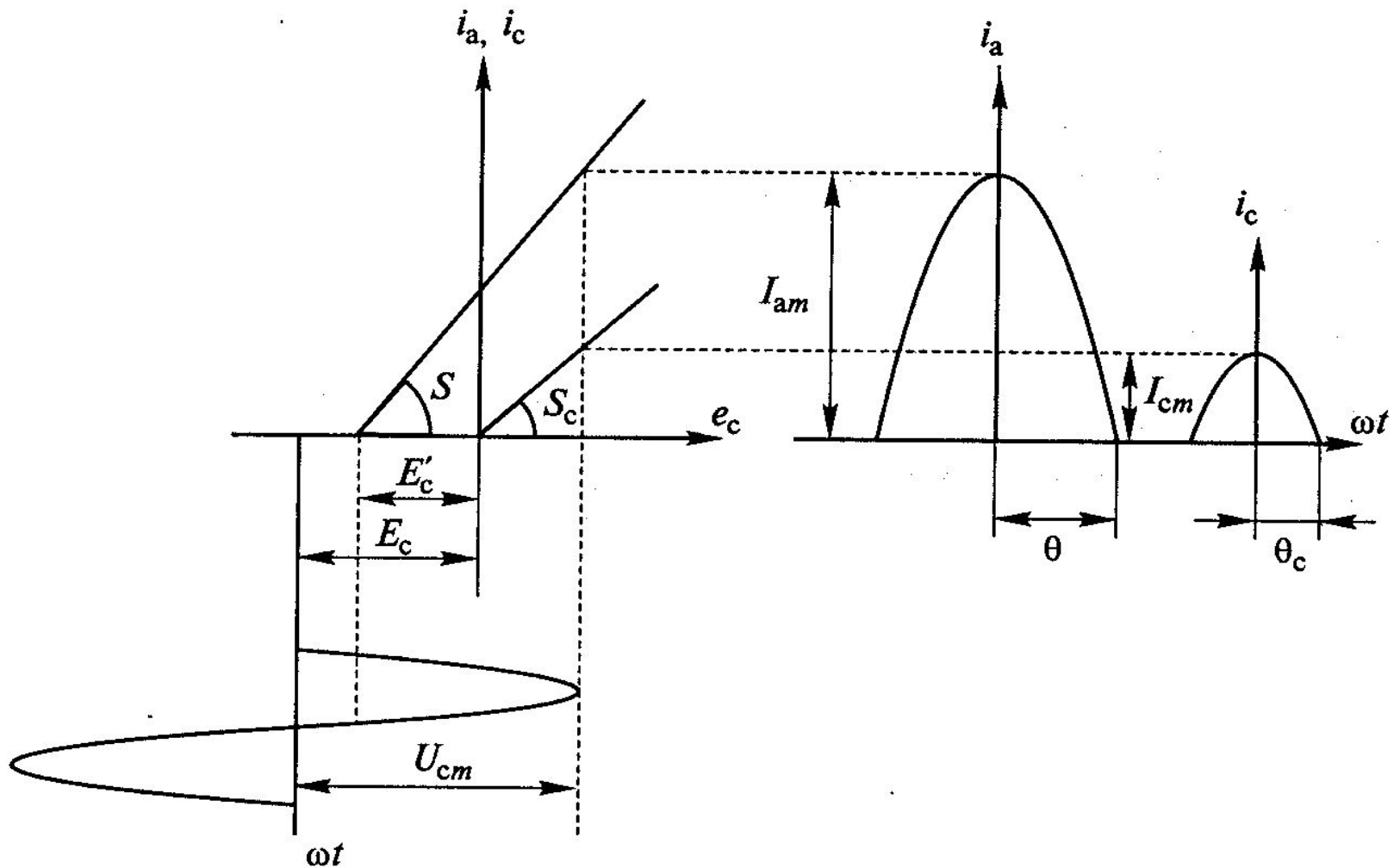
# Статические характеристики лампы



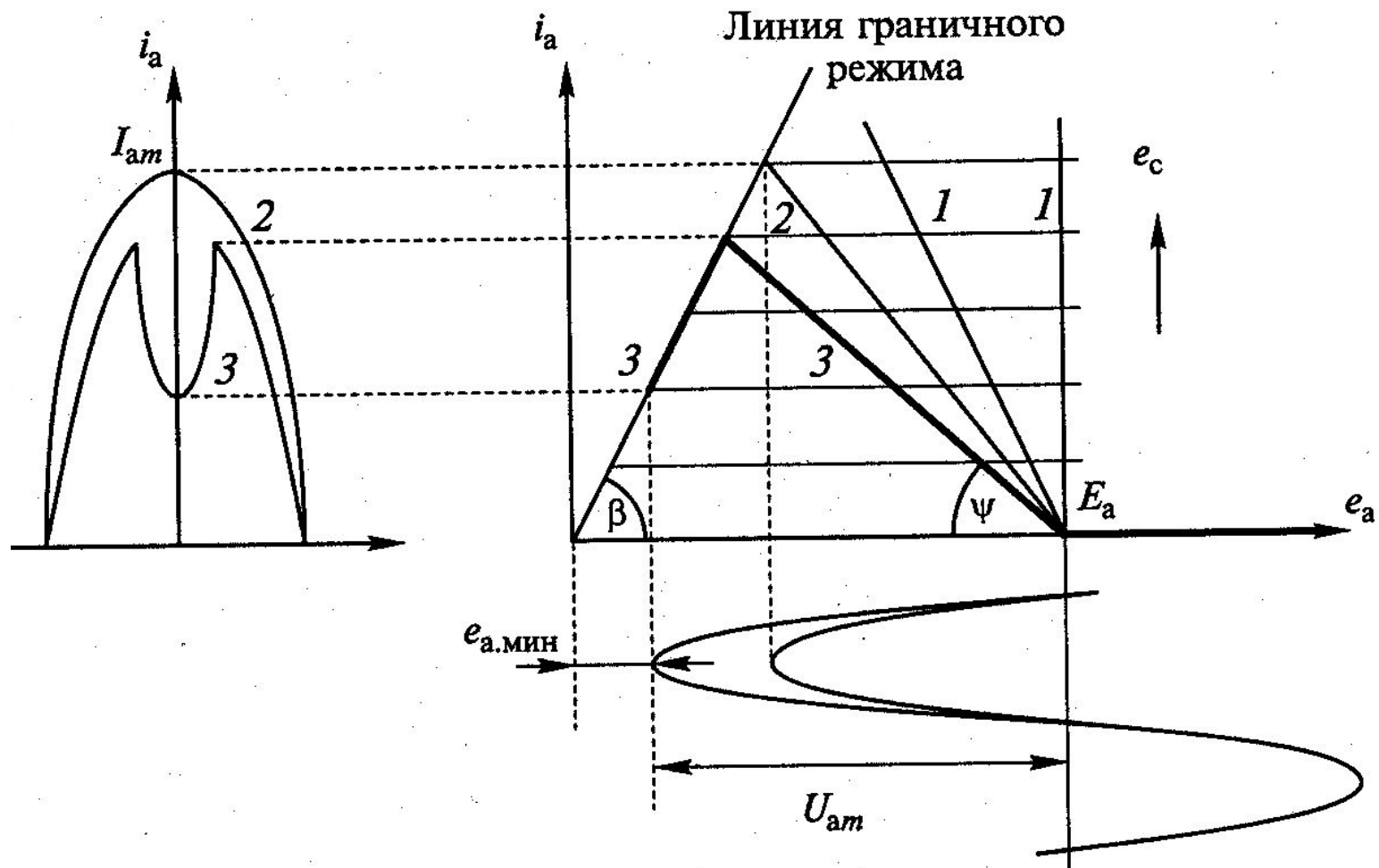
# Полигональная аппроксимация статических характеристик



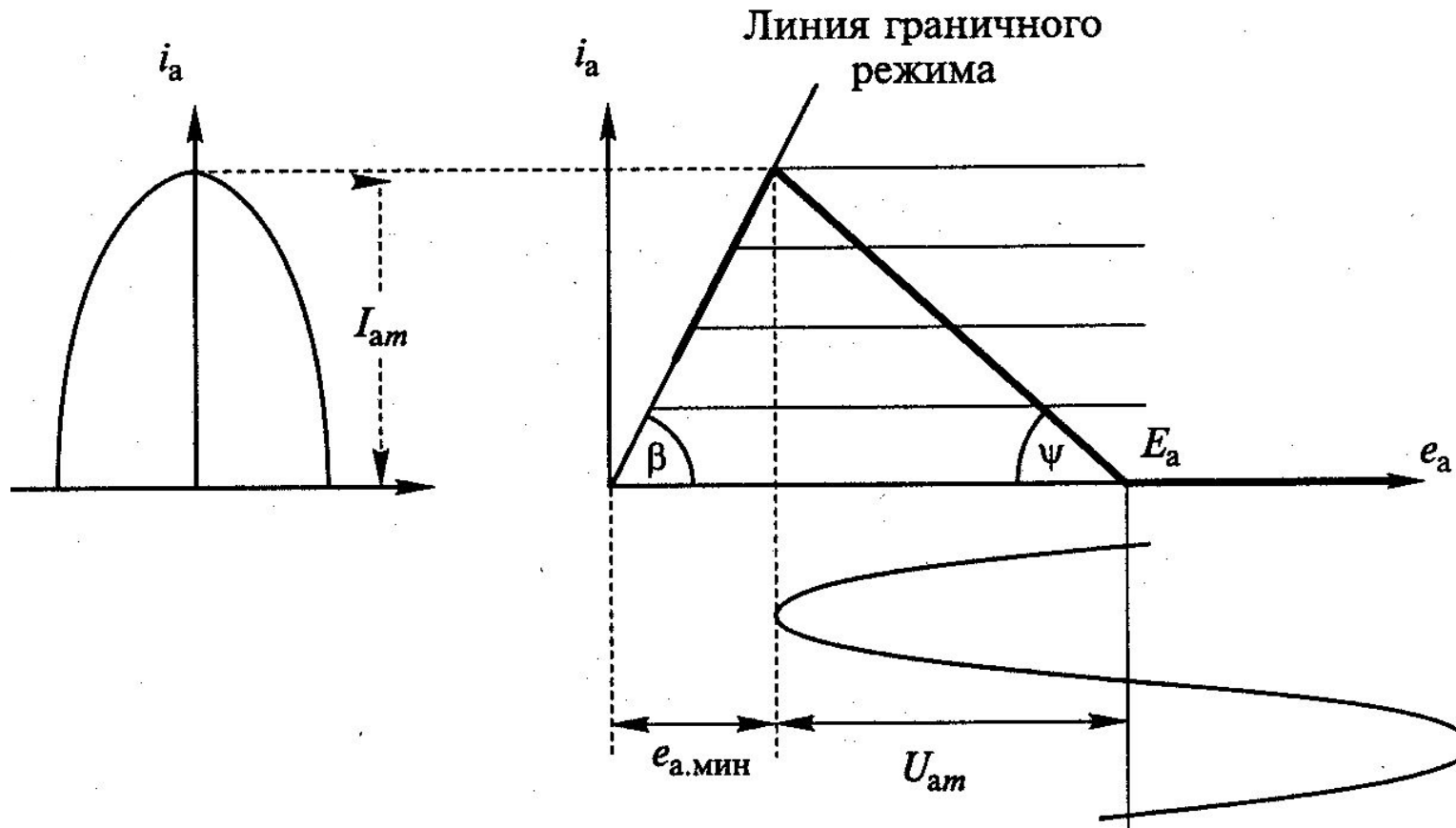
# Графический метод расчета анодного тока

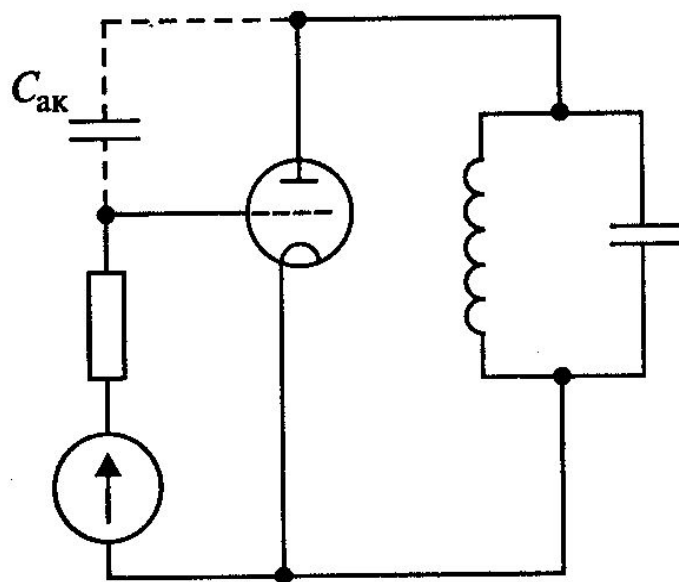


# Динамическая характеристика ГВВ

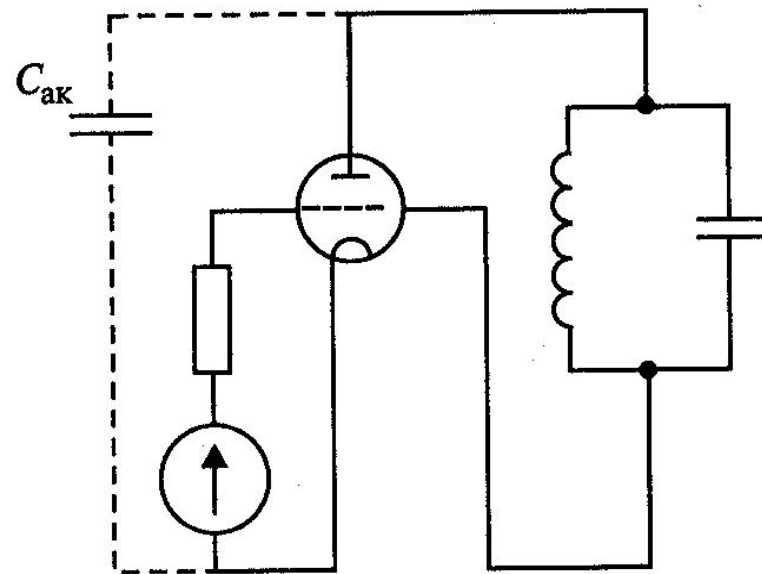


# Определению параметров генератора в граничном режиме



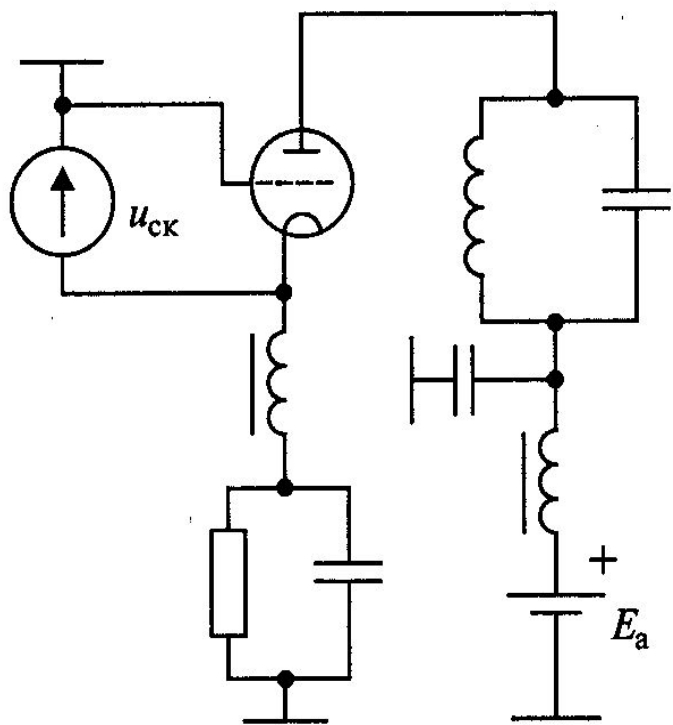


*a*

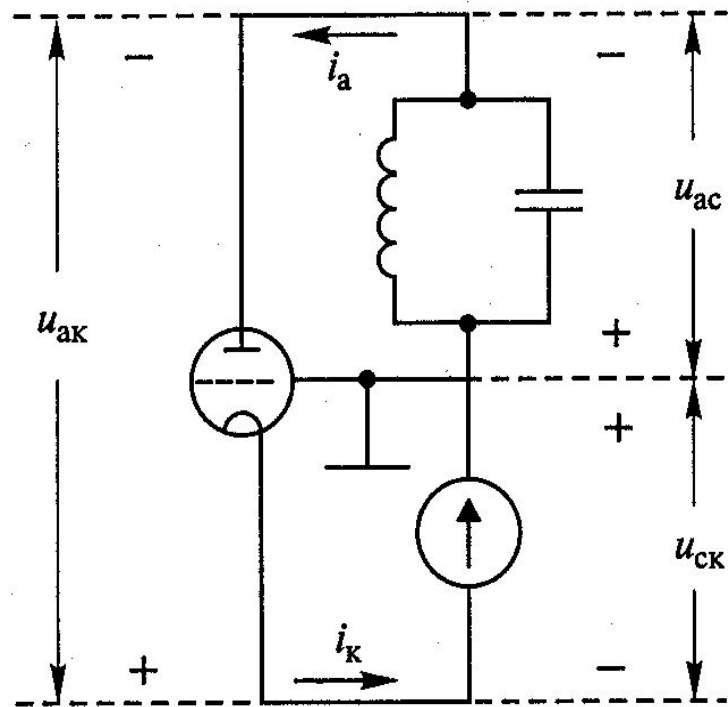


*б*

Модель схемы лампового генератора с общим катодом



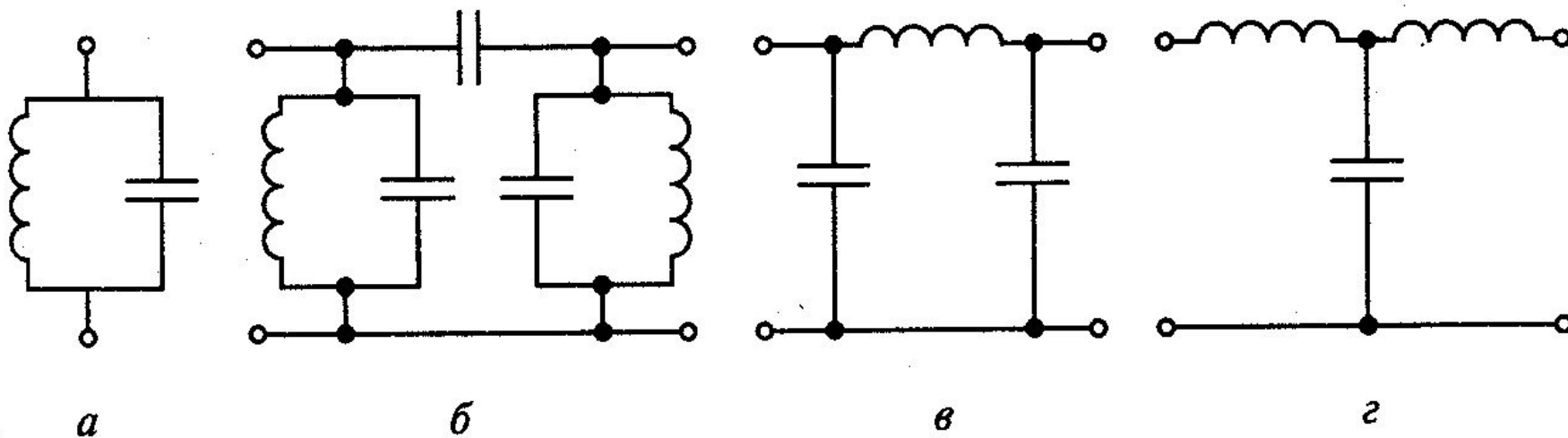
*a*



*b*

Схема ГВВ с общей сеткой

# Входные и выходные цепи ГВВ





## ТЕМА 6. Методика расчета электрического режима работы лампового ГВВ в граничном режиме работы (слайд 1)

1. Исходные данные для расчета: рабочая частота ,  
выходная мощность.
2. Выбор типа электровакуумного прибора. Исходя из заданной мощности и частоты сигнала по справочнику «Электровакуумные приборы» выбираем тип генераторной лампы. Останавливаемся на тетроде типа ГУ-61Б.
3. Выбираем угол отсечки.
4. По характеристикам прибора определяем:
  - крутизну линии граничного режима;
  - крутизну анодно-сеточной характеристики;
  - напряжение отсечки .
5. Выбираем граничный режим работы.

# Расчет анодной цепи генератора

(слайд 2)

1. Коэффициент использования анодного напряжения;
2. Амплитуда напряжения на анодном контуре;
3. Остаточное напряжение на аноде лампы;
4. Амплитуда 1-й гармоники анодного тока;
5. Амплитуда импульса анодного тока;
6. Постоянная составляющая анодного тока;
7. Мощность, потребляемая по анодной цепи;
8. Мощность, рассеиваемая анодом лампы;
9. Коэффициент полезного действия;
10. Сопротивление нагруженного анодного контура, необходимое для реализации рассчитанного режима работы.

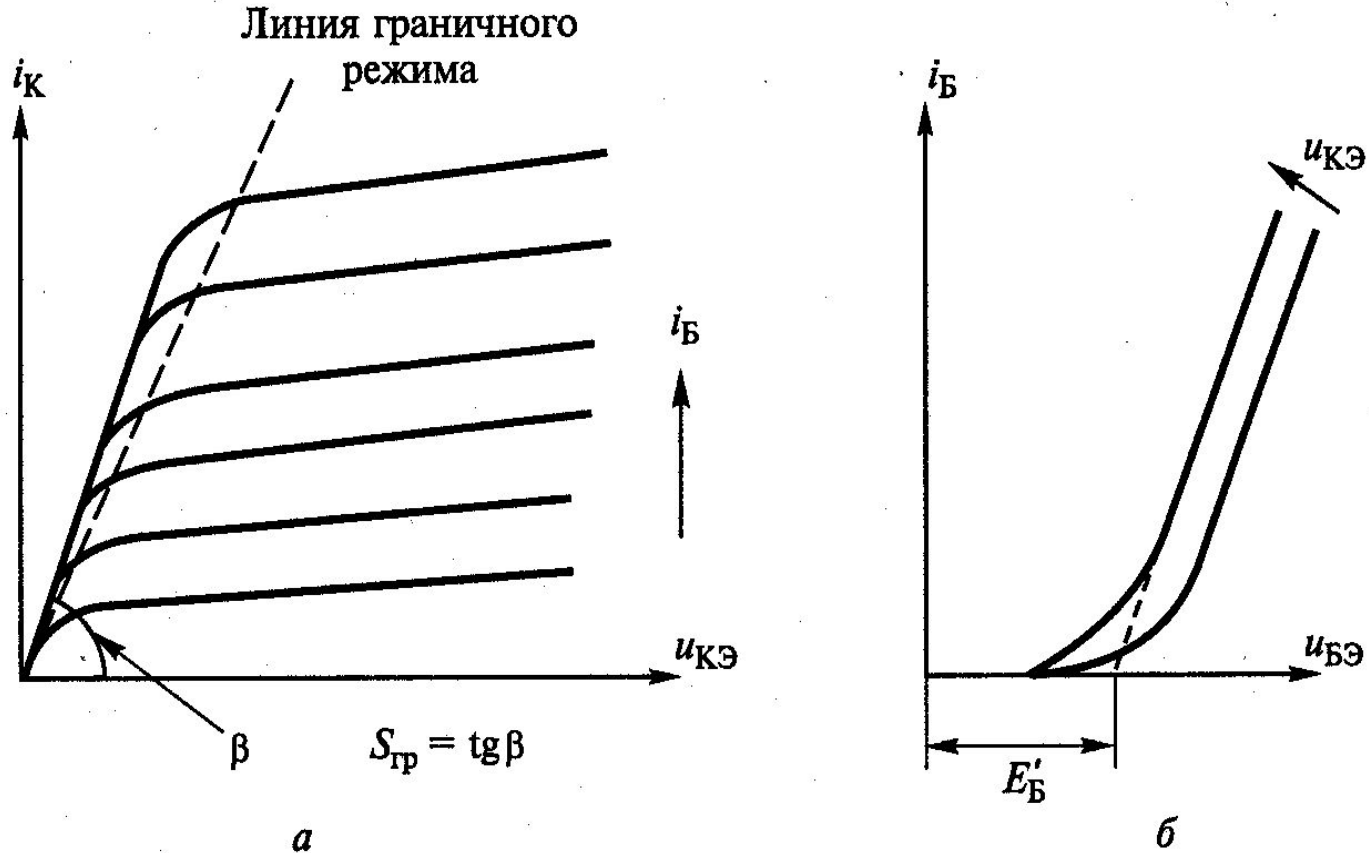
# Расчет цепи управляющей сетки.

(слайд 3)

1. Требуемая амплитуда напряжения;
2. Напряжение смещения;
3. Максимальное напряжение на сетке;
4. Высота импульса сеточного тока, определяемая по характеристикам (при и ) или из примерного соотношения;
5. Косинус угла отсечки сеточного тока;
6. Первая гармоника сеточного тока;
7. Постоянная составляющая сеточного тока;
8. Требуемая мощность возбуждения;
9. Мощность, теряемая в цепи смещения;
10. Мощность, рассеиваемая управляющей сеткой;
11. Входное сопротивление по 1-й гармонике сигнала;
12. Коэффициент усиления генераторной лампы по мощности.

Расчет электрического режима работы ВЧ лампового генератора с внешним возбуждением можно провести по программе на языке Mathcad.

# ТЕМА 7. ТРАНЗИСТОРНЫЕ ГВВ



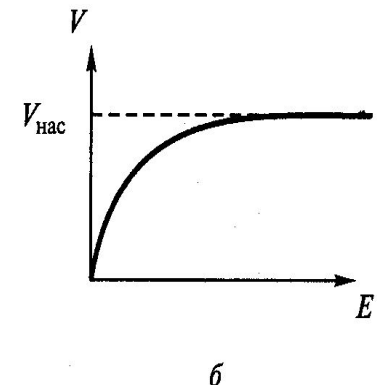
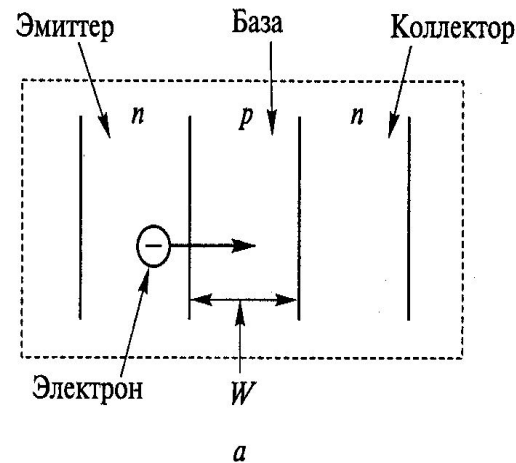
Статические характеристики биполярного транзистора

# Зависимость скорости движения электронов в полупроводнике от напряженности электрического поля

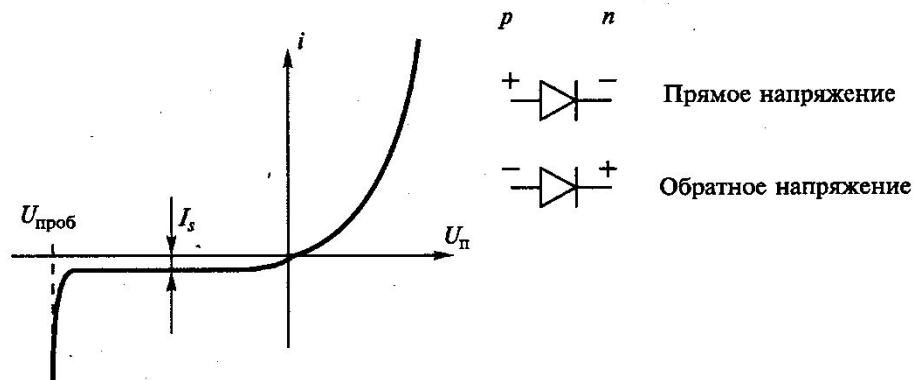
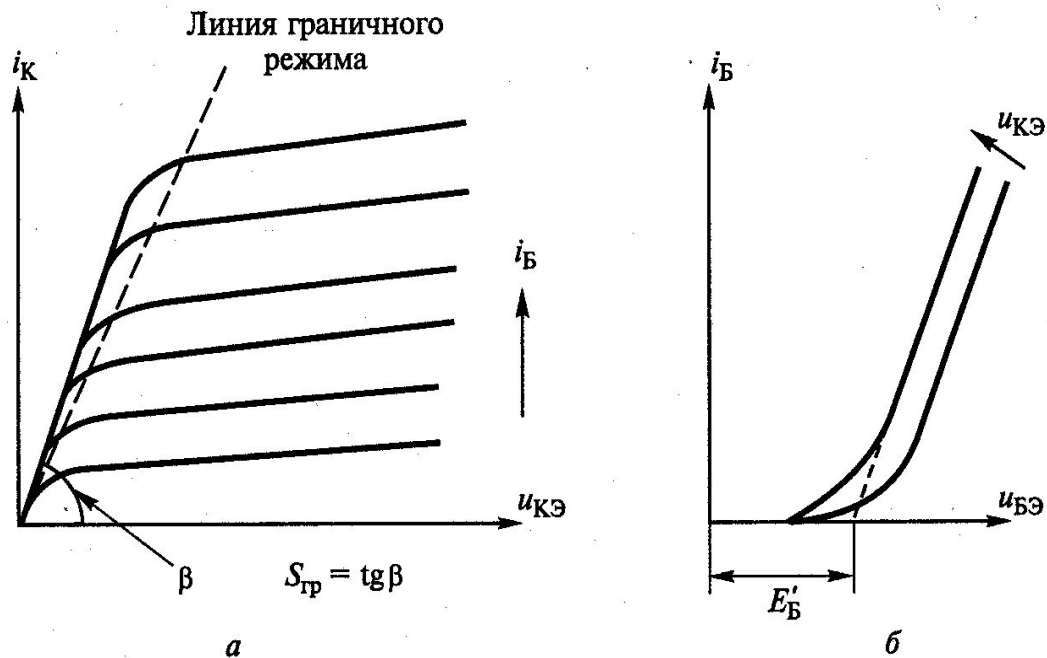
Предельная или граничная частота усиления транзистора непосредственно связана со временем переноса носителей заряда через базовую область толщиной  $W$

$$f_{ГР} = 1/(2\pi\tau_T) = V_{НАС} / (2\pi W)$$

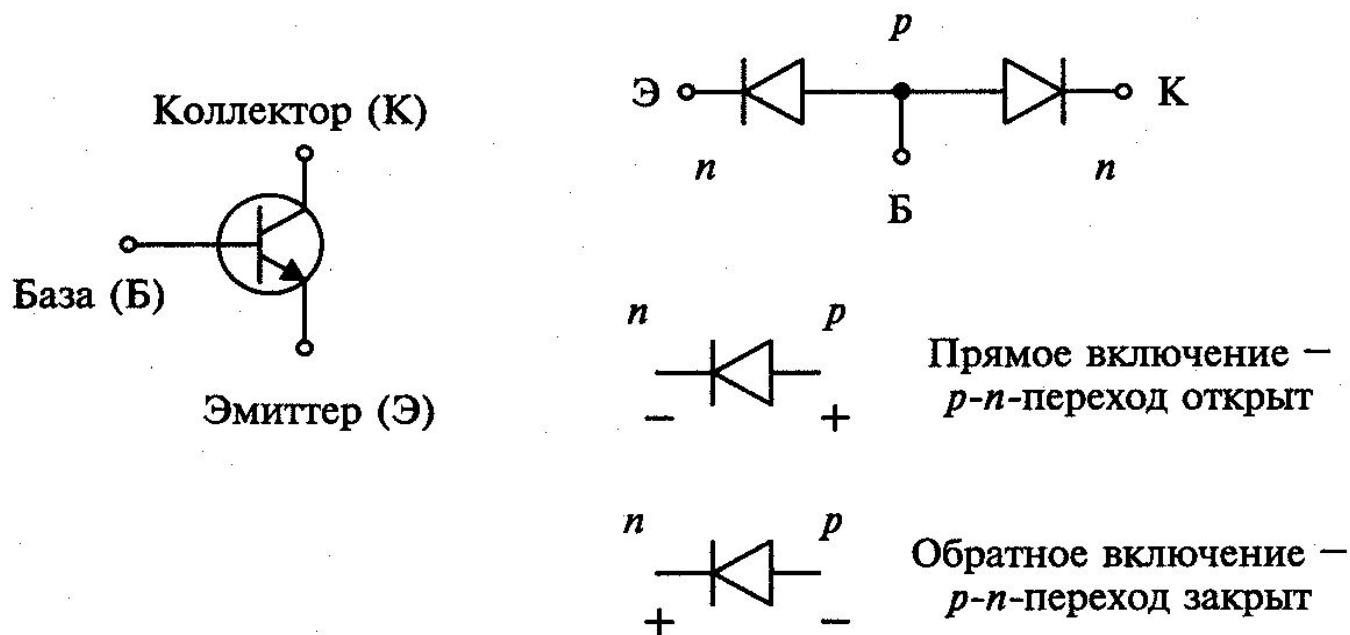
, где  $\tau_T = W/V_{НАС}$  - время переноса носителей через базу.



# Статические характеристики биполярного транзистора и р-п-перехода

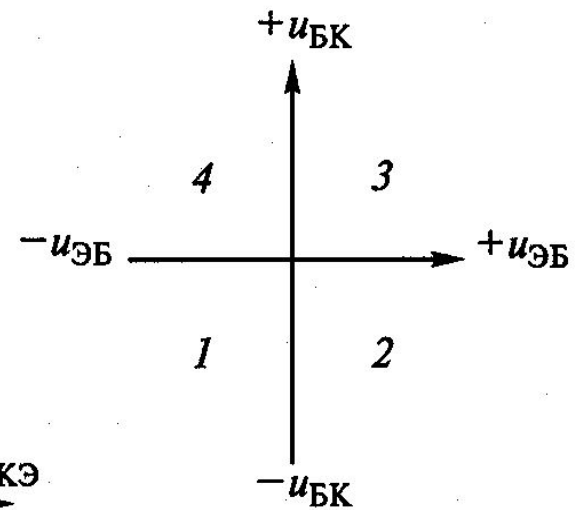
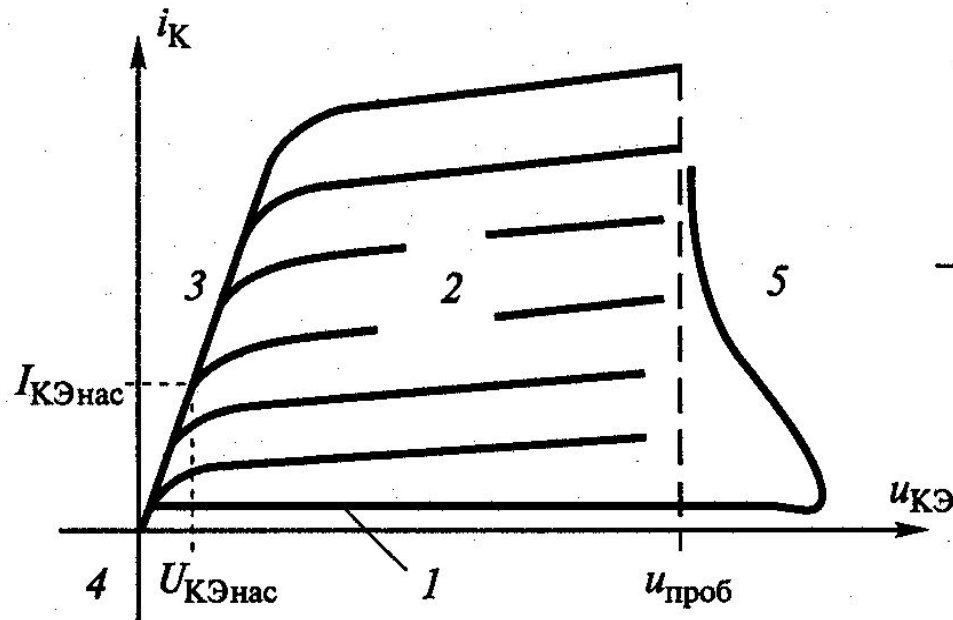


# Модель транзистора из двух р-п-переходов.



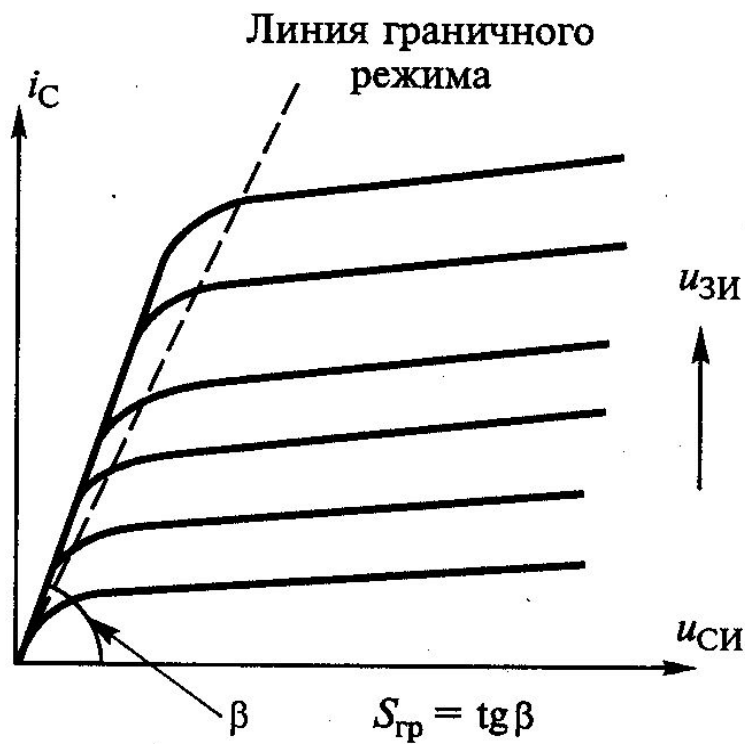
# Четыре состояния биполярного транзистора

Коллекторный переход - вид включения	Эмиттерный переход - вид включения	Область на характеристиках
Обратное	Обратное	Отсечки (1)
Обратное	Прямое	Активная (2)
Прямое	Прямое	Насыщения (3)
Прямое	Обратное	Инверсная (4)

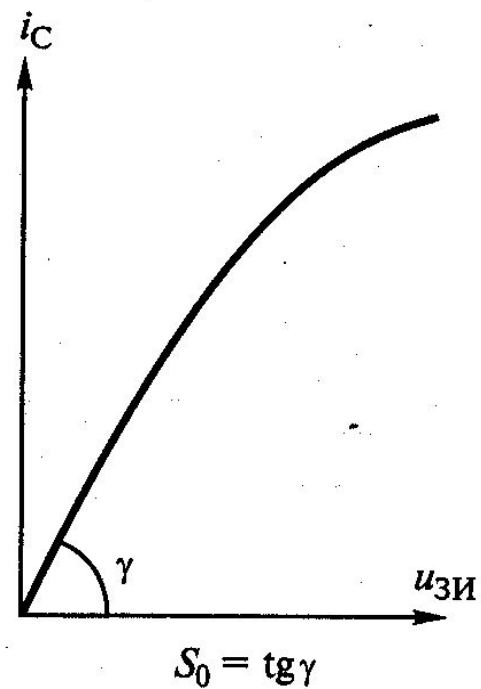




# Статические характеристики полевого транзистора



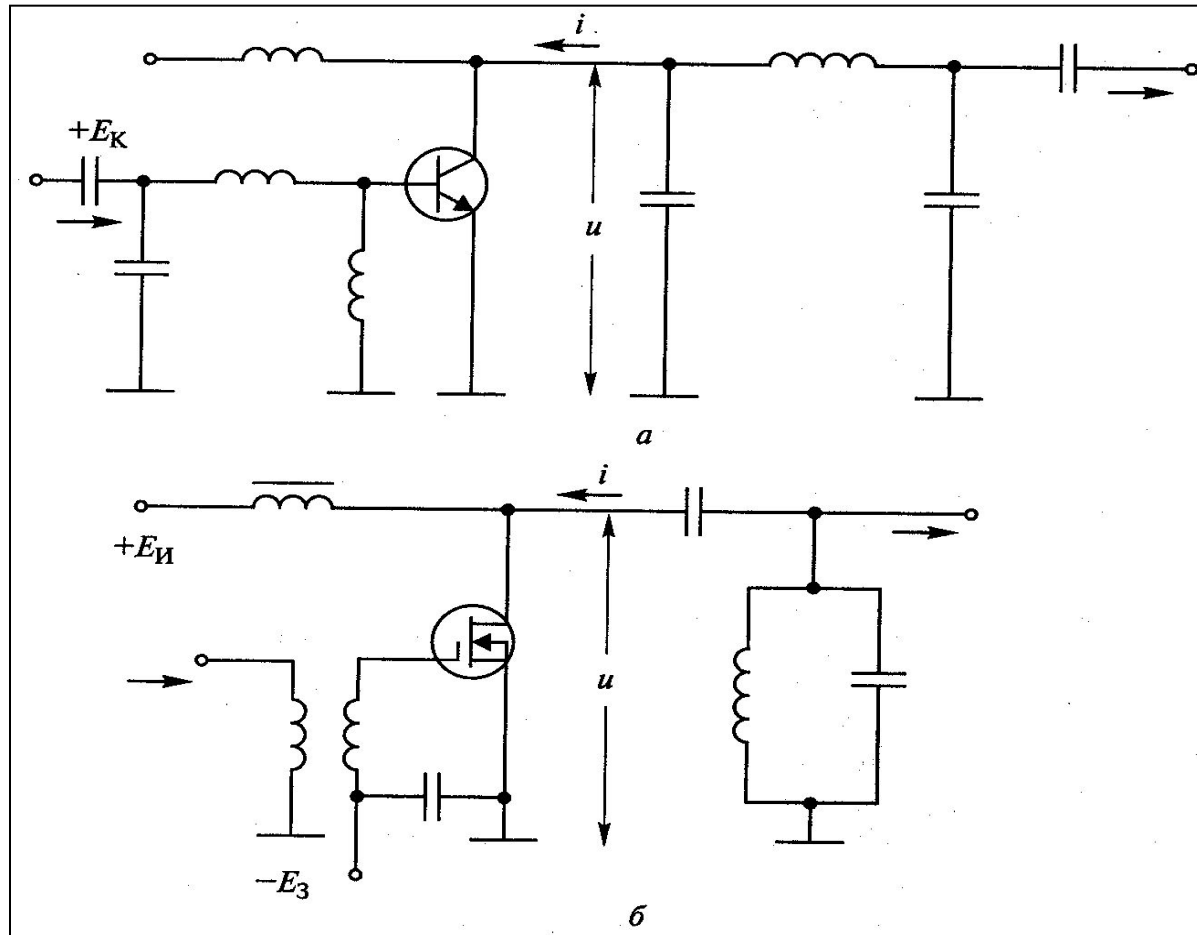
*a*



*б*

# ТЕМА 8. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРНО ГВВ

Схемы ГВВ на транзисторах: а) - с биполярным - б) с полевым



## В транзисторных и в ламповых генераторах возможны: недонапряженный, граничный и перенапряженный режимы работы

При биполярном транзисторе динамическая характеристика располагается:

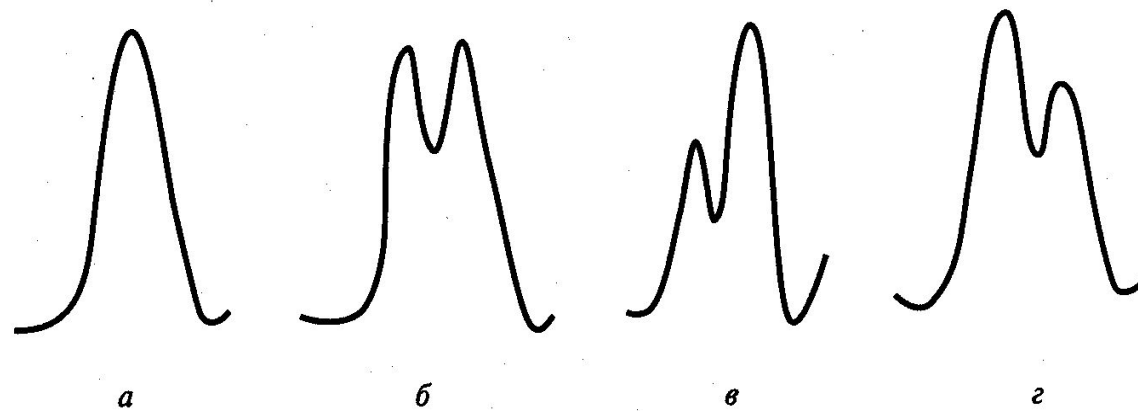
- в случае недонапряженного и граничного режимов работы в двух областях - активной (2) и отсечки (1);
- в случае перенапряженного режима работы в трех областях - отсечки (1), активной (2) и насыщения (3).

При этом провал в импульсе коллекторного тока происходит по причине захода рабочей точки (координаты) в область насыщения и перехода коллекторного р-п-перехода в открытое состояние.

В недонапряженном и граничном режимах импульсы коллекторного тока при работе с отсечкой имеют косинусоидальную форму.

Примеры форм импульса коллекторного тока в перенапряженном режиме работы показаны на рис. б-г. При наличии только активной составляющей в нагрузке провал в импульсе располагается посередине (см. рис. б), при добавлении к ней емкости - сдвигается влево (см. рис. в), индуктивности - вправо (см. рис. г).

Рис. Импульсы  
Коллекторного  
тока при работе с  
отсечкой в  
перенапряжен-  
ном режиме



# ТЕМА 9. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕХ ТИПОВ ГЕНЕРАТОРОВ С ВВ: ЛАМПОВОГО, С БИПОЛЯРНЫМ И ПОЛЕВЫМ ТРАНЗИСТОРАМИ

## **Преимущества транзисторных генераторов перед ламповыми состоят:**

- - в большей долговечности (срок службы генераторных ламп обычно не превышает нескольких тысяч часов, транзисторов - сотен тысяч часов);
- - низком значении напряжения питания, которое не превышает 30 В (у ламп это напряжение от нескольких сотен вольт до десятков киловольт);
- - практически мгновенной готовности к работе после подачи напряжения питания (у ламп требуется предварительное включение цепи накала);
- - высокой прочности по отношению к механическим перегрузкам; в значительном снижении массы и габаритных размеров аппаратуры и возможности ее миниатюризации на основе интегральной технологии.

## **К недостаткам транзисторных генераторов относятся:**

- - ограниченная мощность транзисторов и связанная с этим необходимость суммирования мощностей генераторов при повышенной мощности радиопередатчика;
- - температура корпуса мощных транзисторов не должна превышать 60...70С;
- - чувствительность к весьма кратковременным нарушениям эксплуатационного режима по причине пробоя р-п-переходов, в связи с чем требуется применение специальных схем защиты мощных транзисторов;
- - в низком коэффициенте усиления по мощности при приближении частоты усиливаемого сигнала к граничной частоте транзистора (обычно не более 3...6 дБ) и зависимости этого коэффициента от частоты согласно.

## Сравнительный анализ генераторов с ВВ: лампового и транзисторного

Ламповые генераторы работают со сравнительно высокими напряжениями питания (от сотен вольт до десятков киловольт) и относительно малыми токами. Поэтому сопротивление анодной нагрузки в них превышает 1000 Ом.

Транзисторные генераторы работают при низких напряжениях питания ( $<30$  В) и с относительно большими токами. Поэтому в них сопротивление коллекторной или стоковой нагрузки составляет от нескольких до десятков Ом.

Таким образом, ламповый генератор требует высокоомной нагрузки, а транзисторный - низкоомной.

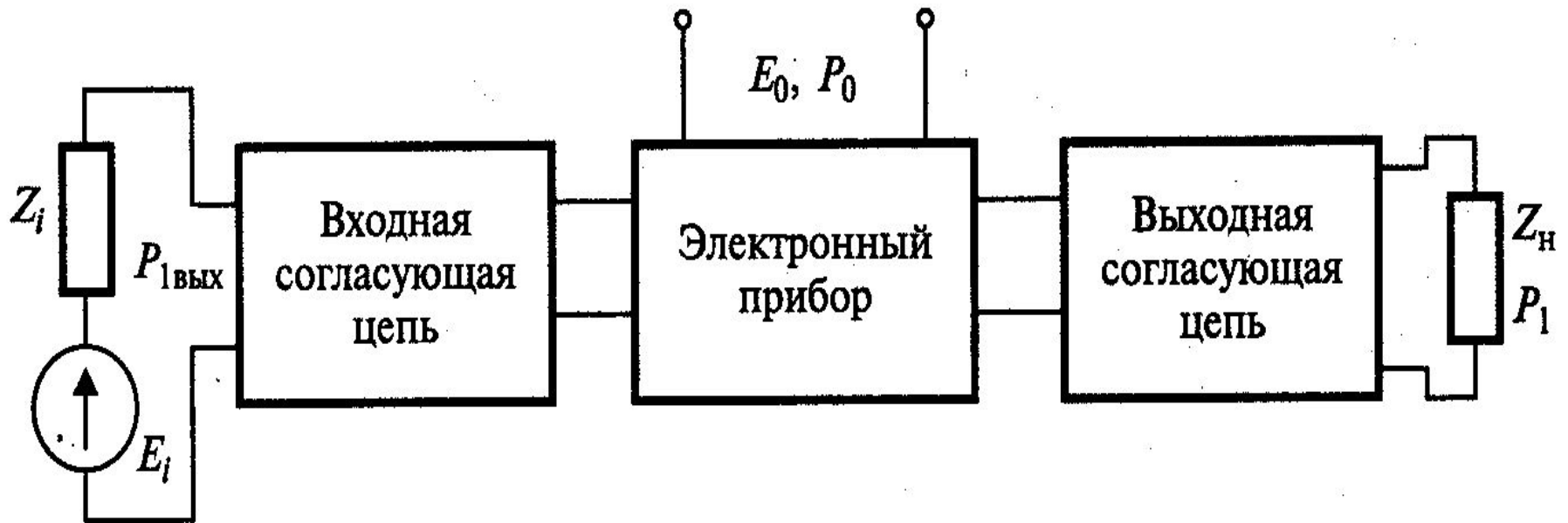
Во втором случае можно обеспечить широкую полосу пропускания генератора.

## Сравнительный анализ генераторов с ВВ: лампового и транзисторного

Основное применение в современных радиопередатчиках при мощности не более нескольких сотен ватт находят транзисторные генераторы. С помощью способов суммирования сигналов это значение мощности может быть повышено на 2-3 порядка.

И только в передатчиках повышенной мощности, например радиовещательных мощностью в несколько десятков и сотен киловатт используются электровакуумные приборы.

# ТЕМА 10 . ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ВЧ ГВВ



**Обобщенная схема ГВВ**



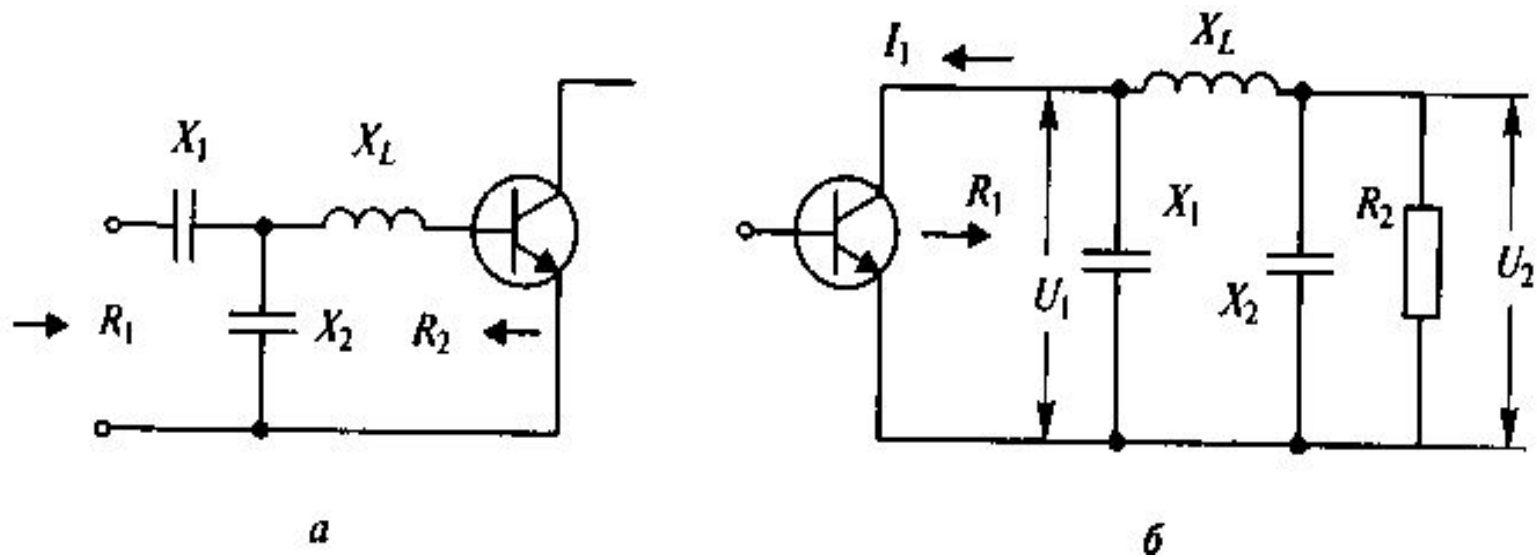
По назначению следует различать три основных случая согласования цепей применительно к ГВВ:

- согласование входного сопротивления транзистора с предыдущим каскадом;
- согласование выходного сопротивления транзистора со следующим каскадом;
- согласование выходного сопротивления транзистора с антенной.

Другая классификация электрических цепей связана с полосой их пропускания  $\Delta f_{\text{пр}}$  при среднем значении частоты в этой полосе  $f_0$ . Различают три основных цепи:

- узкополосная цепь при  $(\Delta f_{\text{пр}}/f_0)=1 \dots 2\%$ ;
- среднеполосная цепь при  $2\% \leq (\Delta f_{\text{пр}}/f_0) \leq 20\%$ ;
- широкополосная цепь при  $(\Delta f_{\text{пр}}/f_0) \geq 20\%$ .

# Согласующие цепи в ВЧ транзисторных генераторах

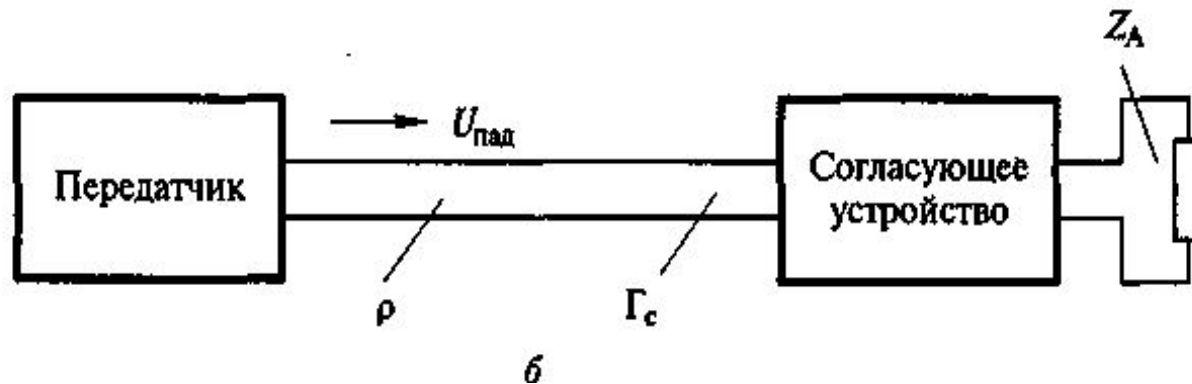
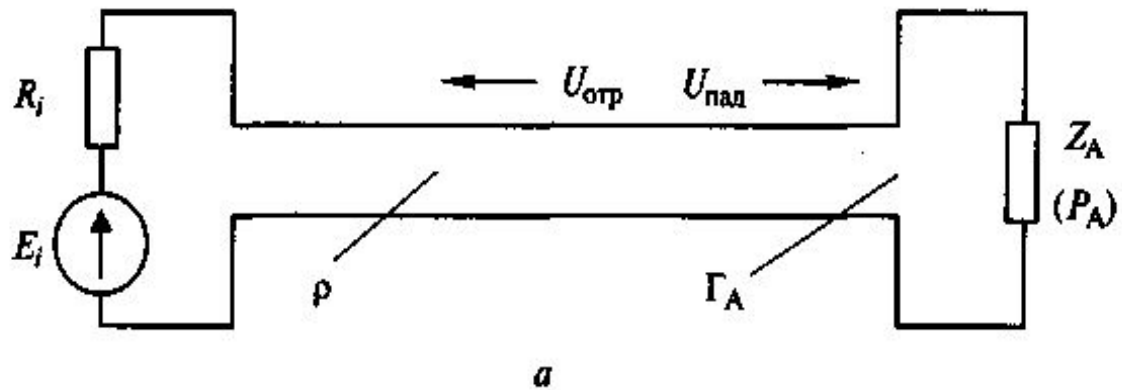


а – входная цепь;  
б – выходная цепь

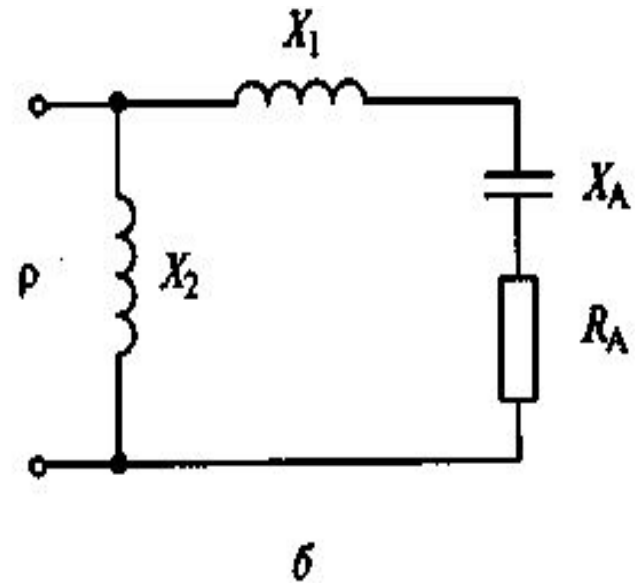
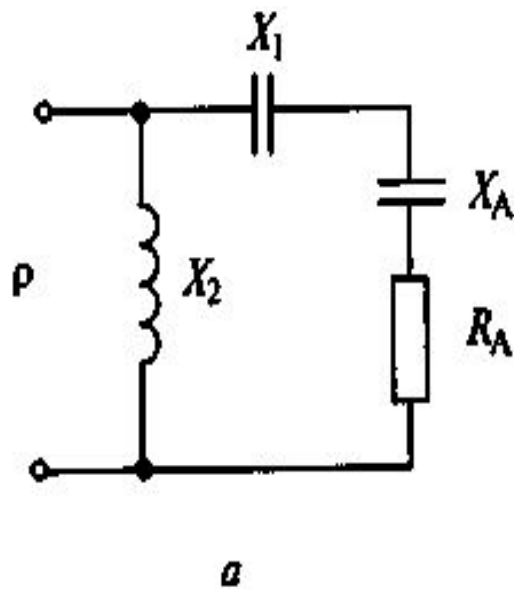
Согласование выходного каскада с антенной определяет, какая часть мощности ВЧ сигнала радиопередатчика будет подведена к антенне и излучена в пространство. Отсутствие надлежащего согласования между антенной и радиопередатчиком недопустимо.

Антенна по отношению к радиопередатчику имеет определенное входное сопротивление, зависящее от конструкции и размеров антенны, окружающих ее предметов, длины волны и других факторов.

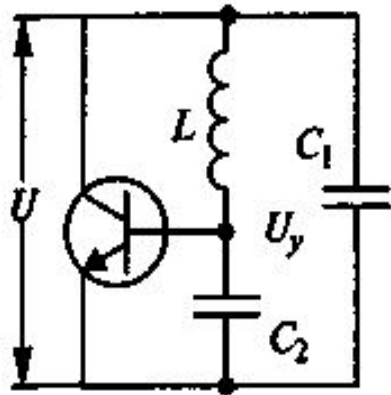
# Измерение амплитуд падающей и отраженной волны



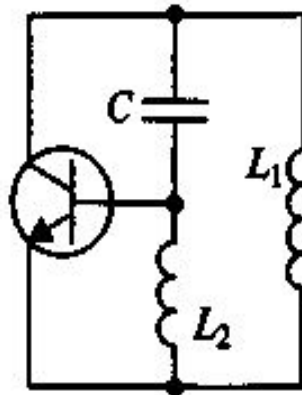
# Согласующего устройства при емкостном характере сопротивления антенны



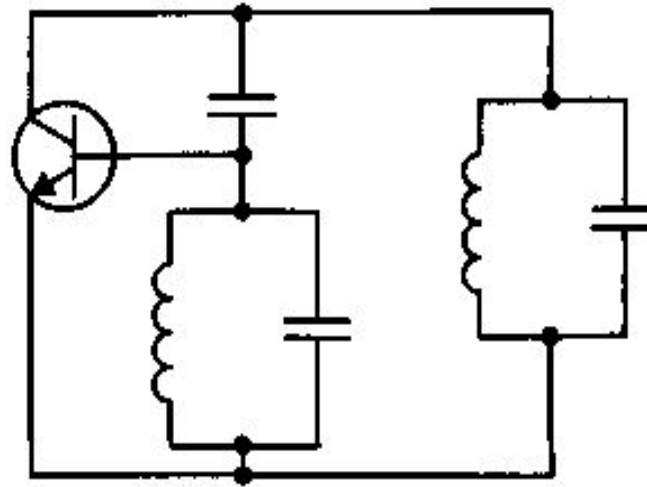
# Трехточечная схема АГ



*a*

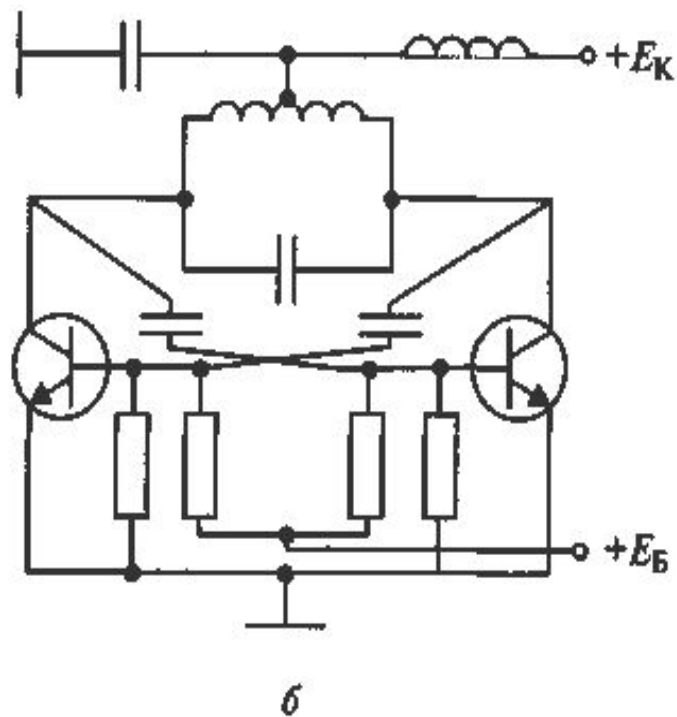
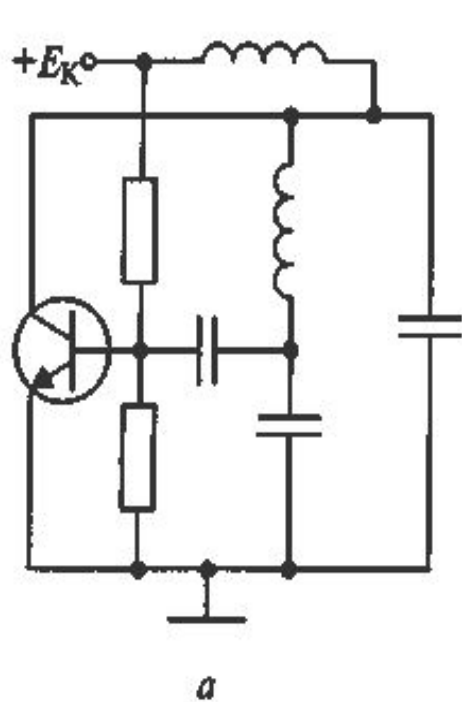


*б*

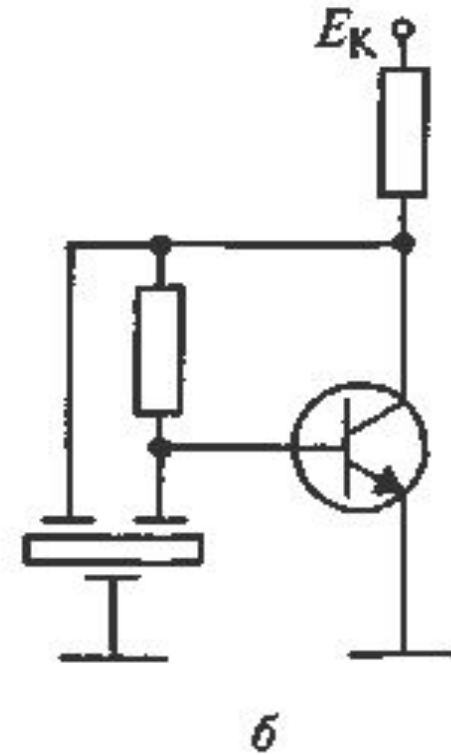
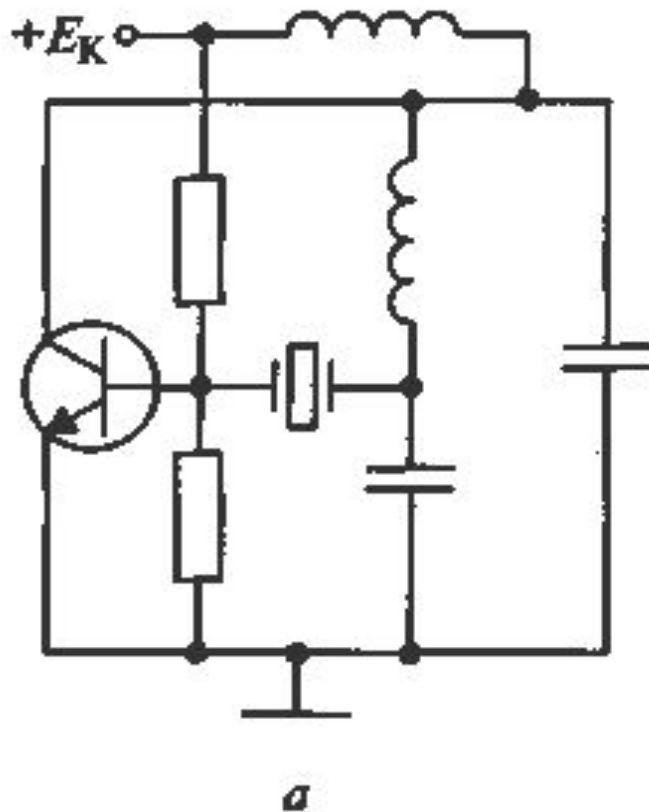


*в*

# Схемы транзисторного АГ



# Схемы АГ с включением кварцевого резонатора в цепь обратной связи





# Параметры, характеризующие работу

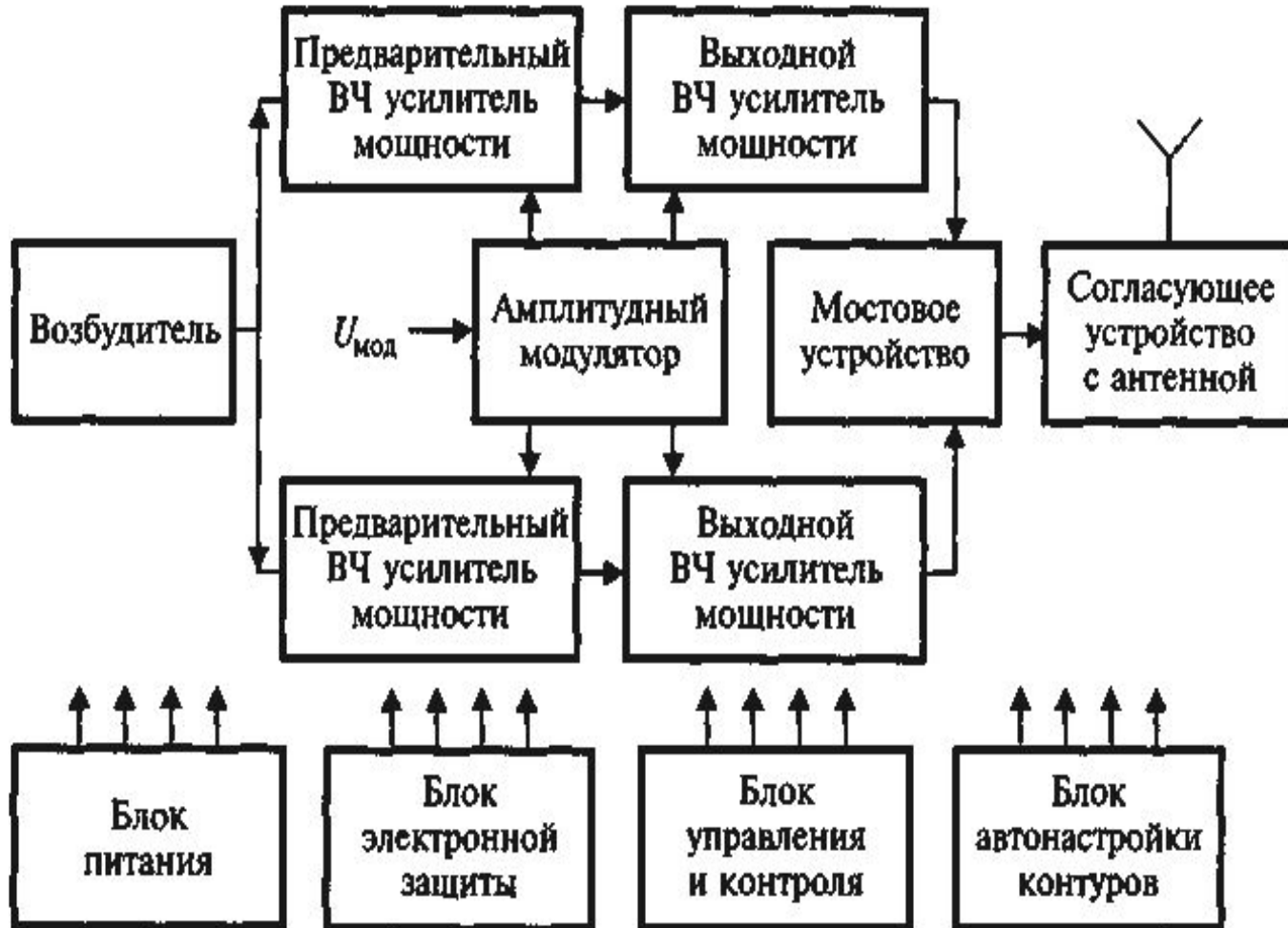
## АГ, можно разбить на две группы

К первой относятся величины, определяющие энергетические свойства АГ - колебательную мощность и КПД.

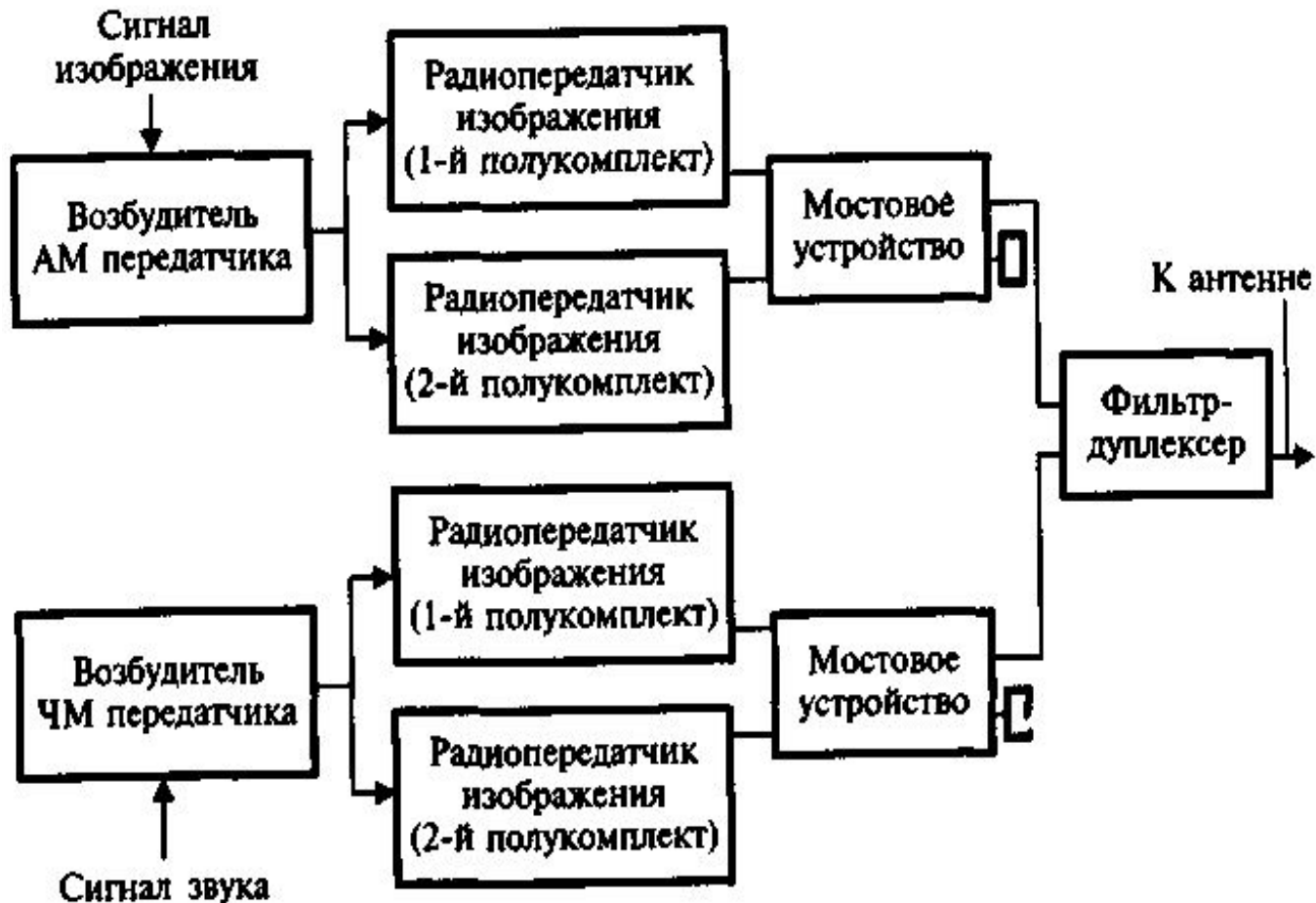
Во вторую группу входят параметры, характеризующие частотные свойства АГ:

- - диапазон частот  $f_1 \dots f_2$ , в пределах которого возможна перестройка частоты;
- - требуемое, номинальное значение частоты генерируемого сигнала  $f_{ном}$ ;
- - долговременная нестабильность частоты за определенный интервал времени;
- - кратковременная нестабильность частоты и фазы сигнала;
- - чистота спектра и уровень шума излучаемого сигнала.

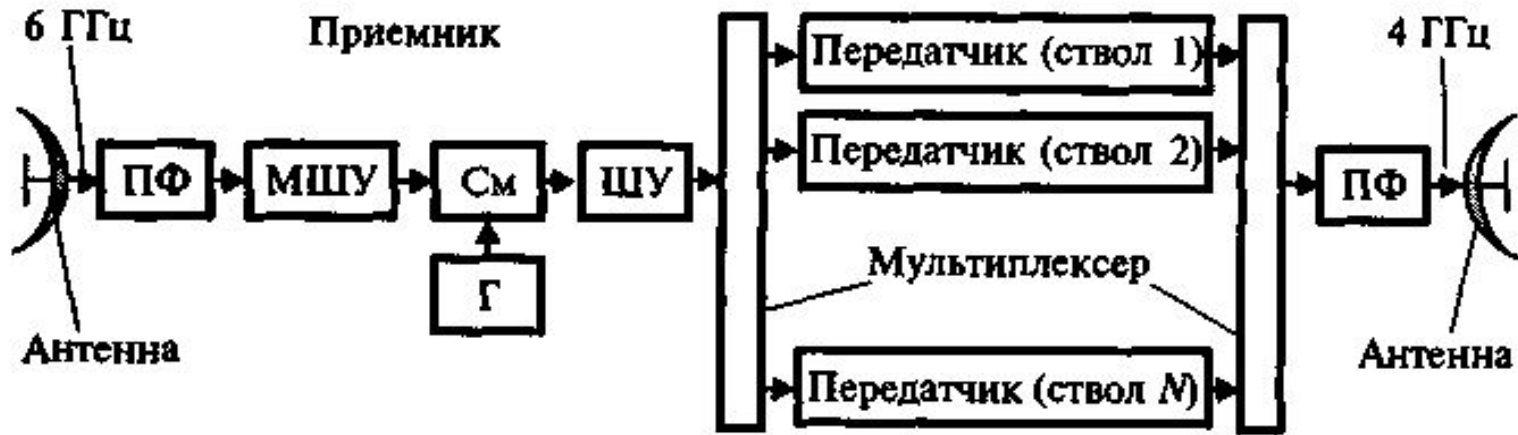
# ТЕМА 11. РАДИОПЕРЕДАТЧИКИ ВЧ ДИАПАЗОНА РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ



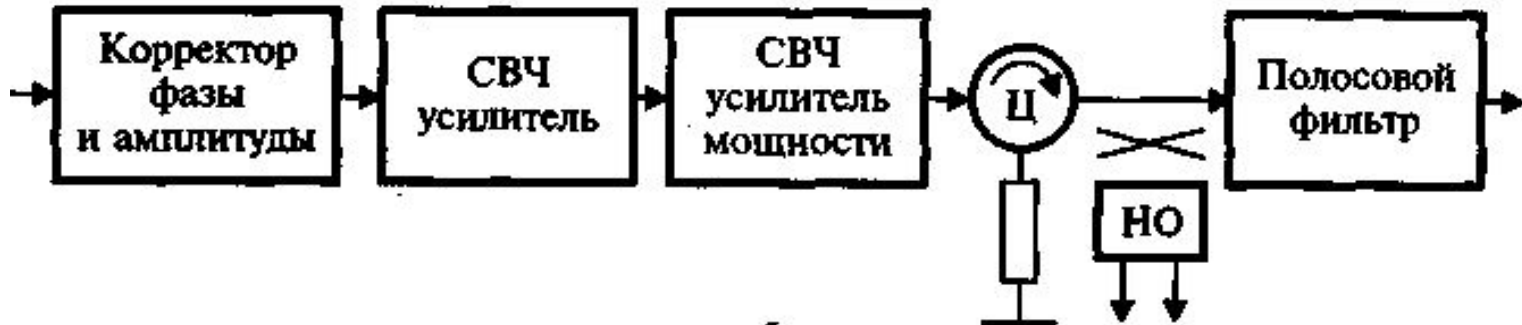
# Телевизионный радиопередатчик



# Спутниковый ретранслятор



a



б

## Классификация электронных приборов, применяемых в радиопередатчиках

Параметр	Тип СВЧ электровакуумного прибора		
	Амплитрон	Прямопролетный клизотрон	ЛБВ типа О
КПД, %	50...70	25...50	20...50
Максимальная средняя мощность, кВт	8...10	10	0,5...1
Максимальная импульсная мощность, МВт	2...7	2...10	0,5...1
Полоса пропускания, %	10	0,2...1	10...30
Усиление, дБ	10...16	25...40	30...50
Напряжение питания, кВ	30...70	20...90	10...30

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данного учебного пособия является изучение теории построения устройств формирования и генерирования сигналов, изучены общие принципы построения передающих устройств в различных диапазонах частот.

Рассмотрены различные типы модуляции и их реализации.

В пособии приведены схемные решения умножителей, синтезаторов, модуляторов, усилителей и схем согласования.

Учебное пособие позволяет повторить основные определения, изученные в предыдущих дисциплинах и связать их с новыми знаниями, приведенными в данной работе.

В дополнение к учебному пособию имеются «Методические рекомендации по курсовому проектированию».

Данное учебное пособие позволяет перейти к освоению таких дисциплин, как «Средства радиоэлектронной борьбы», «Средства радиоэлектронной защиты» и «Модемы и кодеки радиосистем».

Рекомендуется ознакомиться с основными определениями, и выводами по главам, а затем познакомиться с вопросами для итогового контроля и перечнем тем контрольных и курсовых работ.

После каждой лекции для закрепления материала изучить соответствующие параграфы данного пособия, а также обратиться к рекомендованной литературе, к основной и дополнительной.

Устройства формирования и генерирования сигналов являются обязательным компонентом любой радиоэлектронной аппаратуры.

Знания, полученные при изучении данной дисциплины позволят разобраться в работе любого радиоэлектронного устройств.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гряник В.Н., Павликов С.Н., Убанкин Е.И. Устройства формирования и генерирования сигналов. - Владивосток: ВГУЭС. 2005. – 132 с.
2. Радиопередающие устройства, Учебник для ВУЗов/Под редакцией В.В. Шахгильдяна - М.: Радио и связь, 2003.-560 с.
3. Проектирование радиопередатчиков: Учебное пособие для вузов/Под редакцией В.В. Шахгильдяна, - М.: Радио и связь, 2003.-656 с.
4. Устройства генерирования и формирования радиосигналов/Под редакцией Г.М. Уткин, В.Н. Кулешова и М.В. Благовещенского,- М.: Радио и связь, 1994.
5. Каганов В.И. Радиопередающие устройства: Учебник для сред. проф. образования. М.: ИРПО: Изд. Центр <Академия>, 2002.-188 с.
6. Каганов В.И. Радиотехника + компьютер + Matcad. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. - 416 с.
7. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. М.: Солон-Р, 2000.-506 с.