

## Лекция 11

### Тема лекции: Обобщённая схема трёхточечного АГ. Ёмкостные и индуктивные трёхточки. Цепи питания АГ

- Учебные вопросы:
- 1. Обобщённая схема трёхточечного АГ.
- 2. Ёмкостные и индуктивные трёхточки.
- 3. Цепи питания АГ.

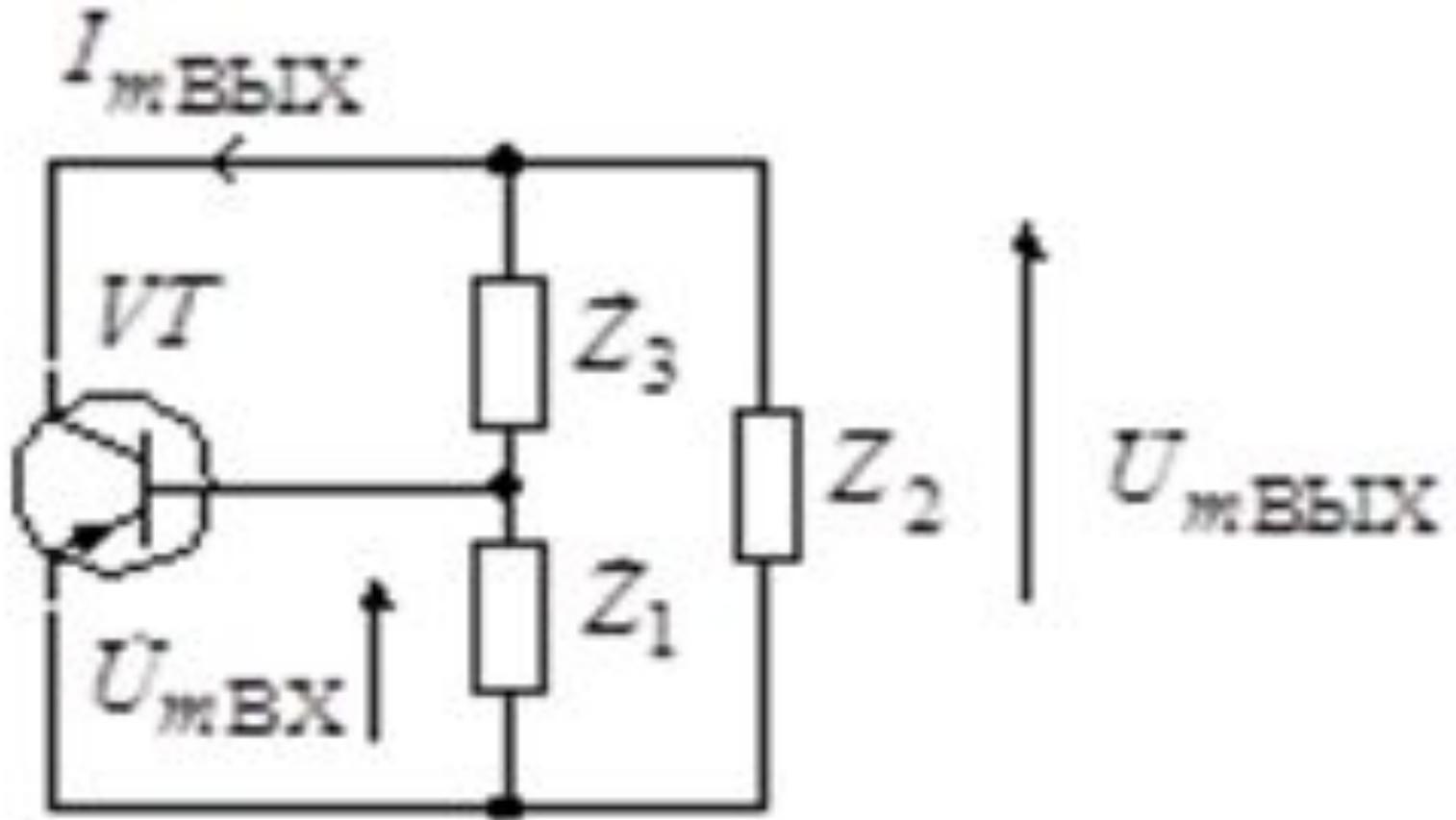
## 1-й вопрос: Обобщённая схема трёхточечного АГ

1. Сущность трёхточечных АГ.
2. Обобщённая схема трёхточечного АГ.
3. Особенности схемы.
4. Условия баланса фаз.
5. Правило построения трёхточечного АГ.
6. Обобщённая схема индуктивной трёхточки.
7. Обобщённая схема ёмкостной трёхточки.
8. Особенности построения схем.

## Сущность трёхточечных АГ

- Кроме схемы автогенератора с трансформаторной обратной связью существуют так называемые трёхточечные схемы автогенераторов синусоидальных колебаний. В них нет катушек связи и положительная обратная связь достигается автотрансформаторным (потенциометрическим) отключением цепи обратной связи к контуру, т. е. обратная связь реализована с помощью реактивных делителей напряжения емкостного или индуктивного типа.
- В трёхточечном автогенераторе активный прибор (лампа или транзистор) подключается к колебательному контуру в трёх точках. Обобщенная схема замещения трёхточечного генератора по переменному току, будет справедлива для любого генератора такого типа.

# Обобщённая схема трёхточечного АГ



## Особенности схемы

- Обобщённая схема содержит усилитель и нагрузку в виде контура  $X_1 X_2 X_3$ , а также цепь обратной связи, передающую часть выходного напряжения усилителя обратно на его вход.
- Фаза коэффициента усиления  $j_k$  в схеме с общим эмиттером (катодом) на резонансной частоте контура равна  $180^\circ$ , так как сопротивление контура на этой частоте чисто активно, а усилитель с общим эмиттером инвертирует сигнал. Следовательно, для выполнения фазового условия самовозбуждения генератора необходимо, чтобы фаза цепи ПОС была  $180^\circ$ . Это будет выполняться, если коэффициент ОС будет

## Условия баланса фаз

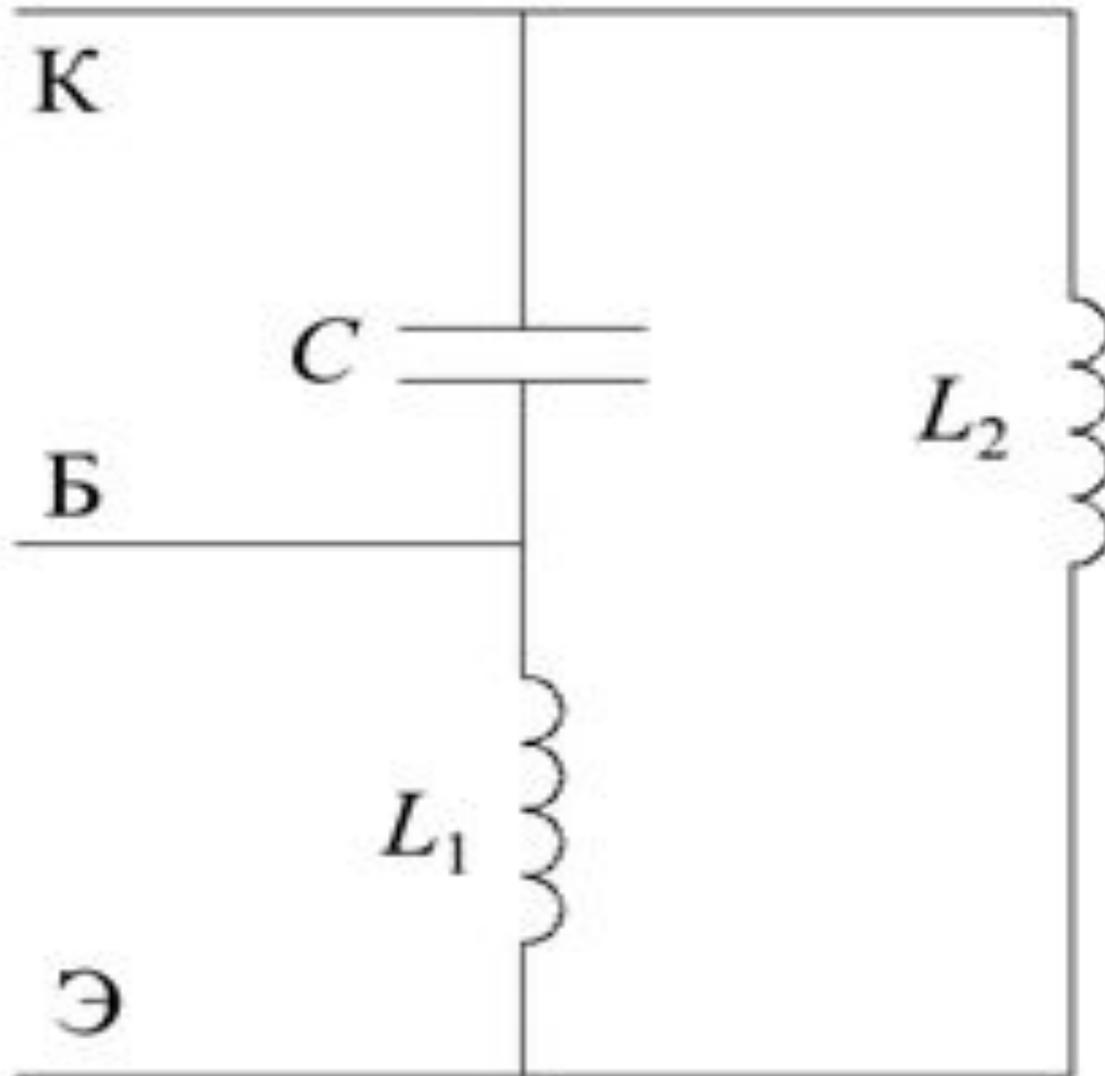
- 1)  $X_1$  и  $X_3$  должны быть разного знака (разного характера реактивности);
- 2)  $|X_3| > |X_1|$ . Частота генерируемых колебаний равна резонансной частоте контура, так как фазовое условие будет выполняться только на этой частоте. Из условия резонанса в контуре  $X_1 + X_2 + X_3 = 0$  следует, что  $X_2$  должен иметь знак, одинаковый с  $X_1$  и тогда

$$X_1 + X_2 = -X_3, \quad \dot{\beta} = \frac{X_1}{X_1 - X_1 - X_2} = -\frac{X_1}{X_2}.$$

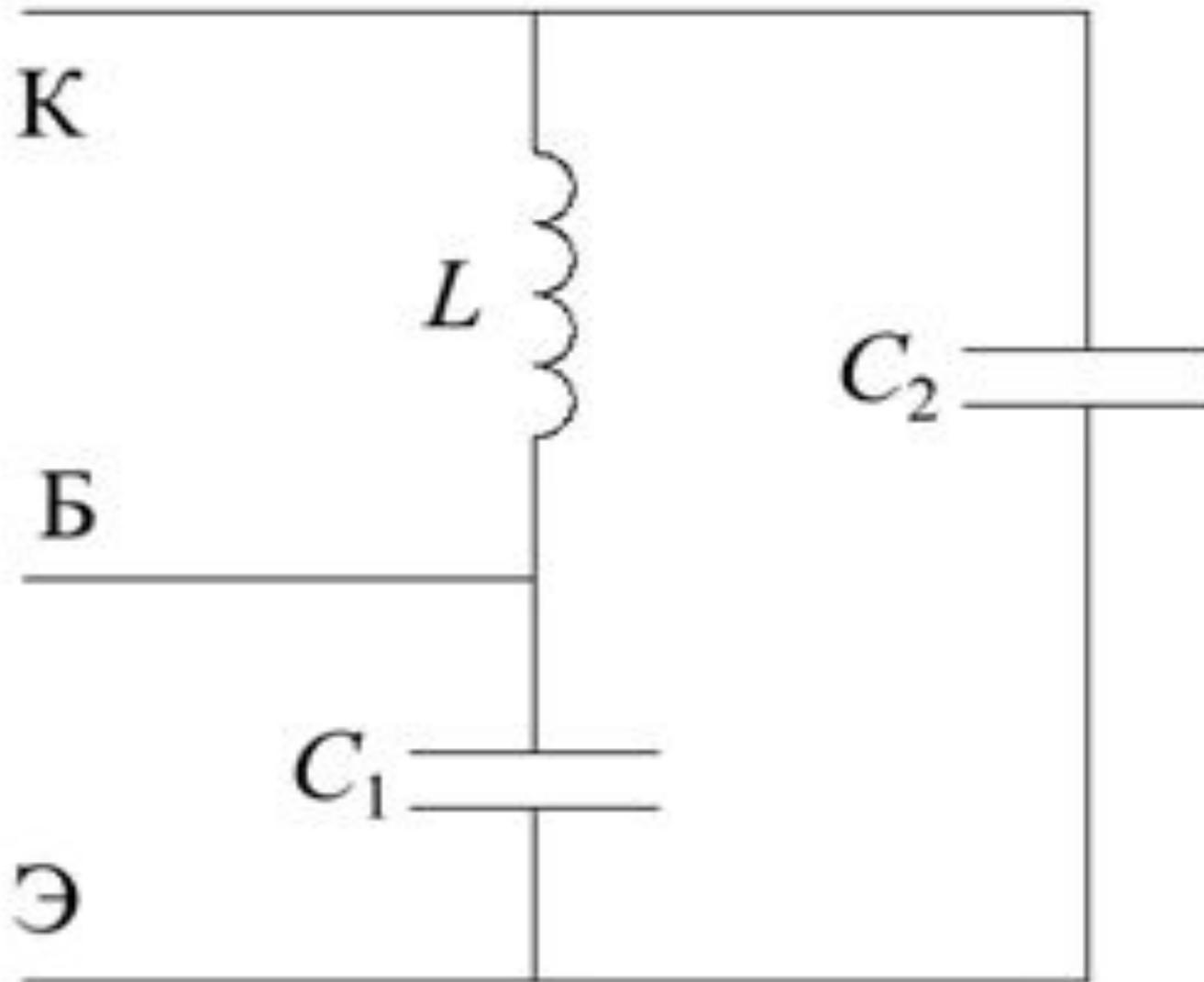
## Правило построения трёхточечного АГ

- Между общим и управляющим, общим и выходным электродами усилительного элемента должны быть включены реактивные элементы одинакового характера реактивности, а между управляющим и выходным электродами – элемент противоположного характера реактивности.
- Соблюдение данного правила гарантирует выполнение фазового условия самовозбуждения генератора.

# Обобщённая схема индуктивной трёхточки



# Обобщённая схема ёмкостной трёхточки



## Особенности построения схем

- Можно составить всего два варианта трёхточечных схем: индуктивную, в которой напряжение обратной связи снимается с катушки  $L1$ , и емкостную (рисунок 3), в которой это напряжение снимается с конденсатора  $C1$ .
- Все вышеприведенные рассуждения и выводы справедливы и для трёхточечных автогенераторов, собранных на лампе.
- Следует подчеркнуть, что двухполюсники, входящие в контур, могут быть получены как полные сопротивления сколь угодно сложных схем (например, колебательных контуров), важно лишь, чтобы на частоте генерируемых колебаний они создавали нужную реактивность. В схемах автогенераторов могут отсутствовать конденсаторы колебательных контуров, так как вместо них используются междуэлектродные

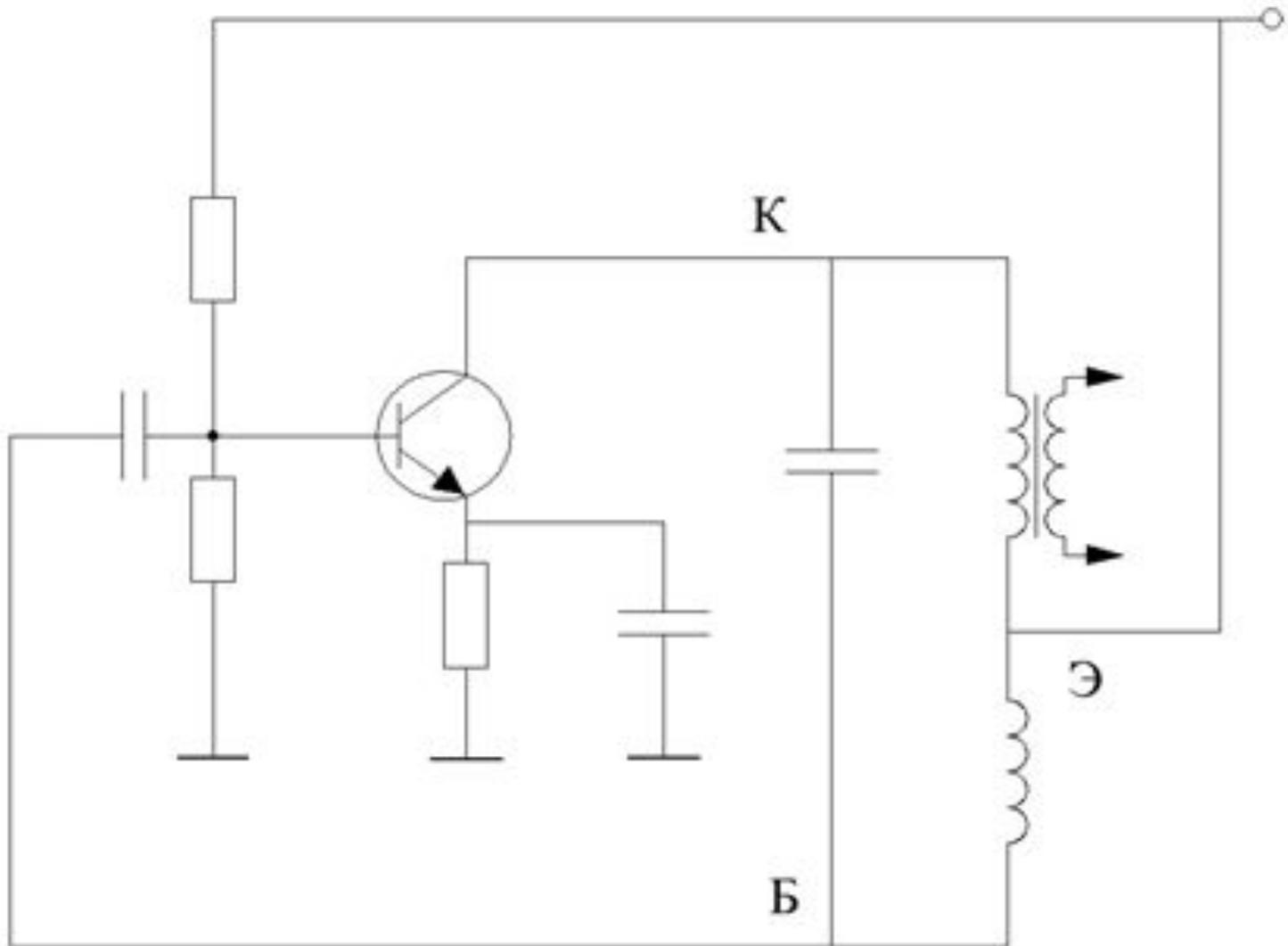
## 2-й вопрос: Ёмкостные и индуктивные трёхточки

1. Виды трёхточечных АГ.
2. Схема индуктивной трёхточки.
3. Схема ёмкостной трёхточки.
4. Особенности схем трёхточечных АГ.
5. Ёмкостная трёхточка с кварцем.
6. Кварцевый резонатор (рисунок).
7. Описание конструкции резонатора.
8. Эквивалентная схема резонатора.
9. Параметры резонатора.

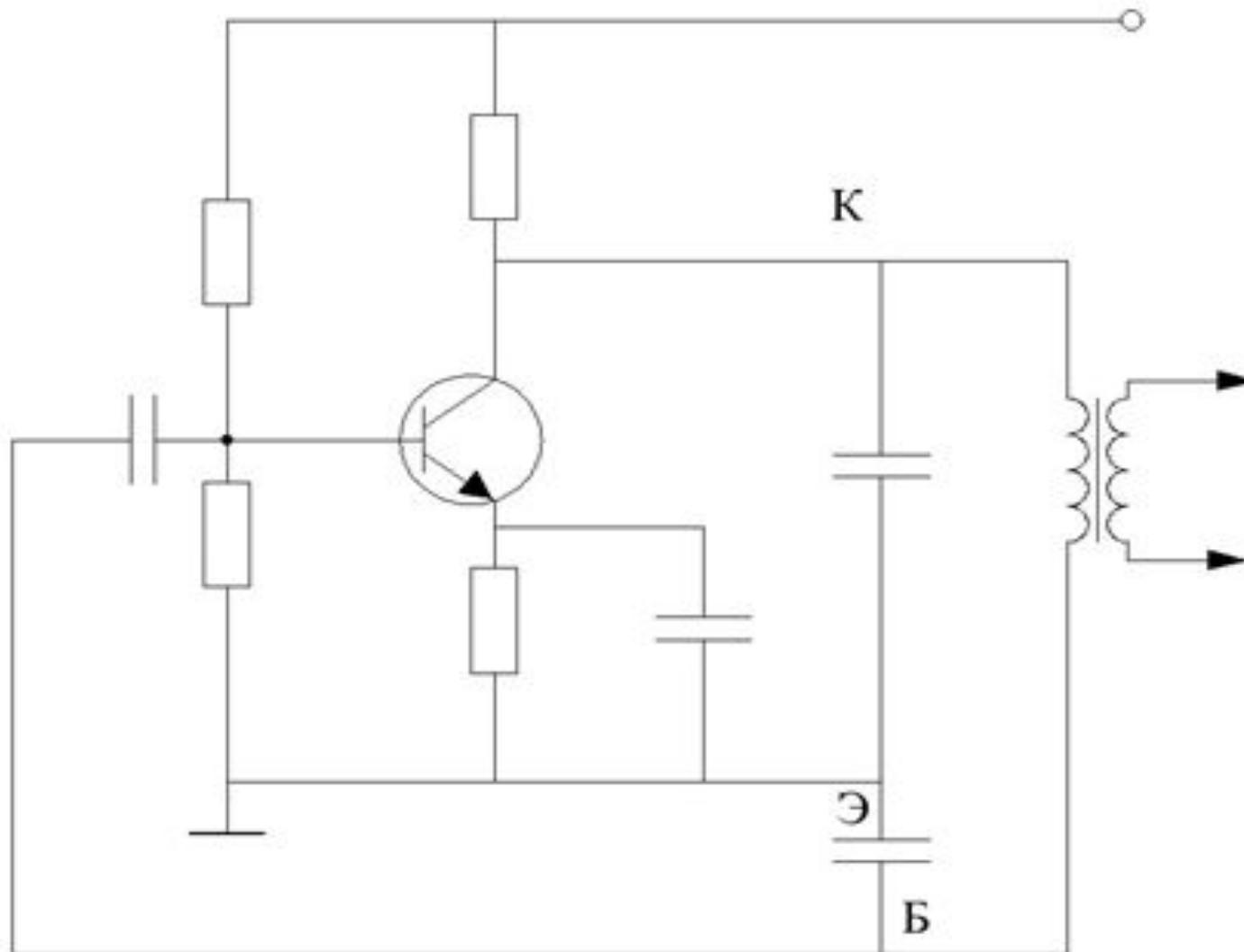
# Виды трёхточечных АГ

- Трёхточечными называют LC-генераторы, основными составными частями которых являются активный элемент и резонансный колебательный контур; при этом три точки колебательного контура подключены к различным электродам активного элемента (у биполярного транзистора – к эмиттеру, базе и коллектору). По тому, каких элементов в контуре больше, трёхточечные генераторы называют индуктивными и ёмкостными трёх-точками. Транзистор выполняет функцию усилителя, колебательный контур играет роль избирательной цепи обратной связи. Баланс амплитуд  $K_{\gamma}^3 \geq 1$  в генераторах выполняется на частотах резонанса контуров:
- – в индуктивной трёхточке  $f_{\omega} = 1/(2\pi \dots)$ ;

# Схема индуктивной трёхточки



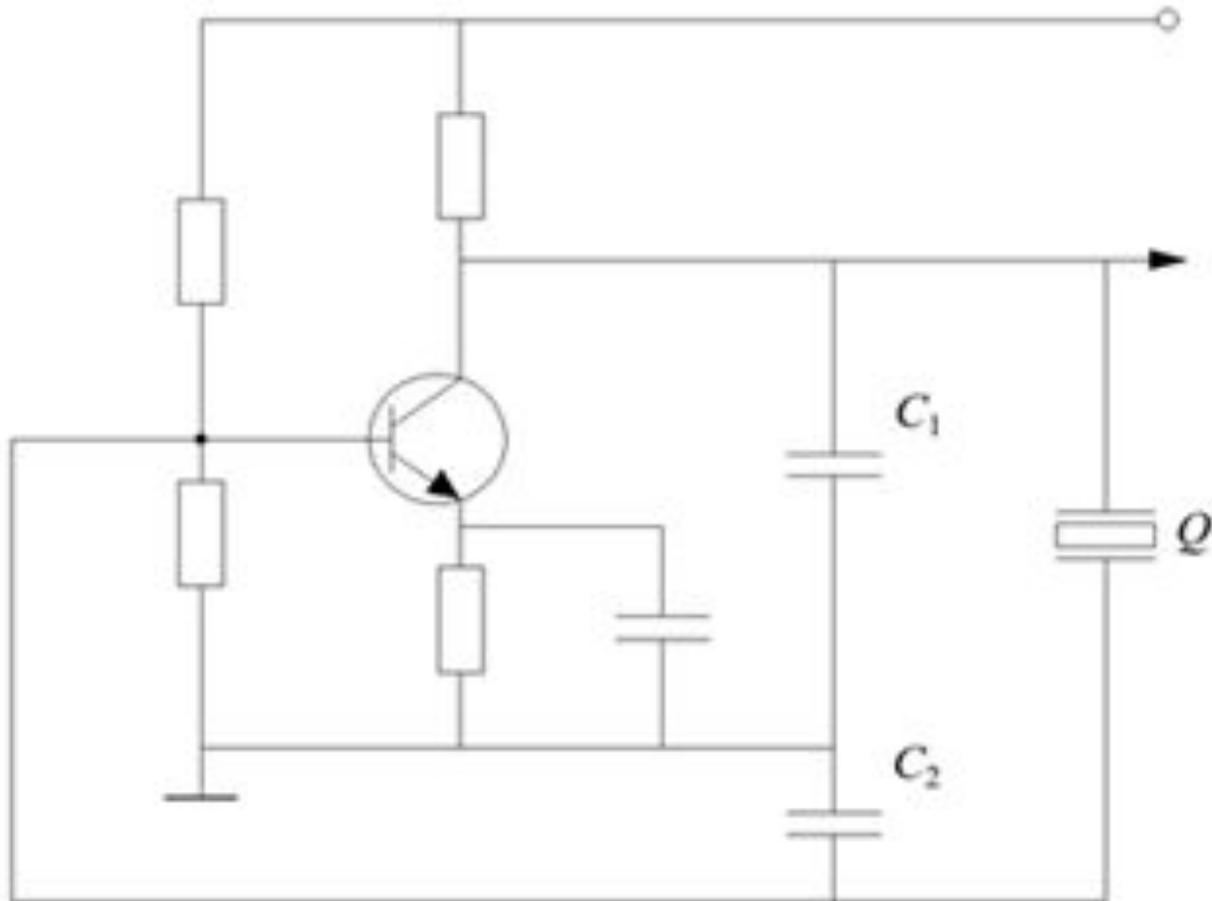
# Схема ёмкостной трёхточки



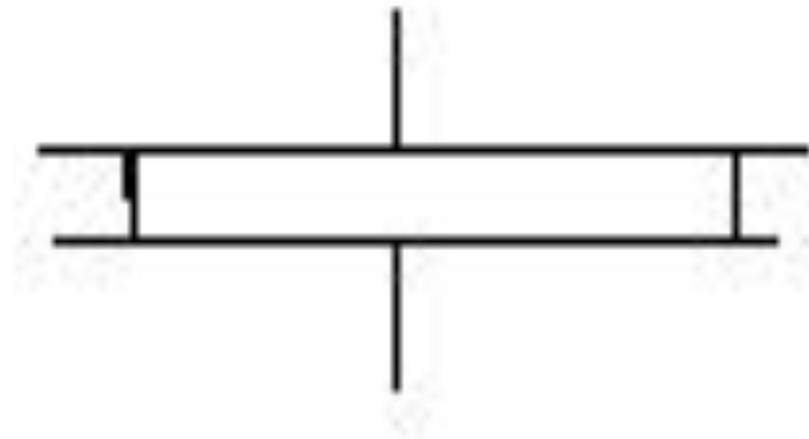
# Особенности схем трёхточечных АГ

- У обеих схем, как это следует из происходящих в них физических процессов, входов нет, а выходные сигналы передаются в нагрузку с помощью трансформаторов. При подаче питающих напряжений на электроды транзисторов учтено, что постоянный ток практически без потерь протекает через катушки индуктивности и обмотки трансформаторов, но не может преодолеть конденсаторы.
- Трёхточечные генераторы обеспечивают бóльшую стабильность частоты генерации, чем  $RC$ -генераторы, так как значение частоты у  $LC$ -генераторов зависит от значений параметров схемы, обратно пропорционально корню квадратному из них (у  $RC$ -генераторов – обратно пропорционально первой степени).
- Однако, стабильность частоты можно еще более повысить, собрав схему автогенератора с кварцем. Основой этого генератора является ёмкостная трехточка, в которой кварц выполняет функцию индуктивности (свойства кварца).

# Ёмкостная трёхточка с кварцем



# Кварцевый резонатор



# Описание конструкции резонатора

- Кварцевые резонаторы удовлетворяют требованиям высокой фиксирующей способности и высокой эталонности. Кварцевый резонатор представляет собой пластинку кристалла кварца (чаще всего плоскую и круглую), специальным образом вырезанную из кристалла, на плоскостях которой напылены тонкие слои серебра, к последним припаяны контактные проводники,
- Очевидно, что такая конструкция (две проводящие пластинки и диэлектрик между ними) эквивалентна ёмкости  $C_0$  – ёмкость кварцедержателя. С электрической точки зрения кварцевый резонатор может быть представлен в виде схемы колебательного

# Параметры резонатора

- Резонатор обладает двумя резонансными частотами:
- $\omega_{\text{посл}} = 1/\sqrt{L_k C_k}$  - последовательный резонанс,
- $\omega_{\text{пар}} = 1/\sqrt{L_k C_n}$  - параллельный резонанс,  $C_n = C_k C_o / (C_k + C_o)$ . Эти частоты очень близки, т.к.  $C_o \gg C_k$ . Тем не менее в схемах кварцевых АГ используются оба вида резонанса. Различают схемы кварцевых АГ при включении кварца между электродами тран-зистора и при включении кварца в цепь обратной связи АГ. Следует понимать, что при  $\omega_{\text{посл}}$  - резонатор имеет малое  $R_{\text{ос}} = r_{k'}$ , при  $\omega_{\text{пар}}$  - большое  $R_{\text{ос}}$

## 3-й вопрос: Цепи питания АГ

1. Требования к выходной цепи АГ.
2. Блокировочные элементы.
3. Блокировочные конденсаторы.
4. Блокировочные индуктивности.
5. Последовательное соединение нагрузки АГ.
6. Особенности последовательной схемы питания.
7. Параллельная схема питания выходной цепи.
8. Преимущества схемы параллельного питания.

# Требования к выходной цепи АГ

- - Переменная составляющая выходного тока должна проходить только через
- нагрузку (колебательный контур), выделяя в нем мощность.
- - Потери мощности, выделяемой переменной составляющей на других
- элементах выходной цепи, должны быть по возможности исключены.
- - Потеря энергии радиочастоты в цепи постоянного тока быть не должно;
- - измерительные приборы должны быть включены в участки цепи, где нулевой потенциал, чтобы не увеличивать начальной емкости контура и не создавать путей утечки высокочастотного тока.
- - Активный прибор генератора, как правило, работает с отсечкой выходного тока. Через нагрузку протекает не только ток основной частоты, но и токи высших гармоник. Переменное напряжение на нагрузке должно быть гармоническим, следовательно, для высших гармоник выходного тока сопротивление нагрузки должно быть близким к короткому замыканию.

# Блокировочные элементы

- Практически все условия можно выполнить, используя так называемые блокировочные элементы, роль которых играют катушки индуктивности и конденсаторы. Блокировочная индуктивность для постоянного тока должна представлять собой короткое замыкание и «большое» сопротивление для тока переменного.
- В свою очередь, блокировочный конденсатор для переменного тока должен иметь «малое» сопротивление и представлять собой разрыв цепи для постоянного тока.
- При расчётах блокировочных элементов нужно знать, с каким сопротивлением ГВВ следует сравнивать сопротивление блокировочного элемента, чтобы его можно было считать практически коротким замыканием или разрывом

# Последовательное соединение нагрузки АГ

- Различают параллельную и последовательную схемы питания выходной цепи генератора.
- Одно из традиционных решений заключается в последовательном соединении нагрузки (например, параллельного контура), источника питания и выходных электродов транзистора. Если нагрузкой АЭ является фидер или антенна, между ними включается согласующее устройство (СУ). В этом случае последовательное соединение возможно, если в составе согласующего устройства имеется шунтирующая индуктивность, то есть СУ является полосно-пропускающим фильтром и фидером верхних частот.

# Особенности последовательной схемы питания

- В последовательной схеме питания правильно рассчитанные блокировочные элементы не оказывают существенного влияния на работу генератора. Это большое достоинство рассматриваемой схемы. В качестве недостатка следует отметить то, что нагрузка генератора находится под напряжением питания относительно корпуса передатчика. В ламповых генераторах при высоких питающих напряжениях требуется тщательная изоляция элементов колебательных контуров от корпуса передатчика.
- От последнего недостатка свободна схема параллельного питания выходной цепи

# Параллельная схема питания выходной цепи

- В параллельной схеме питания выходной цепи ГВВ источник питания включается параллельно нагрузке. Сопротивление блокировочной индуктивности  $L_b$  для токов высокой частоты должно быть много больше, чем сопротивление нагрузки ГВВ. В противном случае в эту индуктивность будет ответвляться значительная доля тока коллектора, что приведет к потере колебательной мощности. В свою очередь сопротивление емкости связи  $C_{св}$  должно быть много меньше сопротивления нагрузки, так как она включена последовательно с нагрузкой.
- В отличие от последовательной схемы элементы нагрузки генератора не находятся под напряжением источника питания. Это достоинство схемы параллельного питания. Однако при неудачной конструкции  $L_b$  параллельная схема выходной цепи генератора неудовлетворительно работает в широком диапазоне частот, потому что паразитные параметры блокировочной индуктивности, например, собственная емкость, шунтирует нагрузку.

# Преимущества схемы параллельного питания

- **Схема параллельного питания выходной цепи имеет два преимущества:**
- **- безопасность в эксплуатации, так как на контуре нет высокого постоянного напряжения;**
- **- уменьшение влияния руки оператора на настройку контура, так как заземлен ротор конденсатора: при этом можно объединить роторы конденсаторов нескольких каскадов передатчика на**

# Входные цепи генераторов

- **Входной цепью в транзисторном генераторе по схеме с общим эмиттером является цепь база – эмиттер транзистора, в ламповом – цепь управляющей сетки лампы.**
- **Входная цепь состоит из трех элементов: источника напряжения смещения, напряжения возбуждения и участка внутри усилительного прибора. Таким участком в лампе является промежуток сетка – катод, а в транзисторе – участок база – эмиттер. Напряжение смещения служит для установления исходного положения рабочей точки на статической характеристике усилительного прибора. Напряжение возбуждения – для управления электронным потоком с целью создания колебательной мощности. Входные характеристики генераторных ламп и биполярных транзисторов расположены веерообразно. Для упрощения анализа и расчёта входной цепи генератора реальные входные характеристики заменяют идеализированными прямолинейными. В генераторах с внешним возбуждением на электронных лампах и полевых транзисторах напряжение смещения чаще всего отрицательное. В генераторах на биполярных транзисторах напряжение смещения бывает или открывающим, или равным нулю, поскольку характеристики этих приборов имеют более**