

Лекция 2.

Генераторы с внешним возбуждением (ГВВ)

Вопросы:

1. Назначение генератора с внешним возбуждением (ГВВ).
2. Принцип действия ГВВ.
3. Режимы работы ГВВ.



Генератор с внешним возбуждением (ГВВ) – это такой ГВЧ, в котором процесс преобразования энергии происходит под воздействием внешнего управляющего сигнала.

В структурной схеме многокаскадного передатчика генераторами с внешним возбуждением являются **все каскады** *за исключением задающего генератора*.

Основное требование, предъявляемое к ГВВ, — **высокий КПД!**

Для выполнения этого требования ГВВ строится по специальной схеме, а его электронный прибор работает в особом режиме.

В состав ГВВ входит **активный электронный прибор (ЭП)**.

Им может быть:

- биполярный транзистор, полевой транзистор;
- электронно-управляемая лампа, электровакуумный прибор СВЧ-диапазона.

Условные обозначения

В теории передатчиков принято вместо обозначения электродов конкретного типа электронного прибора применять универсальные обозначения: **В**, **Г**, **И**.

Универсальное обозначение электрода	Лампа	Транзистор	Полевой транзистор
В (входной)	Сетка	База	Затвор
Г (генераторный)	Анод	Коллектор	Сток
И (инжектирующий)	Катод	Эмиттер	Исток



ГВВ принято классифицировать на 2 типа:

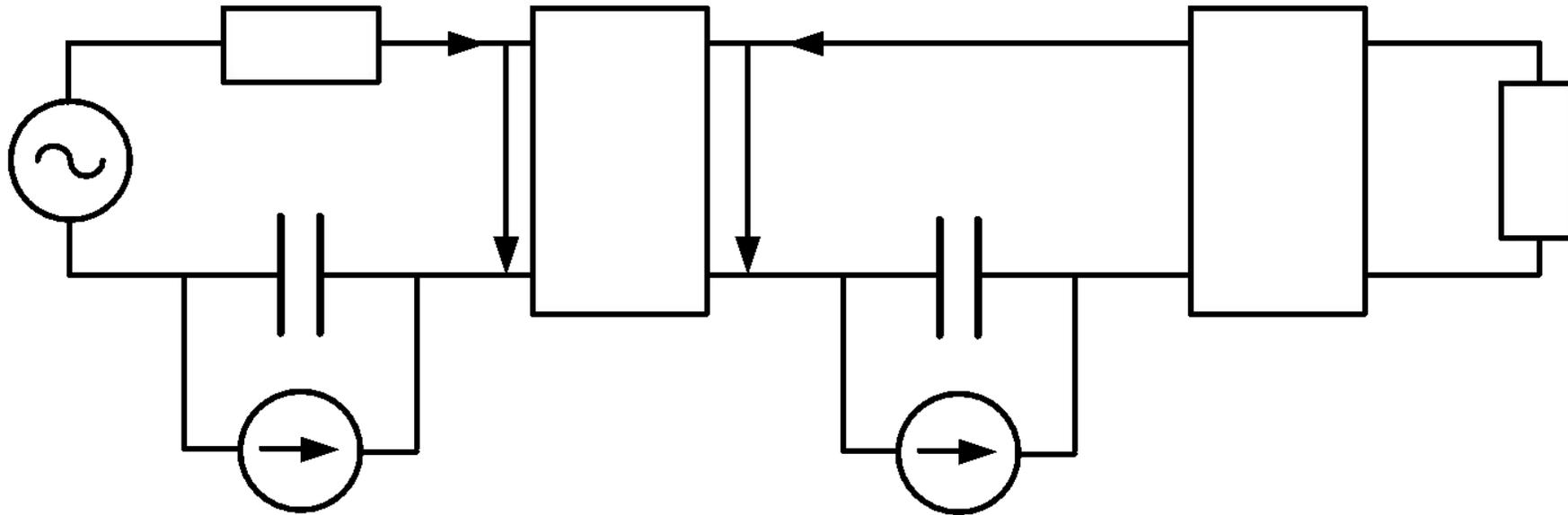
- усилители мощности (УМ);
- умножители частоты (УЧ).

В самом общем случае в состав ГВВ входят :

- ЭП (активный элемент АЭ);
- цепи возбуждения ($Z_{вн}$ учитывает внутреннее сопротивление источника входного сигнала);
- нагрузка;
- цепь согласования с нагрузкой (ЦС);
- источники питания $U_{в0}$ и $U_{с0}$.



Функциональная схема ГВВ



Цепь согласования с нагрузкой (антенной), обеспечивает трансформацию ее сопротивления к такому значению, при котором ЭП отдает в нагрузку наибольшую мощность с учетом существующих ограничений по току и напряжению на выводах прибора.



Обозначение токов и напряжений:

i, u – переменный (высокочастотный) ток и напряжение;

I_0, U_0 – постоянный ток и напряжение;

I_1, U_1 – амплитуда высокочастотного тока и напряжения с частотой первой гармоники.

Что такое «гармоника»

На вход генератора поступает косинусоидальное напряжение возбуждения с рабочей частотой ω_r . Колебание этой частоты – **первая гармоника**.

Вторая гармоника соответствует частоте $2\omega_r$;

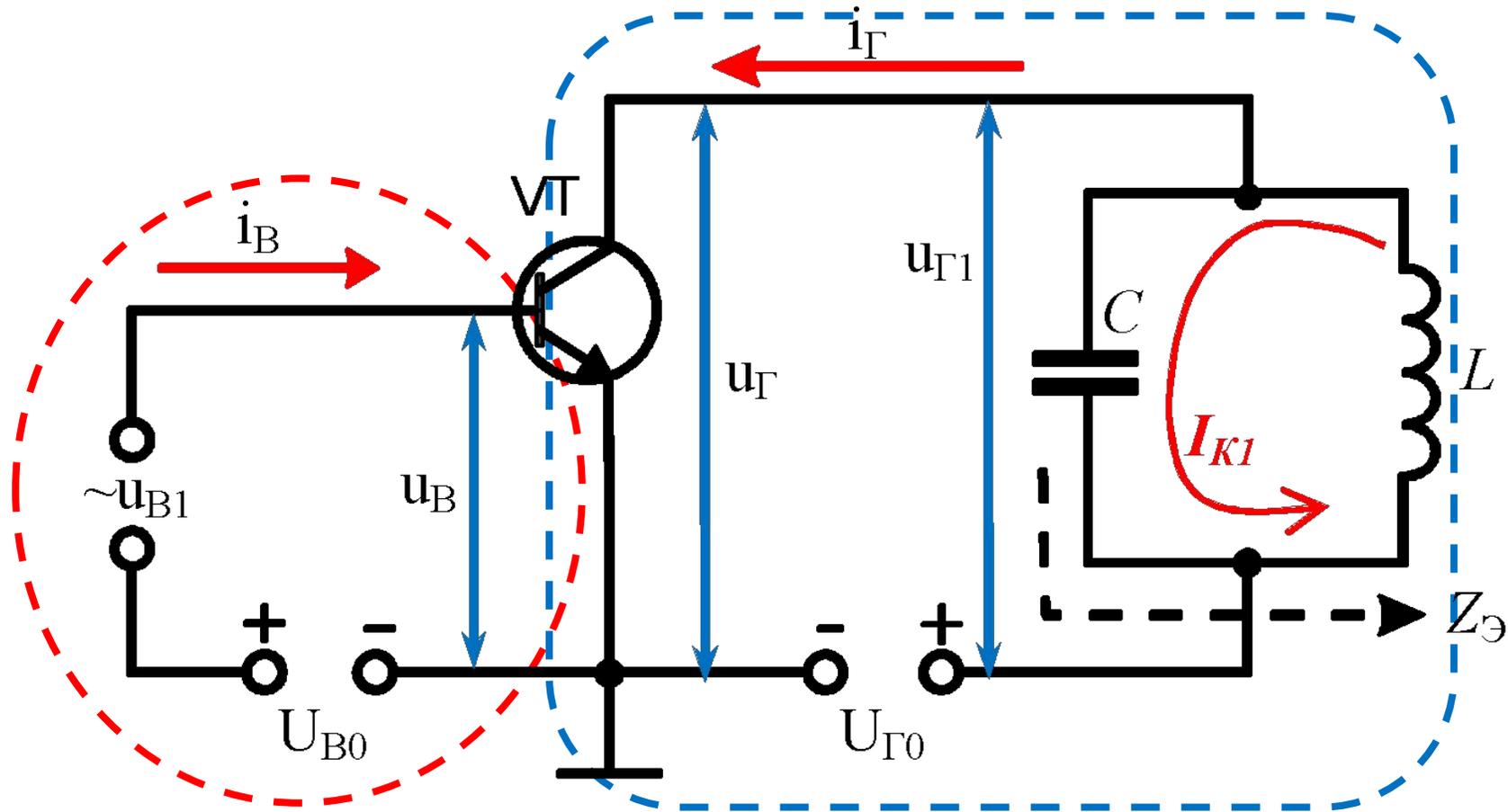
третья – $3\omega_r$; и т.д.

В схеме ГВВ условно можно выделить две цепи:

1. Входная цепь, или **цепь возбуждения генератора**. Все величины, относящиеся к ней, обозначаются индексом **В**.

2. Генераторная (выходная) цепь. Все величины, относящиеся к ней, обозначаются индексом **Г**.

Упрощенная схема ГВВ



входная цепь
(цепь возбуждения)

выходная (генераторная) цепь

Расшифровка обозначений

ВХОДНАЯ ЦЕПЬ

U_{B0} – постоянное напряжение во входной цепи (напряжение смещения);

u_{B1} – высокочастотное напряжение во входной цепи (напряжение возбуждения);

Возбуждающее напряжение u_{B1} представляет собой косинусоиду:

$$u_{B1} = U_{B1} \cos \omega_p t$$

где ω_p – рабочая частота

Мгновенное значение напряжения, приложенного к базе транзистора, записывается в виде:

$$u_B = U_{B0} + U_{B1} \cos \omega_p t$$

где U_{B1} – амплитуда напряжения возбуждающего колебания



ВЫХОДНАЯ (ГЕНЕРАТОРНАЯ) ЦЕПЬ

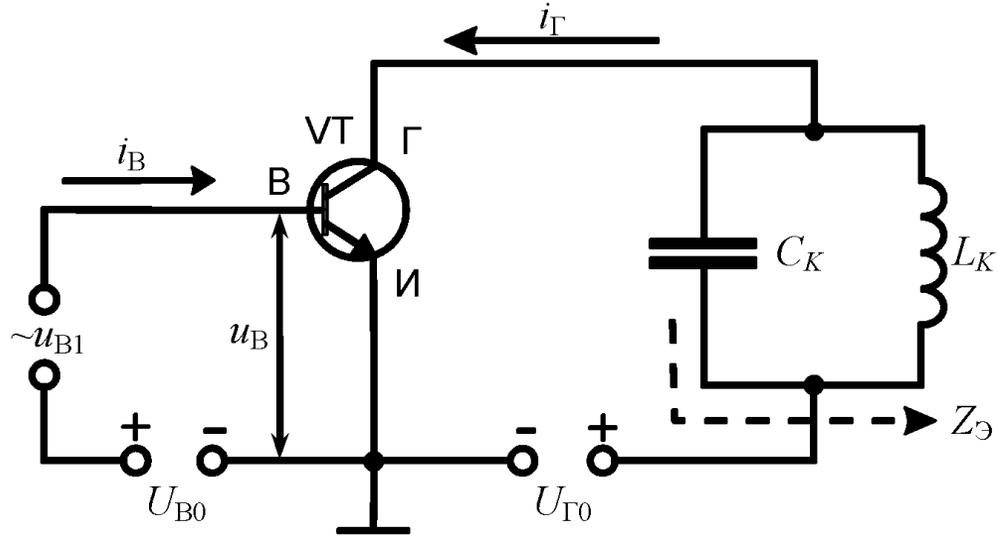
$U_{Г0}$ – постоянное напряжение в генераторной цепи (напряжение питания).

$U_{Г1}$ — высокочастотное напряжение первой гармоники в генераторной цепи (полезное выходное напряжение).

Основы теории и принципы построения транзисторных каскадов передатчика будем рассматривать для рабочих частот существенно ниже граничной частоты транзистора, где можно считать его практически безынерционным элементом.

В этом случае многие исследуемые энергетические зависимости транзисторного генератора будут схожи с ламповым генератором.





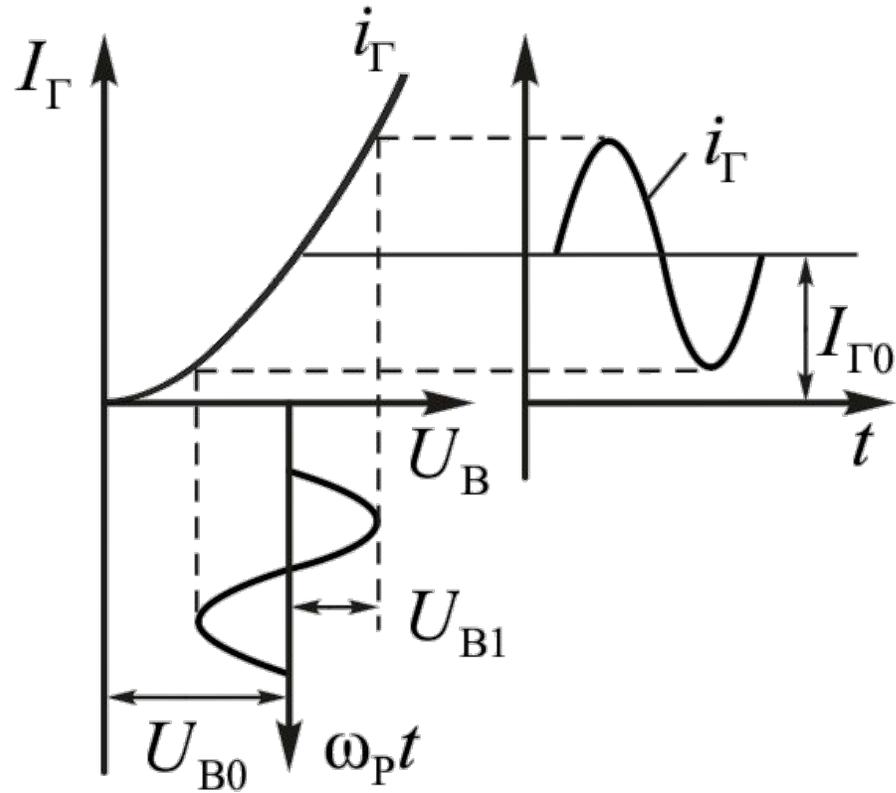
На вход ГВВ поступает напряжение возбуждения:

$$u_{B1} = U_{B1} \cos \omega_p t$$

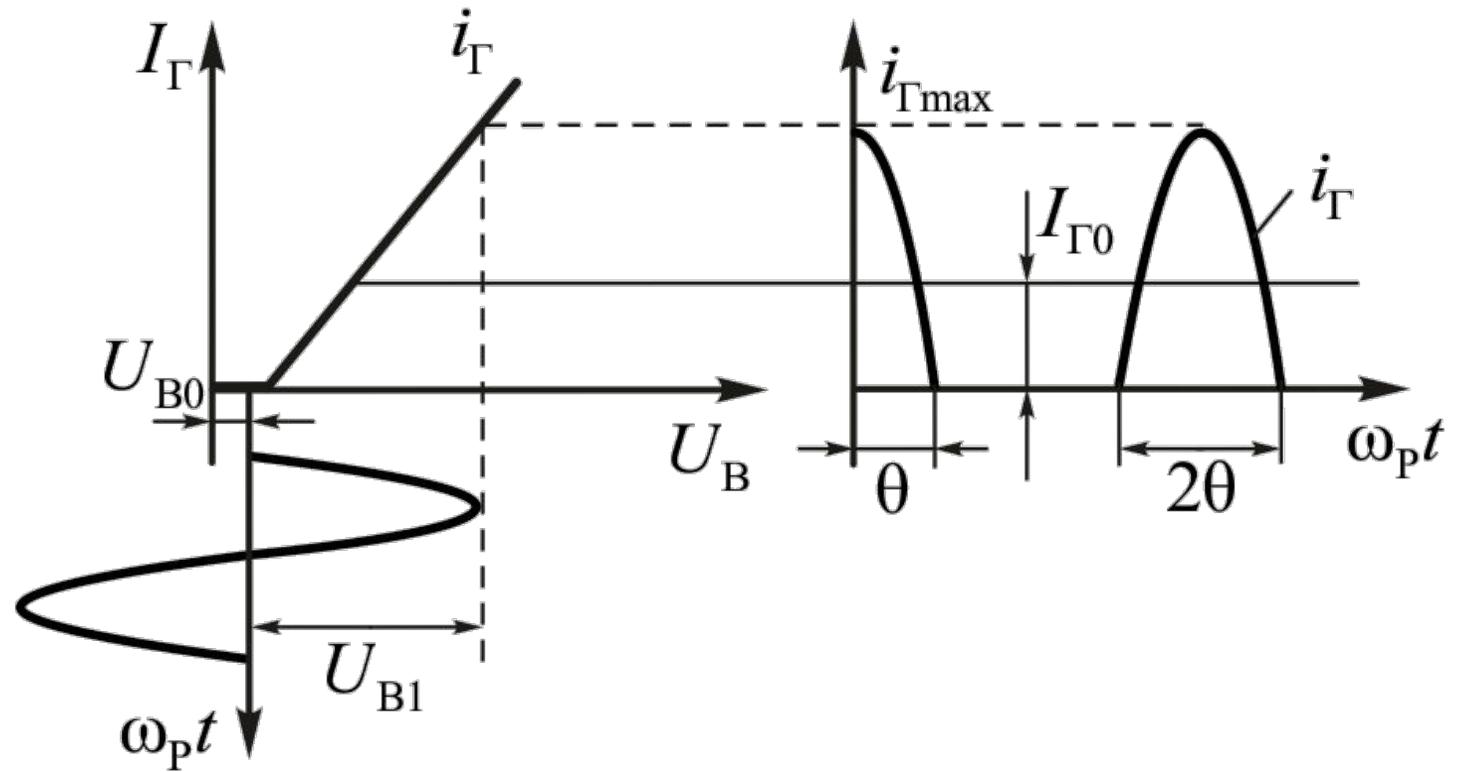
За счет выбора определенного значения U_{B0} в электронном приборе устанавливается

либо **линейный режим**,

либо **режим с отсечкой выходного тока (нелинейный режим)**.



Линейный режим



Режим с отсечкой

Углом отсечки θ называется половина фазового угла, соответствующего наличию тока.

В режиме с отсечкой ток $I_{\Gamma 0}$ меньше, чем в линейном режиме.

Следовательно, меньше тепловые потери и больше КПД генератора.

Форма тока в генераторной цепи отличается от формы напряжения возбуждения
(**сигнал искажен**).

Это вызвано тем, что режим с отсечкой является нелинейным режимом.

Поэтому в спектре тока i_{Γ} появляется бесконечное число гармонических составляющих:

$$i_{\Gamma} = \sum_{n=0}^{\infty} I_{\Gamma n} \cos n\omega_p t = I_{\Gamma 0} + I_{\Gamma 1} \cos\omega_p t + I_{\Gamma 2} \cos 2\omega_p t + \dots$$

С целью восстановления формы сигнала

ток в генераторной цепи пропускают через параллельный колебательный контур, настроенный на частоту возбуждающих колебаний:

$$\omega_0 = \omega_p$$

Для первой гармоники выходного тока $i_{Г1}$ контур представляет собой большое активное эквивалентное сопротивление

$$Z_{\text{Э}} = R_{\text{Э}}$$

Для остальных гармоник — во много раз меньше:

$$|Z_{\text{Э}}| = \frac{R_{\text{Э}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{2Q\Delta\omega_{\text{к}}}{\omega_0} \right)^2}}$$



$\omega_0 = (LC)^{-\frac{1}{2}}$ – резонансная частота колебательного контура (КК);

$\Delta\omega_k = \omega - \omega_0$ – расстройка КК;

$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{\omega C} = \omega L$ – характеристическое сопротивление КК;

$Q = \frac{\rho}{r_{\Pi}}$ – добротность КК (r_{Π} – сопротивление потерь КК);

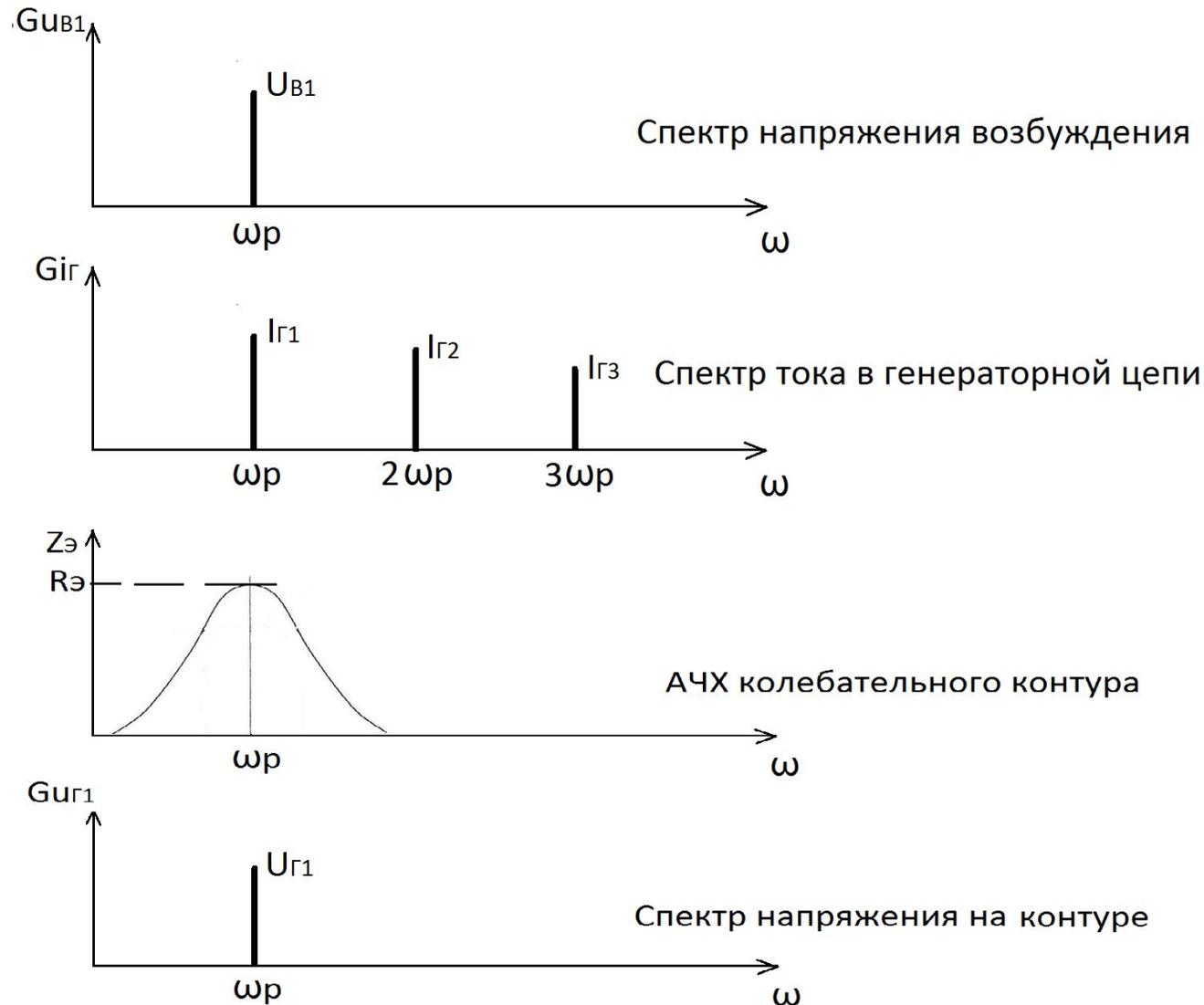
$R_{\text{э}} = Q\rho$ – эквивалентное сопротивление настроенного КК.

В результате на контуре выделяется только первая гармоника напряжения: $u_{Г1}$

Амплитуды остальных гармоник напряжения пренебрежимо малы.



Проиллюстрируем принцип действия ГВВ спектральными диаграммами.

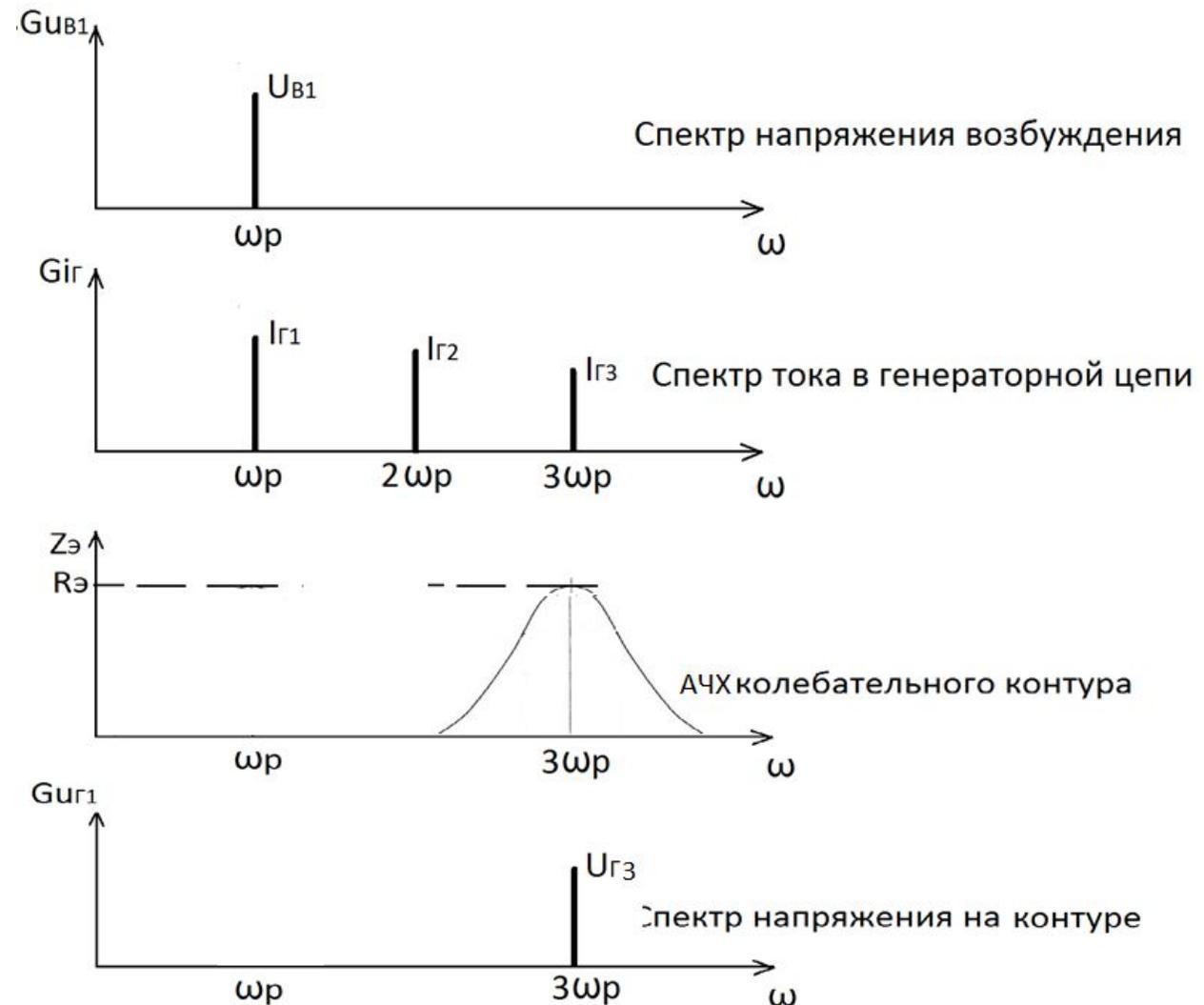


Для того, чтобы ГВВ из усилителя мощности превратился в **умножитель частоты** (УЧ), колебательный контур нужно настроить не на первую гармонику, а на вторую или третью:

$$\omega_0 = 2\omega_p \quad \text{или} \quad \omega_0 = 3\omega_p$$

Выделение более высоких гармоник невыгодно с энергетической точки зрения.

Поэтому УЧ с большим коэффициентом умножения получают путем последовательного включения нескольких умножителей частоты на 2 и на 3.



Выводы:

1. Назначение ГВВ состоит в усилении мощности или преобразовании частоты.
2. Основное требование, предъявляемое к ГВВ, — **высокий КПД!**
3. Для выполнения этого требования электронный прибор ГВВ работает в **режиме с отсечкой выходного тока.**
4. Возникающие при этом нелинейные искажения устраняются с помощью частотно-избирательной нагрузки (например, колебательного контура).

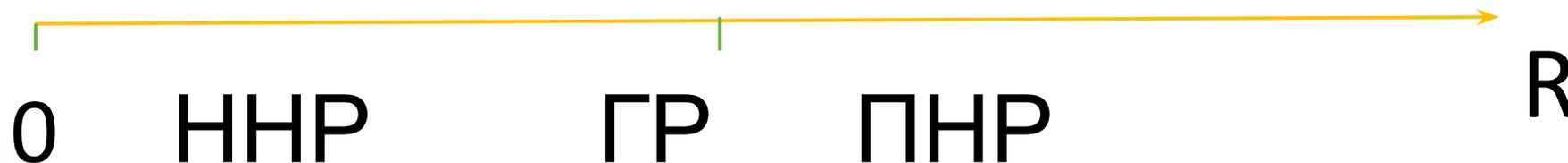


В целях повышения КПД ГВВ работает в нелинейном режиме.

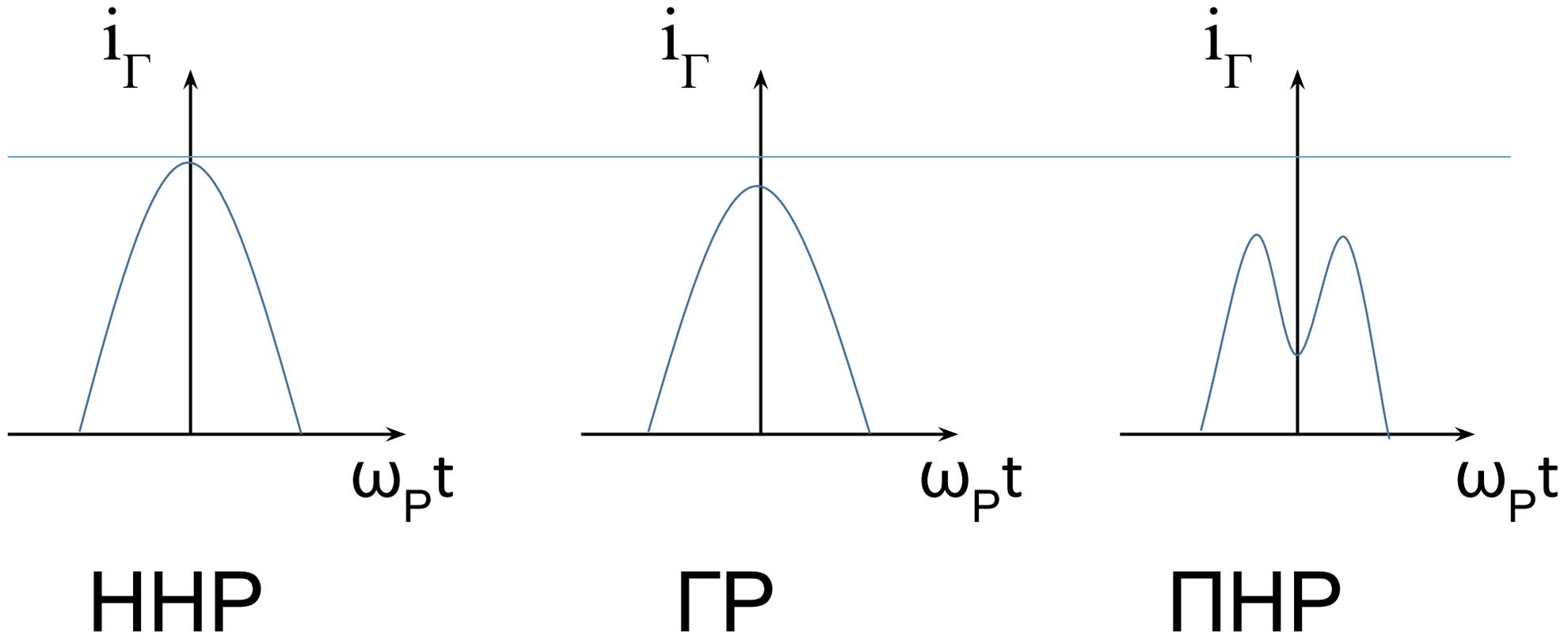
Для детального анализа работы генератора нелинейный режим подразделяют на три разновидности.

1. **Недонапряженный режим (ННР)** — режим работы при малых значениях эквивалентного сопротивления нагрузки (колебательного контура).
2. **Перенапряженный режим (ПНР)** — режим работы при больших значениях эквивалентного сопротивления нагрузки.
3. **Граничный режим (ГР)** — режим работы при **единственном** значении эквивалентного сопротивления нагрузки, разделяющем **ННР** и **ПНР**.

Распределение режимов при изменении сопротивления нагрузки

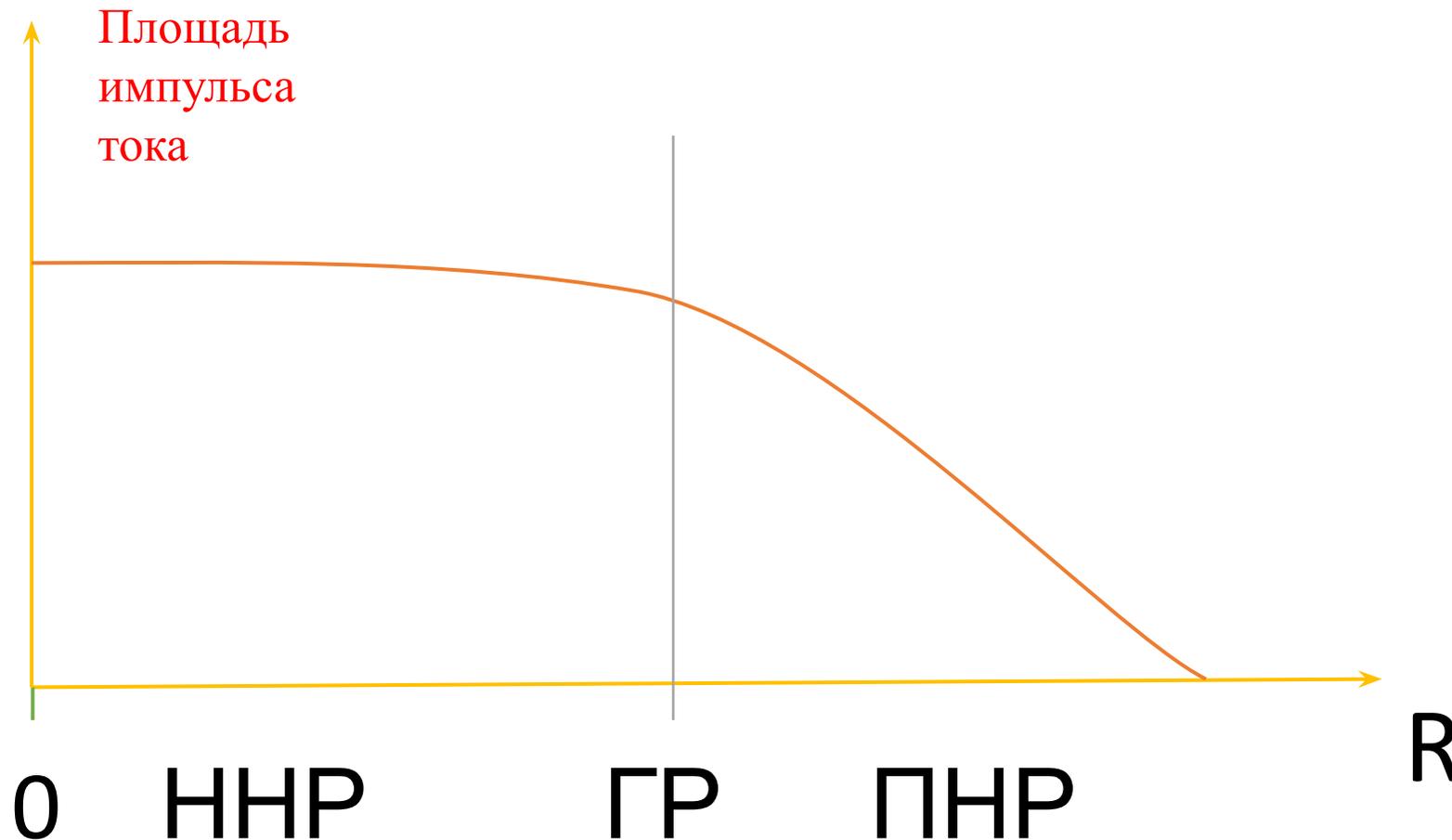


При изменении R_{Σ} изменяется форма импульса тока в генераторной цепи.



С увеличением $R_{э}$

(с ростом напряженности режима) уменьшается площадь импульса тока.



В недонапряженном режиме уменьшение площади происходит незначительно и медленно, а в перенапряженном — существенно и быстро.

Последнее объясняется возникновением провала в импульсе тока.

