

## Лекция №11

Генерация электрических колебаний.

Условие генерации, баланс фаз и амплитуд. Генераторы с использованием колебательного контура. RC-генераторы. Мультивибратор.

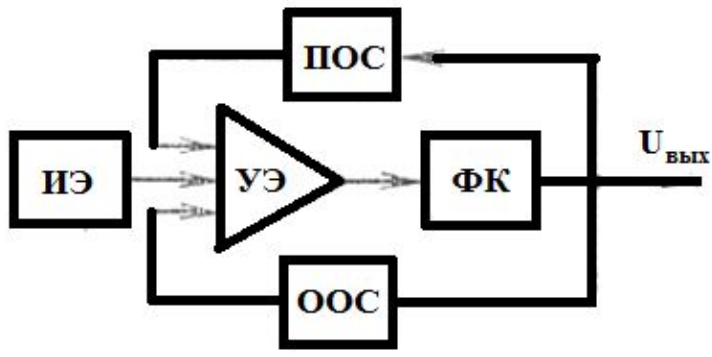
*Generation of electrical oscillations. The condition of generation, the balance of phases and amplitudes. Oscillators using an oscillating circuit. RC-generators. Multivibrator.*



# Электронный генератор

## *Electronic generator*

- Электронный генератор – устройство преобразующее энергию постоянного тока в периодические электрические колебания требуемой мощности, частоты и формы.
- *Electronic generator is a device that converts DC energy into periodic electrical oscillations of the required power, frequency and shape.*



Структурная схема электронного генератора  
*Block diagram of the electronic generator*

ИЭ – источник энергии, УЭ – усилитель, ПОС – цепь положительной обратной связи, ООС – цепь отрицательной обратной связи, ФК – формирователь колебаний (LC – контур или фазирующая RC – цепь).

*IE – the energy source, UE – amp, PIC – a chain of positive feedback, OOS – the circuit is a negative feedback, FC – shaper oscillations (LC circuit or phasing RC circuit).*

# Классификация электронных генераторов

## *Classification of electronic generators*

**По форме колебаний**

- Синусоидальные, прямоугольные, пилообразные и др.

**По частоте**

- Низкочастотные (0,01-100 кГц),  
высокочастотные (0,1-100 МГц),  
сверхвысокочастотные (>100 МГц).

**По способу получения колебаний**

- Генераторы с внешним возбуждением, генераторы с самовозбуждением.

**In the form of oscillations**

- Sinusoidal, rectangular, sawtooth, etc.

**by frequency**

- Low-frequency (0.01 to 100 kHz),  
high frequency (0,1-100 MHz),  
ultra high frequency (>100 MHz),

**According to the method of obtaining oscillations**

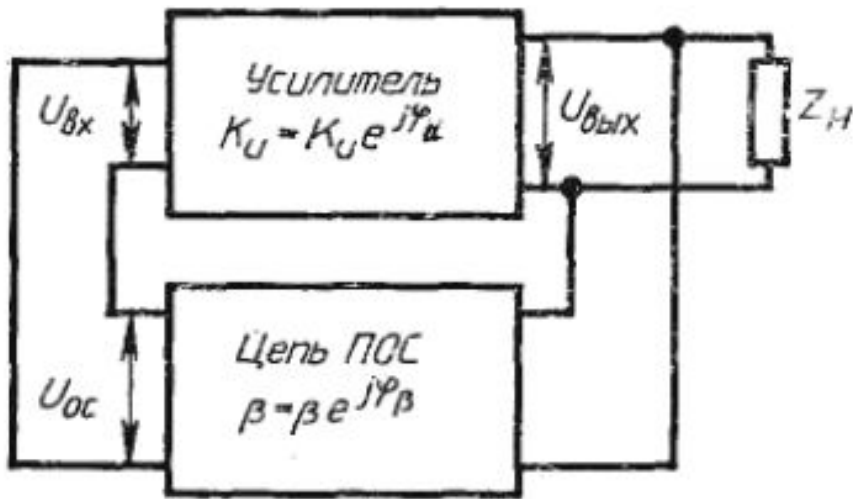
- External excitation generators, self-excited generators.



# Принцип работы автогенератора

## *The principle of operation of the generator*

- Любой автогенератор электрических колебаний представляет собой усилитель, охваченный цепью положительной обратной связи.
- *Any electric oscillation generator is an amplifier covered by a positive feedback circuit.*



Структурная схема автогенератора  
*Block diagram of the generator*

При ПОС часть  
выходного  
напряжения  $U_{ос}$   
через цепь ПОС  
поступает на вход  
усилителя в фазе с  
входным  
напряжением,  
обеспечивающим  
заданное значение  
 $U_{вых}$

*When PIC part of  
the output voltage  
UOS through the  
CIRCUIT POS  
enters the input  
amplifier in the  
phase with the input  
voltage that  
provides the  
specified value of  
the UV.*

# Принцип работы автогенератора

## *The principle of operation of the generator*

- Чтобы амплитуда выходного напряжения не изменилась, должно быть выполнено условие:
  - *To the amplitude of the output voltage has not changed, should be made a condition:*

$$U_{OC} = U_{вх}$$

Так как **Since**

$$U_{вх} = U_{вых} / K_u$$

и  
**and**

$$U_{OC} = \beta U_{вых}$$

Т  
о **That**

$$\beta U_{вых} = U_{вых} / K_u$$



Условие существования в генераторе незатухающих электрических колебаний

*The condition for the existence of the generator of undamped electric oscillations*



# Электронный генератор

## *Electronic generator*

Генерация возникает и поддерживается при соблюдении условий:

баланс амплитуд:

*Generation occurs and is maintained when conditions are met:  
the balance of the amplitudes:*

$$K_u \beta = 1 \quad (1)$$

□ баланс фаз:

□ **phase balance:**

$$\varphi_n + \varphi_\beta = 2\pi n \quad (2)$$

Уравнение (1) требует от усилителя такого коэффициента усиления, при котором полностью компенсируются потери напряжения, поступающего через цепь ПОС.

Уравнение (2) определяет условие, при котором в замкнутой системе (усилитель + цепь ПОС) обеспечивается ПОС.

*Equation (1) requires such amplifier gain, which completely compensates the loss of voltage through the circuit POS.*

*Equation (2) defines the condition under which PIC is provided in a closed system (amplifier + PIC circuit).*

# Мягкий и жесткий режимы самовозбуждения генератора

## *Soft and hard modes of self-excitation generator*

Генератор будет самовозбуждаться, если процессы усиления будут преобладать над процессами затухания, т. е. если будут выполняться условия баланса амплитуд.

*The generator will self-oscillate, if the process gain will dominate over the processes of attenuation, i.e., if they performed the conditions of amplitude balance.*

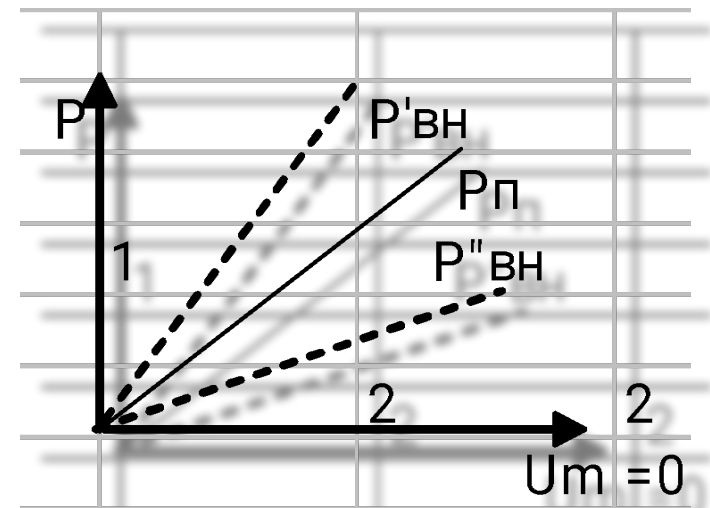
$$K_u \geq \frac{1}{\beta}$$

Если  $K=\text{const}$  и  $\beta=\text{const}$ , то возможны следующие случаи:

- 1)  $P'_{\text{вн}} > P_n$  - колебания будут усиливаться бесконечно;
- 2)  $P''_{\text{вн}} < P_n$  - колебания будут усиливаться бесконечно.

*If  $K=\text{const}$  and  $\beta=\text{const}$ , the following cases are possible:*

- 1)  $R_{\text{VN}} > P_n$  - *Pn-fluctuations will amplify endlessly;*
- 2)  $R_{\text{VN}} < P_n$  - *Pn-fluctuations will amplify endlessly.*



# Мягкий режим самовозбуждения генератора

## *Soft self-excitation mode of the generator*

$$K = K(U_m, \omega)$$

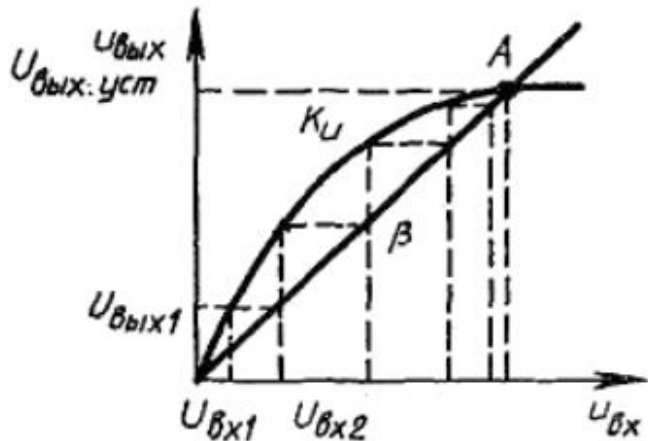
$$\beta = \beta(\omega)$$

Зависимость  $K$  от  $U_m$  может быть 2-х видов:

- 1) С ростом  $U_m$  коэффициент  $K$  уменьшается;
- 2) С ростом  $U_m$  коэффициент  $K$  сначала увеличивается, а потом уменьшается;

*The dependence  $K$  of the  $U_m$  can be of 2 types:*

- 1) With the growth of  $U_m$   $K$ -factor decreases;*
- 2) With the growth of  $U_m$ , the coefficient  $K$  increases first, and then decreases;*



Если при случайно возникших колебаниях, их амплитуда увеличивается, т. е. колебания возбуждаются самостоятельно. Такой режим возбуждения называется мягким режимом возбуждения колебаний.

*If there are random vibrations, their amplitude increases, i.e. the oscillations are excited independently. This excitation mode is called soft mode of excitation of oscillations.*

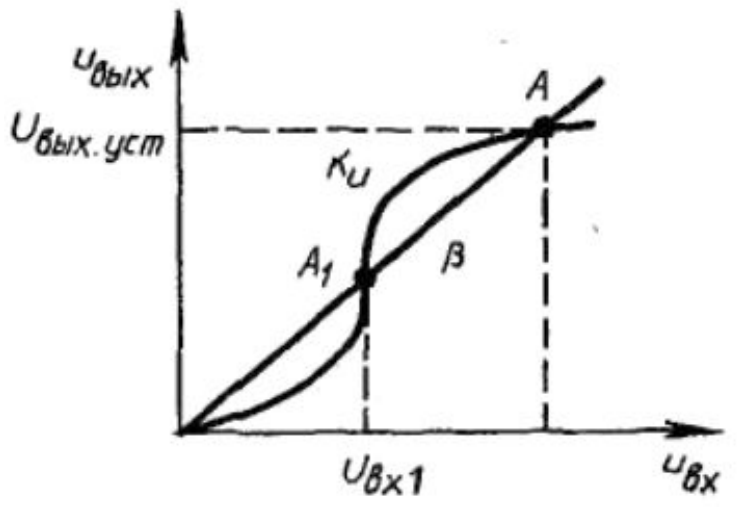


# Жесткий режим самовозбуждения генератора

## *Hard self-excitation mode of the generator*

Если для возникновения колебаний, их амплитуда нужно, чтобы амплитуда скачком увеличилась до  $U_m$ . Такой режим возбуждения называется жестким режимом возбуждения колебаний.

*If for the occurrence of oscillations, their amplitude needs the amplitude to jump increased to  $U_m$ . This excitation mode is called a rigid mode of oscillation excitation.*



При жестком режиме самовозбуждения, кроме выполнения условий (1) и (2), для возникновения колебаний в первоначальный момент на входе усилителя необходимо задать напряжение  $U_{\text{вх}} > U_{\text{вх1}}$

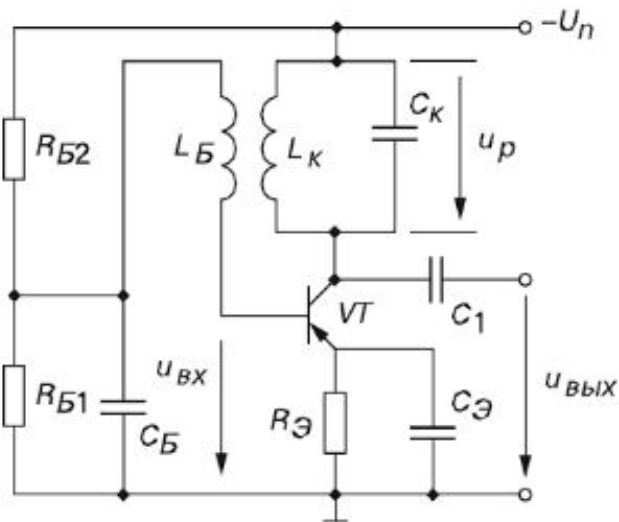
*In the hard-excitation mode, in addition to fulfilling conditions (1) and (2) for the occurrence of oscillations in the original time in the input of the amplifier, you must set the voltage  $U_{\text{вх}} > U_{\text{вх1}}$*

# Автогенератор типа LC

## *Oscillator type LC*

Автогенератор с индуктивной связью представляет собой однокаскадный усилитель на транзисторе  $VT$ , включенном по схеме ОЭ, с нагрузкой в виде параллельного колебательного контура  $L_k C_k$  и цепи обратной связи, созданной обмоткой  $L_B$ , с связанной с элементом  $L_k$  контура.

*An inductive oscillator is a single-stage amplifier on a  $VT$  transistor included in the OE circuit, with a load in the form of a parallel oscillating circuit  $L_k C_k$  and a feedback circuit created by the winding  $L_B$ , with a knitted element  $L_k$  circuit.*



Коллекторный ток, появившийся в момент в момент источника питания, заряжает конденсатор  $C_k$ , который разряжаясь на индуктивный элемент  $L_k$  создает в контуре колебания с частотой:

*Collector current, which appeared at the moment at the time of the power supply, charges the capacitor  $C_k$ , which is discharged to the inductive element  $L_k$ , creates oscillations in the circuit with a frequency:*

$$\omega = 1 / \sqrt{L_k C_k}$$

# Автогенератор типа LC

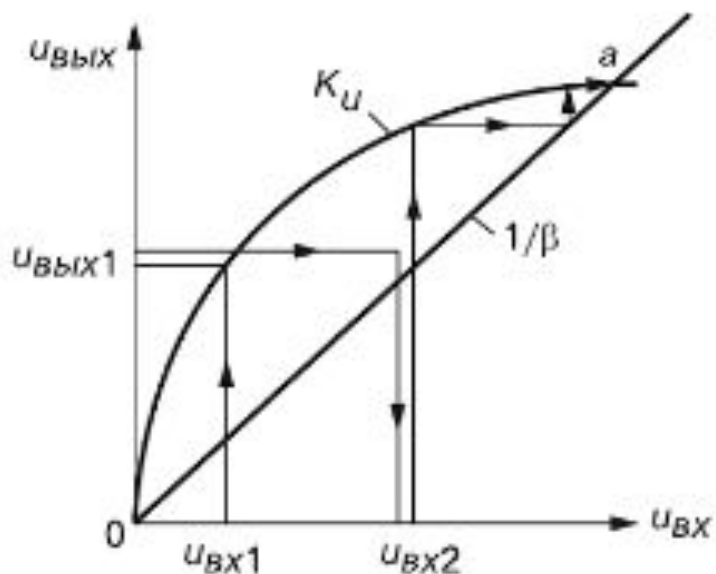
## *Oscillator type LC*

$$K_u = u_{\text{вых}} / u_{\text{вх}}$$

- амплитудная характеристика усилителя
- *amplitude characteristics of the amplifier*

$$1/\beta = u_{\text{вых}} / u_{\text{вх ос}}$$

- прямая, характеризующая обратную связь
- *direct, characterizing feedback*



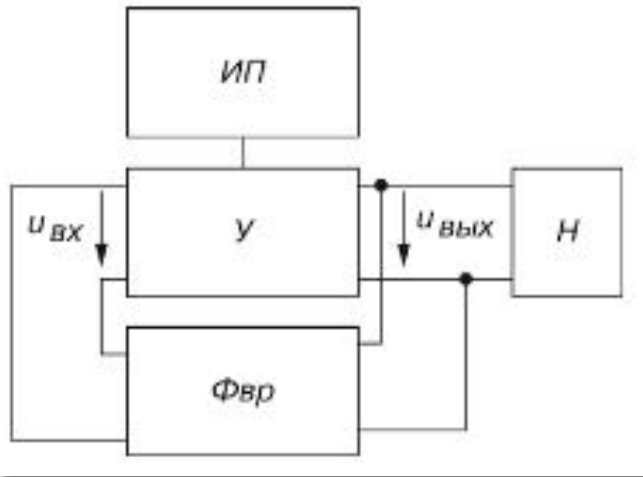
В точке *a* переходный процесс заканчивается и устанавливается стационарный режим гармонических колебаний:

*At point a, the transition process ends and a stationary mode of harmonic oscillations is established:*

$$K_u = \frac{1}{\beta}$$

# Автогенератор типа RC

## *Oscillator type RC*



На частотах, меньше 15-20 кГц, при которых обмотки резонансных контуров получаются громоздкими, целесообразно применение RC-генераторов.

Усилитель  $У$  строится по обычной резистивной схеме, а положительная обратная связь осуществляется помощью фазовращателя (RC-звеньев)

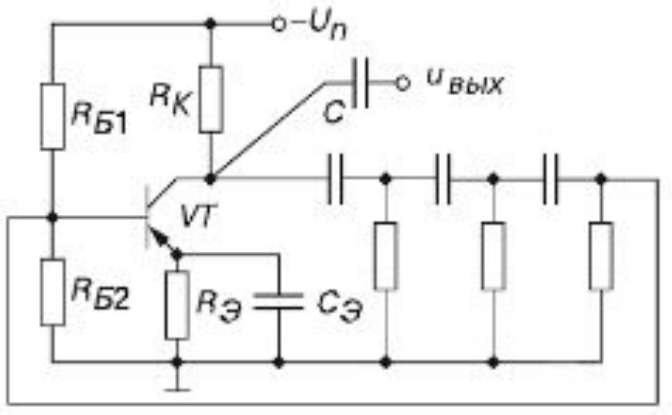
RC-

связь с

$\Phi_{вр}$

*At frequencies less than 15-20 kHz, at which the windings of resonant circuits are bulky, it is advisable to use RC-generators.*

*The amplifier is built according to the usual resistive scheme, and positive feedback is carried out using the phase shifter (RC-links)*



# Автогенератор типа RC

## *Oscillator type RC*

Частота генерируемых такими схемами синусоидальных колебаний при условии равенства сопротивлений резисторов  $R$  и емкостей  $C$  конденсаторов во всех трех звеньях:

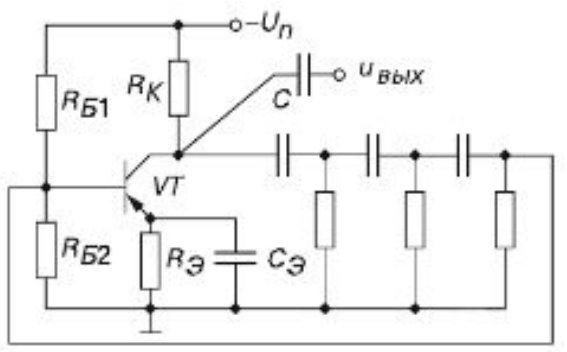
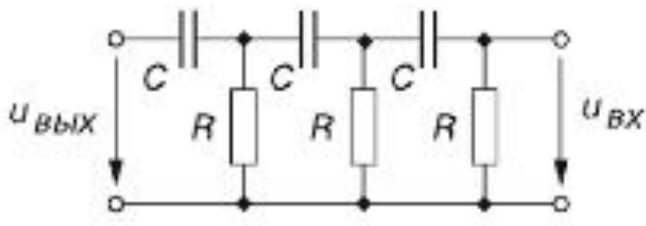
*The frequency of sinusoidal oscillations generated by such schemes under the condition of equal resistor resistors  $R$  and capacitors in all three links:*

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC} = \frac{1}{15,4RC} = \frac{0,065}{RC}$$

Для обеспечения условия баланса амплитуд коэффициент усиления усилителя должен удовлетворять условию:

*To ensure that the conditions of balance of amplitudes of the gain of the amplifier must satisfy the condition:*

$$K_u \geq 29$$



Слово	Транскрипция	Перевод
переход	'dʒʌŋkʃn	junction
полупроводник	'semɪkəndʌktər	semiconductor
проводимость	kən'dʌkʃn	conduction
вольт-амперная характеристика	vəʊlt-'am,pɪr ,kærəktə'rɪstɪk	volt-ampere characteristic
электрон	ɪ'lektɹɑ:n	electron
запирающий слой	'bærɪər 'leɪər	barrier layer
область	fi:ld	field
обратное напряжение	ɪ'vɜ:rs 'vəʊltɪdʒ	reverse voltage
прямое напряжение	'fɔ:rwərd 'vəʊltɪdʒ	forward voltage
дырки	həʊls	holes
направление	ru:t	route
замыкание	'lɑ:kɪŋ	locking
интегральная микросхема	'ɪntɪgreɪtɪd 'sɜ:rkɪt	integrated circuit
цепь транзистора	træn'zɪstər tʃeɪn	transistor chain
концентрация	,kɑ:nsn'treɪʃn	concentration