

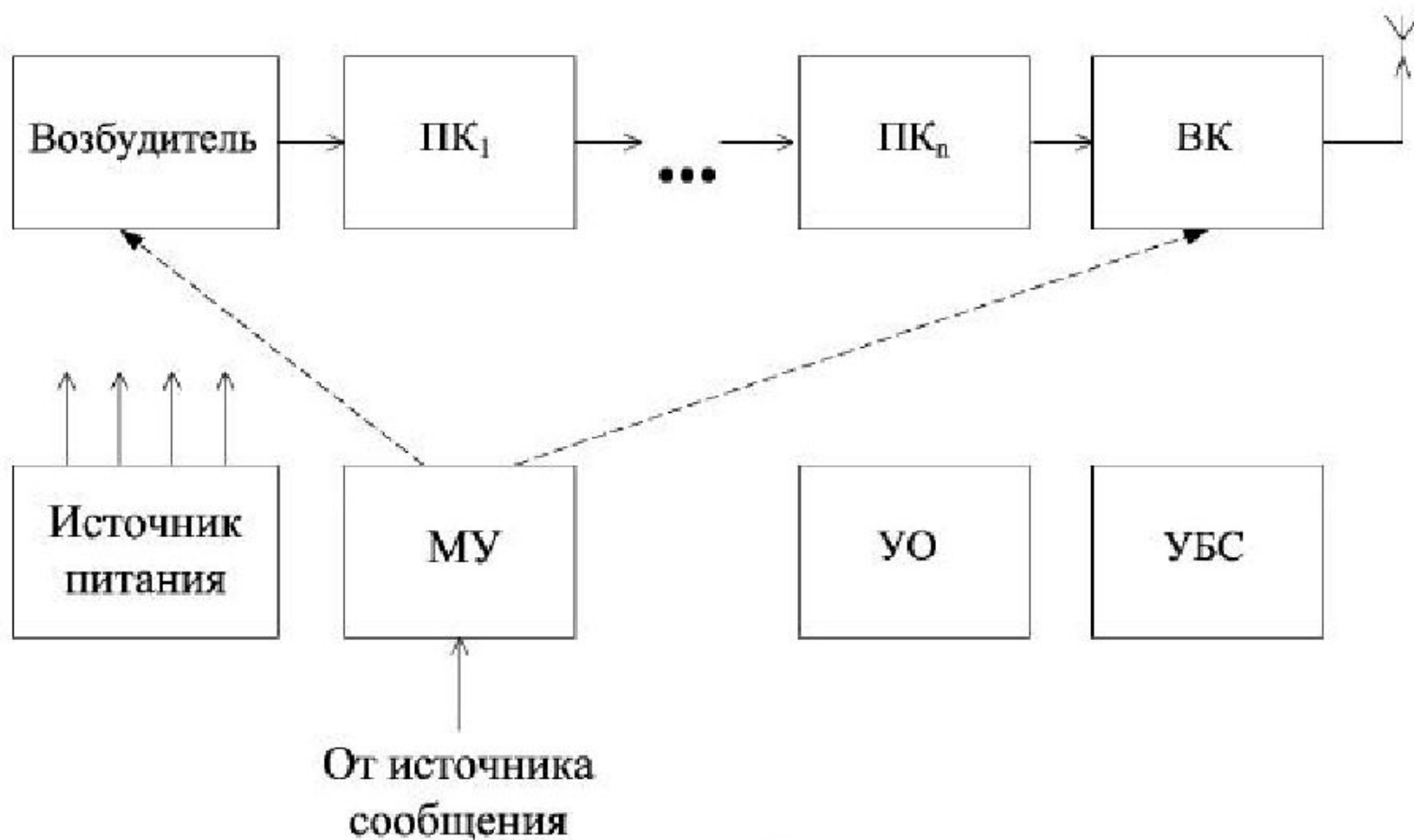
Основы генерирования и формирования сигналов

Лекция 2

1. ГЕНЕРАТОРЫ С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ, АВТОГЕНЕРАТОРЫ И ВОЗБУДИТЕЛИ ДИАПАЗОНА ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

1.1 Общие сведения

Структурная схема связного передатчика



Структура РПДУ современных средств связи (СС) выполняется по многокаскадной схеме (рис. 1.1б). Возбудитель формирует высокостабильные колебания в заданном диапазоне частот.

Далее эти колебания усиливаются в предварительных каскадах ($ПК_1...ПК_n$) и поступают на выходной каскад (ВК) усилителя мощности (УМ). ВК обеспечивает в антенне заданную мощность. Антенна излучает радиоволны в пространство.

Для управления колебаниями, формируемыми в возбудителе, служит модуляционное устройство (МУ). В зависимости от назначения передатчика модуляция может осуществляться в возбудителе (на низком энергетическом уровне) либо в ВК (на высоком энергетическом уровне). Модуляция может быть осуществлена и в предварительных каскадах УМ.

Устройство охлаждения (УО) поддерживает заданный тепловой режим передатчика, а устройство блокировки и сигнализации (УБС) дает информацию о режиме работы передатчика и обеспечивает его включение и выключение. Источники питания (ИП) необходимы для подачи заданных напряжений на соответствующие каскады передатчика.

Основные характеристики РПдУ

1. Рабочая частота f_p , или диапазон рабочих частот $f_{\min} \dots f_{\max}$. Определяются в зависимости от назначения радиолинии, расположения пунктов передачи и приема, международного распределения радиочастот, условий распространения радиоволн и др.

2. Вид модуляции. Эта характеристика определяется назначением передатчика. В передатчиках, предназначенных для средств воздушной разведки, используется в основном передача телекодированной информации. При этом осуществляется частотная манипуляция (ЧМн) или относительная фазовая манипуляция (ОФМн). Вид модуляции определяет, прежде всего, помехоустойчивость и пропускную способность каналов связи.

3. Выходная мощность – активная мощность, передаваемая передатчиком в антенно-фидерное устройство или эквивалент нагрузки. Во многих случаях передатчики характеризуются пиковой мощностью, под которой понимают выходную мощность, соответствующую максимальной амплитуде радиочастотного сигнала.

4. Стабильность частоты. Современные передатчики диапазонов ВЧ и ОВЧ имеют относительную нестабильность частоты около $10^{-6} \dots 10^{-7}$. С увеличением рабочей частоты требуется и более высокая стабильность частоты.

5. Уровень побочных излучений. Допустимый уровень средней мощности побочного излучения передатчика должен быть на 40...60 дБ меньше средней мощности основного (полезного) излучения.

6. Коэффициент полезного действия (КПД) – отношение выходной мощности передатчика к полной мощности, потребляемой от источников питания. КПД определяет стоимость производства и эксплуатации передатчика, его массу и габаритные размеры. Повышение КПД позволяет повысить надежность работы передатчика.

7. Электроакустические показатели. К ним относятся: коэффициент (индекс) модуляции, коэффициент нелинейных искажений, уровень шума и т.д.

8. Эксплуатационные характеристики. К этим характеристикам относятся: габариты, масса передатчика, удобство эксплуатации и ремонта, надежность, устойчивость к внешним воздействиям и др.

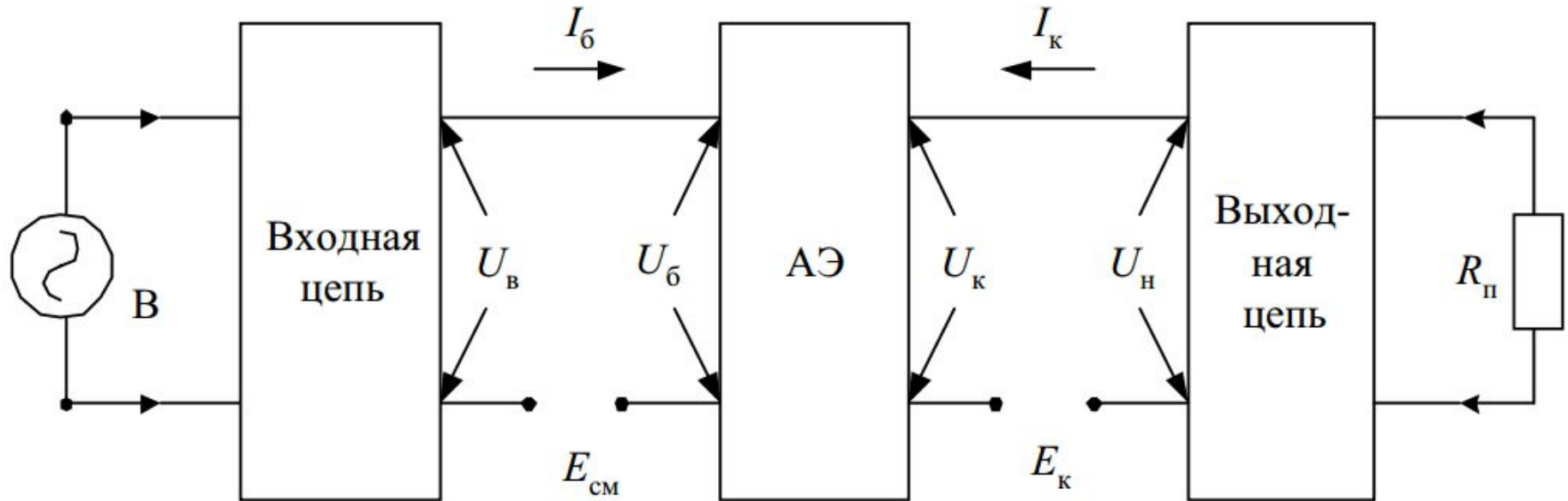
- Источники колебаний, используемые в устройствах формирования и усиления радиосигналов, делятся на два больших класса: генераторы с внешним возбуждением (ГВВ) и генераторы с самовозбуждением, или автогенераторы (АГ). ГВВ — источник колебаний, создающий их под воздействием колебаний другого, обычно менее мощного ГВВ или АГ. К ГВВ относятся усилители мощности (УМ) и умножители частоты (УЧ) на активных элементах.

Генераторы внешнего

возбуждения

Самым распространенным каскадом современных радиопередатчиков является генератор с внешним возбуждением (ГВВ). В его состав входят активный элемент (АЭ), нагрузка, цепи питания и смещения АЭ и цепь возбуждения, по которой на вход АЭ подается радиочастотный сигнал от возбудителя. В качестве возбудителя выступает предшествующий каскад передатчика. Цепи возбуждения и смещения образуют входную цепь АЭ, которая должна решать также задачи входной цепи согласования. В свою очередь цепи питания и нагрузки образуют выходную цепь АЭ, выполняющую функции выходной согласующей цепи. Напомним, что цепи согласования служат, во-первых, для трансформации (согласования) сопротивлений; во-вторых, для формирования совместно с цепями питания и смещения необходимой формы токов и напряжений, обеспечивающих требуемый режим работы ГВВ, и, в третьих, для фильтрации высших гармоник. Обобщенная структурная схема ГВВ изображена на рис.

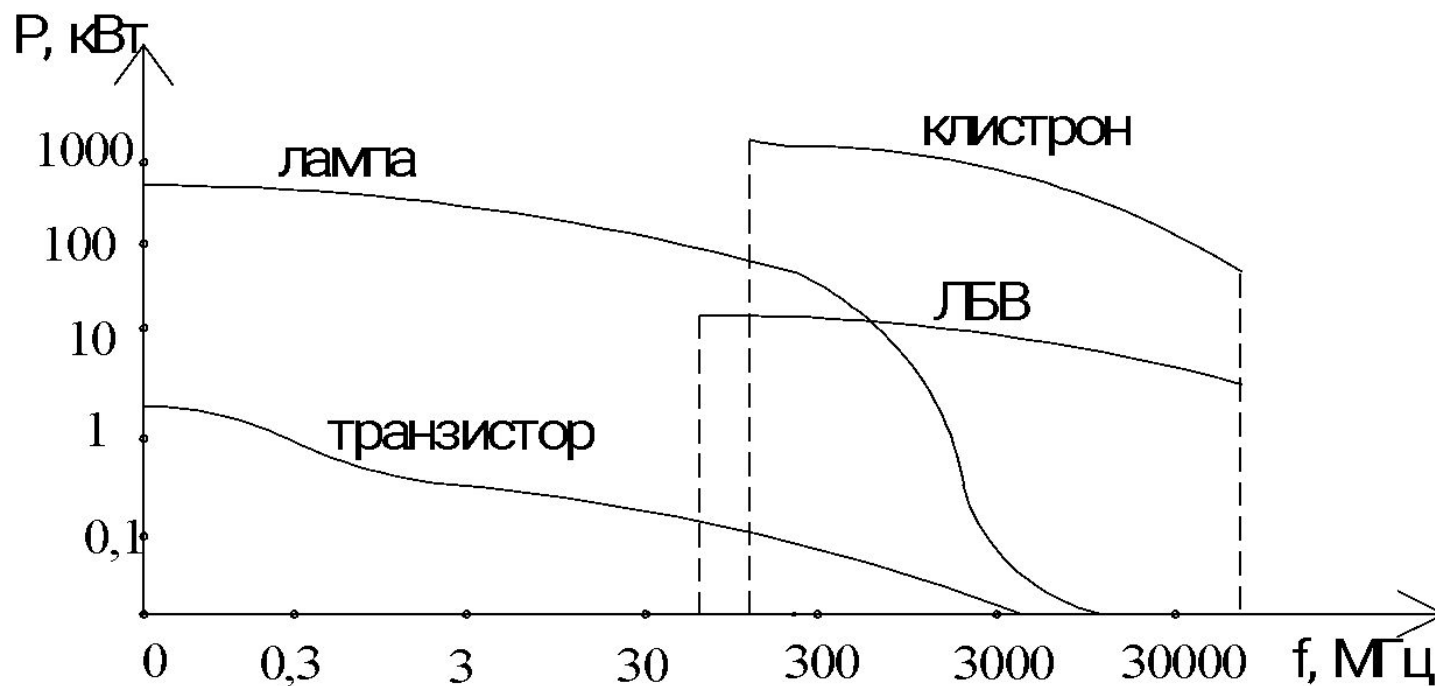
Структурная схема ГВВ



Входная цепь согласования трансформирует входное сопротивление АЭ в сопротивление, равное внутреннему сопротивлению R_i возбудителя (V), а выходная цепь согласования – сопротивление потребителя R_{Π} (входное сопротивление следующего каскада, фидера, антенны) в оптимальное сопротивление нагрузки АЭ.

Активные элементы ГВВ

- Основными электронными приборами в ГВВ являются лампы, лампы бегущей волны (ЛБВ), клистроны и транзисторы. Ориентировочно области использования этих электронных приборов в ГВВ представлены на рисунке



МГц

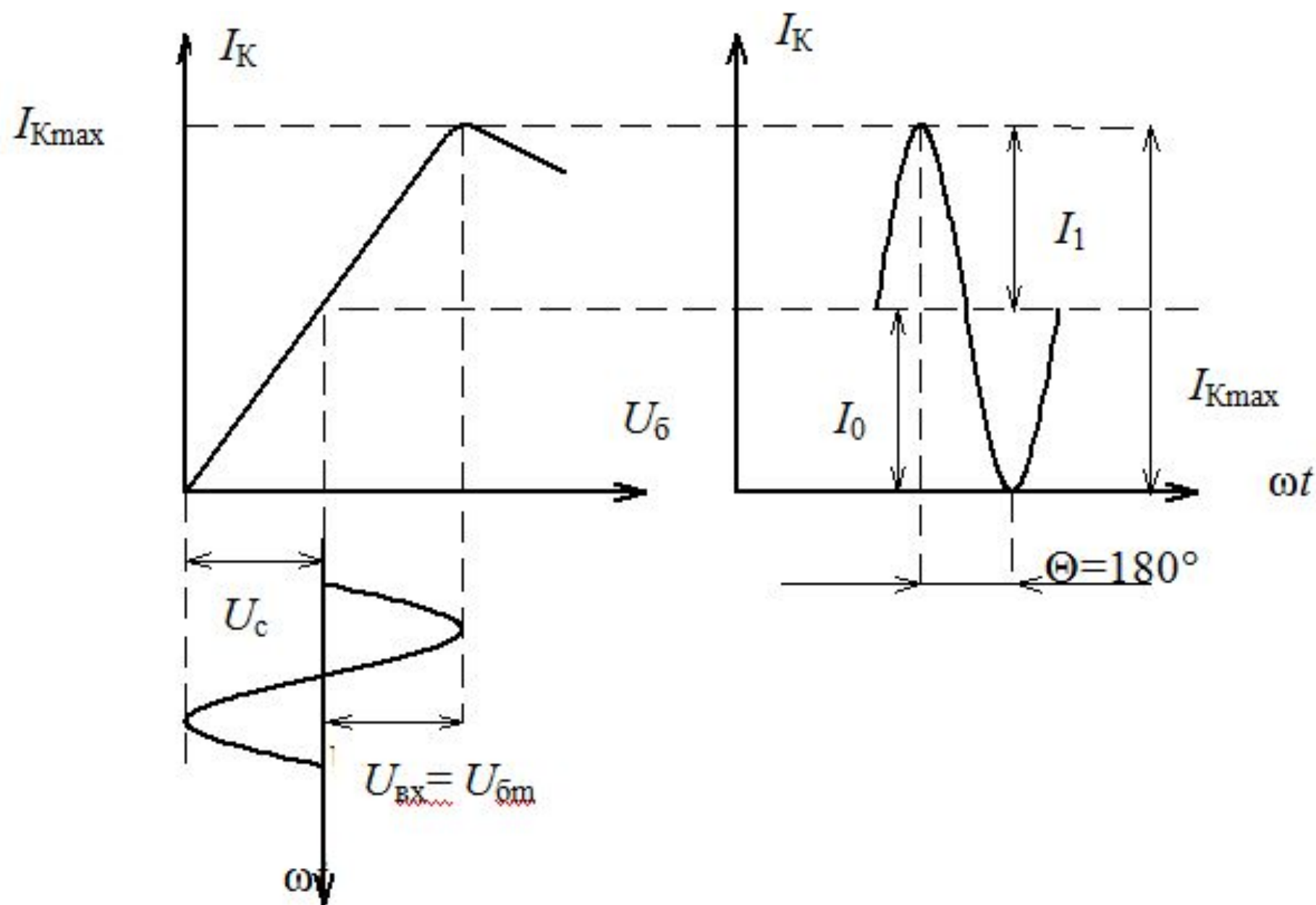
- Современные генераторные лампы (ГЛ) принято подразделять по допустимой мощности, рассеиваемой на аноде на следующие подгруппы: маломощные ($P_{\text{а.доп}} < 25 \text{ Вт}$), средней мощности ($25 \text{ Вт} < P_{\text{а.доп}} < 1 \text{ кВт}$) и мощные ($1 \text{ кВт} < P_{\text{а.доп}}$).
- Пролётные клистроны и ЛБВ относятся к приборам со скоростной модуляцией электронного потока. По сравнению с ГЛ пролётные клистроны обладают рядом достоинств. Они могут работать на частотах (0,2...40) ГГц при выходных мощностях до 500 кВт. Однако, по сравнению с ламповыми клистронные ГВВ имеют меньший электронный КПД и большую стоимость. Мощные клистроны имеют принудительное водяное или воздушное охлаждение. ЛБВ уступают клистрону в отношении выходной мощности и КПД, но имеют и ряд преимуществ перед ним: значительно большую полосу усиления (от 20% до 30 % от среднего значения частоты) и меньшие собственные шумы.

- В передатчиках малой мощности лампы практически вытеснены транзисторами. На транзисторах часто выполняются и каскады средней мощности (до 10 кВт) с использованием мостовых схем сложения мощности.
- Транзисторы, как полевые (ПТ), так и биполярные (БП), — принципиально более низковольтные приборы, чем ГЛ. Увеличение их мощности за счёт тока ограничено снижением входных и нагрузочных сопротивлений, затрудняющим согласование со стандартными нагрузками (50; 75 Ом и т.д.). На частотах до 4 ГГц чаще применяются БТ, а выше 4 ГГц предпочтительнее оказываются ПТ. В ключевых усилителях ПТ имеют меньшее время переключения. Мощные ПТ, используемые в ключевых усилителях, работают с токами до (20...30) А при напряжениях питания до 800 В и уровнях выходной мощности (1...2) кВт.

Режим работы АЭ в ГВВ

Колебания I рода (Режим класса А).

- При этом выходной ток АЭ имеет не импульсный характер. Режим колебаний I рода, при котором используется вся характеристика АЭ, называется предельным — здесь используется все возможности режима I рода.
- На рисунке 1.2, на примере идеализированной статической характеристики АЭ, показан предельный режим работы в классе А и приведены основные энергетические соотношения.
- На рисунке 1.2 : U_c — напряжения смещения, U_b — напряжение на базе транзистора, $U_{вх} = U_{бм}$ — амплитуда входного сигнала, I_1, I_0 (или $I_{к1}, I_{к0}$) — ток первой гармоники и постоянная составляющая тока коллектора соответственно.



Работа без угла отсечки ($\Theta = 180^\circ$)

Для этого случая справедливы следующие соотношения:

$$I_0 = I_1 = \frac{i_{\text{к max}}}{2};$$

$P_0 = I_0 U_n$ — мощность, потребляемая от источника питания;

U_n — напряжение источника;

$$P_1 = \frac{1}{2} I_1 U_1 \text{ — колебательная мощность;}$$

U_1 — напряжение первой гармоники на коллекторе;

$$\eta = \frac{P_1}{P_0} = \frac{1}{2} \frac{I_1}{I_0} \frac{U_1}{U_n} = \frac{1}{2} \frac{I_1}{I_0} \xi \text{ — КПД,}$$

где $\xi = \frac{U_1}{U_n}$ — коэффициент использования коллекторного напряжения, ($\xi \leq 1$).

Тогда для предельного режима класса A будем иметь:

$$\eta_{\text{кл. A}} = \frac{1}{2} \frac{I_1}{I_0} \xi = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1 = 0,5,$$

то есть $\eta_{\text{кл. A}}$ не может даже теоретически превышать 50%. В этом основной недостаток режима работы класса A.

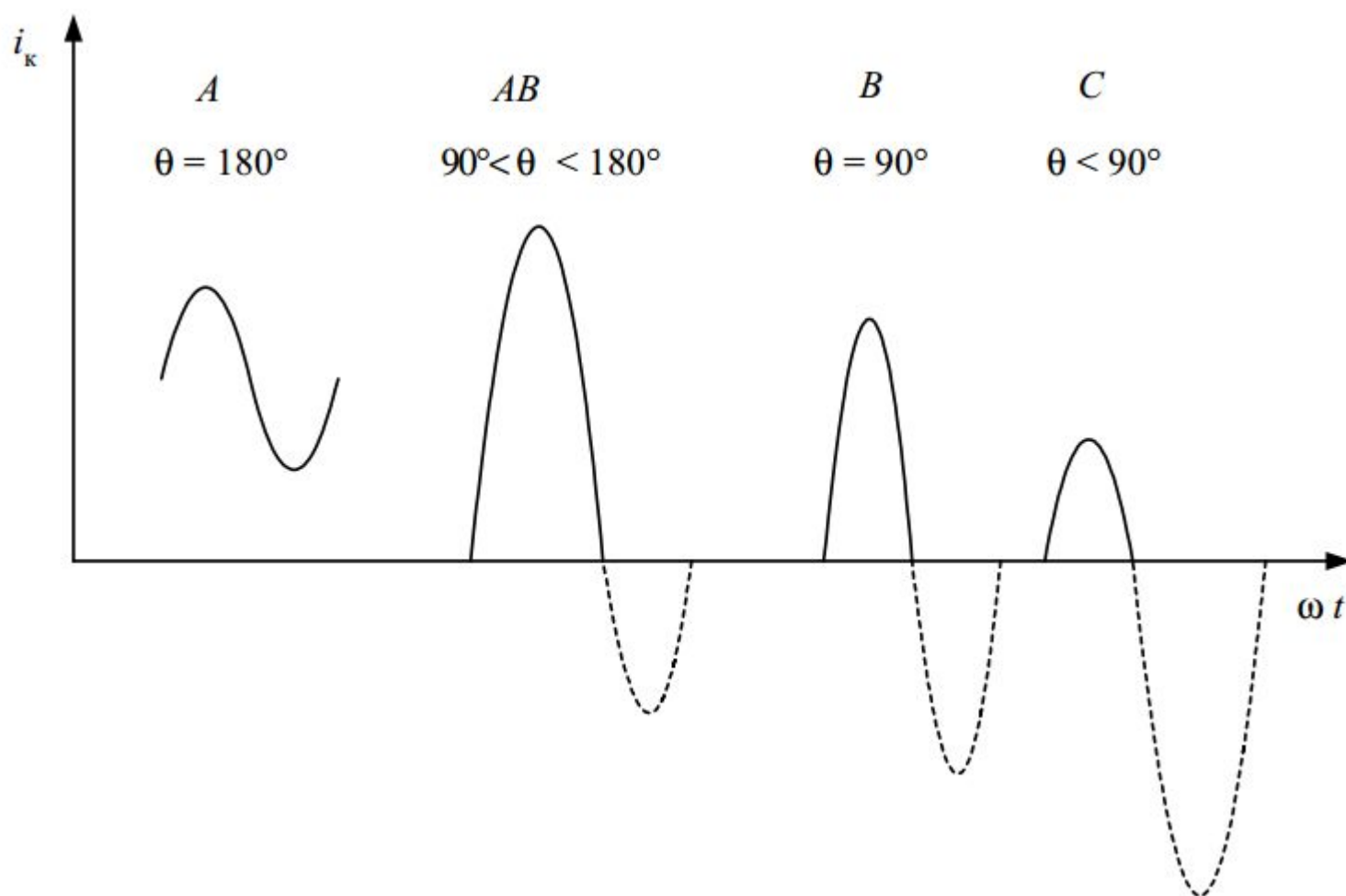
Колебания II рода.

Таким образом, при колебаниях второго рода выходной ток транзистора имеет форму периодической последовательности импульсов, длительность и амплитуда которых зависит от значения напряжения смещения $E_{см}$ по отношению к напряжению отсечки E' коллекторного тока. Эти импульсы называются косинусоидальными, и они характеризуются двумя основными параметрами: амплитудой импульса $I_{к.маx}$ и углом отсечки Θ . При достижении входным сигналом верхнего изгиба проходной характеристики АЭ переходит в состояние насыщения, и вершина косинусоидального импульса как бы срезается. Режим работы АЭ в этом случае называется ключевым.

Углом отсечки Θ называется половина длительности импульса тока размерности ωt (в градусах или радианах). В зависимости от значения Θ иногда режимы работы АЭ подразделяют, используя следующие обозначения: A , AB , B , C и D . A – режим колебаний первого рода или без отсечки. Режимы AB , B и C относятся к режиму колебаний второго рода, с отсечкой и обозначают импульсные режимы работы. D – ключевой режим. Связь этих режимов с величиной Θ показана на рис. 5.

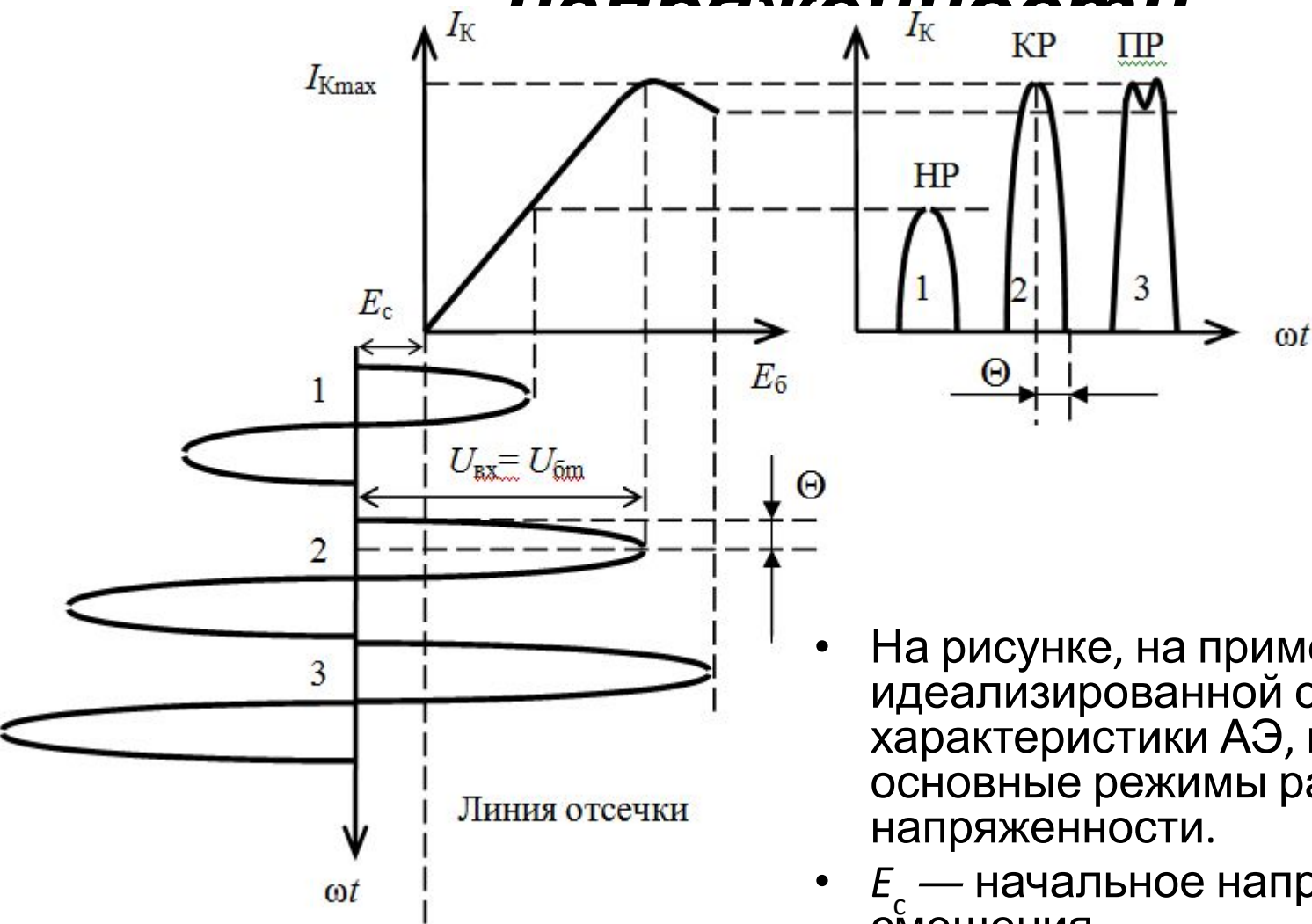
Достоинства: хорошее использование АЭ и высокий КПД.

Недостатки: обилие гармоник и искажения при усилении слабых сигналов.



Форма выходного тока в различных режимах работы
ГВВ

Режимы работы АЭ по напряженности



- На рисунке, на примере идеализированной статической характеристики АЭ, показаны основные режимы работы АЭ по напряженности.
- E_c — начальное напряжение смещения
- 1 — НР — недонапряженный режим;
- 2 — КР — критический режим;
- 3 — ПР — перенапряженный режим.

- Основными режимами работы АЭ в РПДУ являются критический или слегка перенапряженный, поскольку в этих режимах достигаются высокие значения P_1 и η .