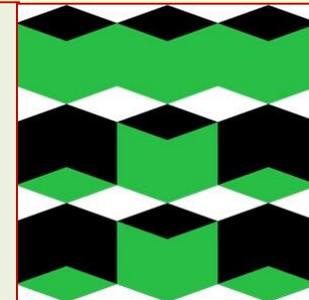




# **Военный учебный центр**

**при Томском политехническом  
университете**



**Цикл  
№2**

**«Боевое применение подразделений,  
вооружённых зенитными артиллерийскими  
самоходными установками с радиоприборными  
комплексами»**



## **КУРС ЛЕКЦИЙ**

**Автор: преподаватель 2 цикла  
*подполковник запаса Гаврилов А. А.***



**Дисциплина:**  
**«Устройство и эксплуатация ЗСУ»**  
**Раздел 1:**  
**«Основы построения ЗАК»**



**Тема №2**  
**Основы радиолокации**

**Контрольные вопросы**



**Занятие №7**  
**Радиопередающие устройства**

# **Цели занятия:**

## **Изучить:**

**- структурную схему радиопередающего устройства, магнетронный и клистронный генератор.**

## **Актуальность занятия:**

### **Обусловлено:**

**- необходимостью иметь глубокие и твердые знания по структурной схеме радиопередающего устройства, магнетронного и клистронного генератора.**

**ВИД ЗАНЯТИЯ: - ГРУППОВОЕ.**



# Вопрос 1

# Структурная схема радиопередающего устройства РЛС

## Передатчик

**Передатчик** - служит для формирования кратковременных импульсов СВЧ энергии.

**Источник питания** - источника (промышленного высоковольтного выпрямителя) первичное переменное напряжение десятков киловольт с выпрямлением.

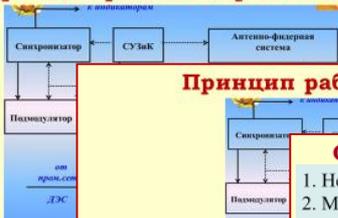
**Синхронизатор** запуска разверток индикатора других систем РЛС. **Модулятор** - является синхронизатора. **Подмодулятор** - усиливает включения модулятора.

**Передатчик**  
**Генератор СВЧ** - вырабатывает мощные зондирующие импульсы СВЧ, длительность и форма огибающей которых определяется формой импульса модулятора.

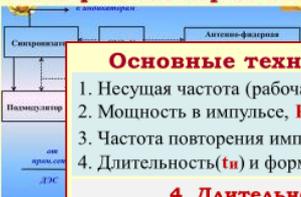
**Система управления**, защиты передатчика и передатчика при работе зондирующих импульсов. **Тракт излучения** - состоит из антенны РЛС - служит для пространства, а также на время излучения и приема. **Фидерная линия** - обеспечивает передачу энергии от генератора СВЧ к антенне РЛС.

## Передатчик

### Принцип работы передатчика



### Принцип работы передатчика



## Основные технические характеристики

1. Несущая частота (рабочая длина волны),  $F_{нес}$ .
2. Мощность в импульсе,  $P_{имп}$ .
3. Частота повторения импульсов,  $F_{пов}$ .
4. Длительность импульса,  $t_{имп}$ .

### 4. Длительность импульса

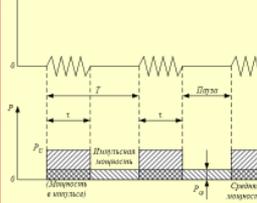
Эти параметры оказывают влияние на дальность действия РЛС. Обычно длительность импульса выбирается так, чтобы его форму стремились создать максимальной крутизной переднего фронта для наибольшей точности отсчета времени.



### 2. Мощность в импульсе

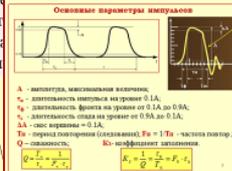
**Мощность в импульсе** - это мощность, которая развивается на выходе передатчика в период излучения.

От мощности в импульсе зависит дальность действия РЛС. После кратковременного излучения импульса требуется некоторое время в течение которого передатчик через антенну излучает энергию, которая во много раз меньше имп.



### 3. Частота повторения импульсов

**Частота повторения импульсов** - это количество ВЧ импульсов, излучаемых РЛС за одну секунду.



$F_{пов}$  определяет максимальную дальность действия РЛС.

Пауза между ВЧ импульсами должна обеспечивать возвращение импульсов, отраженных от целей, расположенных в пределах дальности действия РЛС. В противном случае отраженные импульсы от целей, находящихся за пределами ее дальности действия, вернутся после излучения следующего импульса, а на экране индикатора РЛС они могут возникнуть где-то в начале развертки. В этом случае не решается однозначно связь между истинным местоположением целей и их отображением на индикаторах.

С периодом повторения  $T$  ее связывает соотношение:

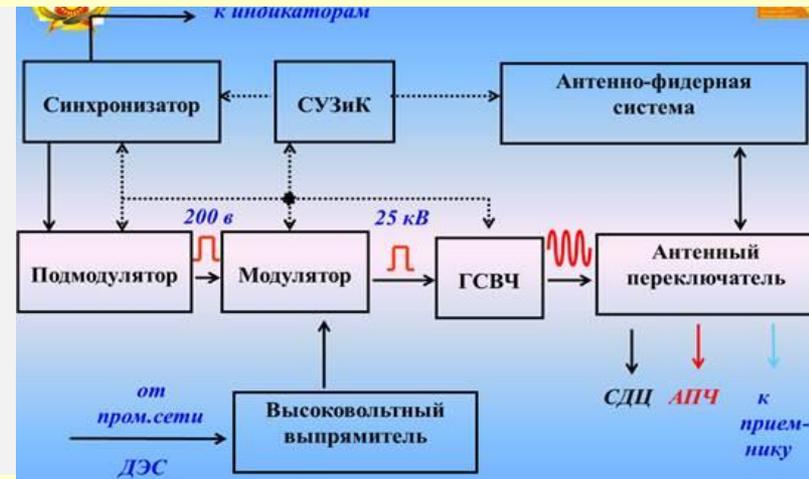
$$F = \frac{1}{T}$$

# Передатчик

**Передатчик** - служит для формирования кратковременных импульсов СВЧ энергии.

**Источник питания** - состоит из первичного источника (промышленная сеть или ДЭС) и высоковольтного выпрямителя (ВИП).

**Высоковольтный выпрямитель** - повышает первичное переменное напряжение до десятков киловольт с последующим выпрямлением.



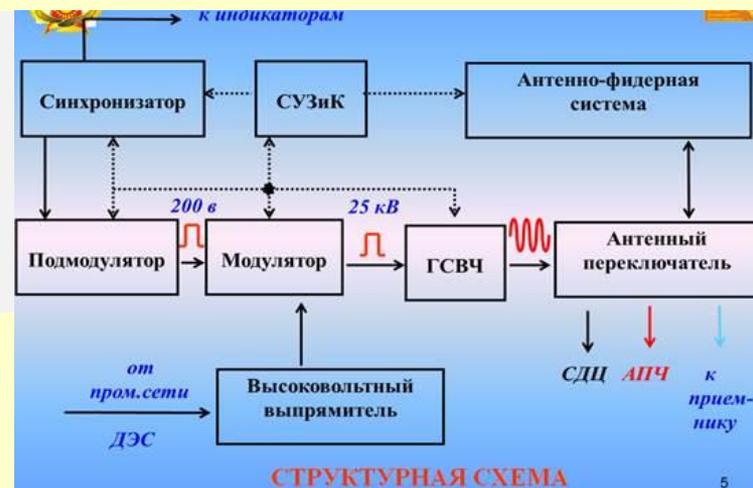
**Синхронизатор запуска** - обеспечивает одновременный запуск передатчика, разверток индикаторов, системы селекции движущихся целей(СДЦ), а также других систем **РЛС**. **Синхронизатор** определяет период повторения зондирующих импульсов.

**Модулятор** - является накопителем энергии в паузах между импульсами синхронизатора.

**Подмодулятор** - усиливает импульсы запуска до величины, необходимой для включения **модулятора**.

# Передатчик

**Генератор СВЧ** - вырабатывает мощные зондирующие импульсы СВЧ, длительность и форма огибающей которых определяется формой импульса модулятора.



**Система управления, защиты и контроля (СУЗ и К)** – служит для включения, защиты передатчика в аварийных случаях и контроля за параметрами передатчика при работе.

**Тракт излучения** - состоит из антенны, антенного переключателя и фидерных линий передачи энергии СВЧ.

**Антенна РЛС** – служит для направленного излучения СВЧ энергии в пространство, а также приема эхо-сигналов.

**Антенный переключатель** - подключает к антенне генератор СВЧ передатчика на время излучения и приемник во время приема отраженных сигналов.

**Фидерная линия** - обеспечивает передачу энергии генератора СВЧ к антенне, а энергии отраженных сигналов к приемнику.

# Принцип работы передатчика



1) При включении **источника питания** его энергия накапливается в **модуляторе**. **Синхронизатор** вырабатывает импульсы запуска малой амплитуды, которые подаются в **подмодулятор** и в **индикаторы** РЛС для запуска разверток по дальности.

**Подмодулятор** усиливает импульсы запуска до величины, необходимой для управления **модулятором** (сотни вольт).

Усиленные импульсы запуска с подмодулятора выдаются на модулятор, который подключает накопленную энергию источников питания к генератору СВЧ.

# Принцип работы передатчика



2) Энергия модулятора подводится к **генератору СВЧ** в виде высоковольтного напряжения (амплитудой десятки кВ).

С приходом модулирующего импульса **генератор СВЧ** вырабатывает мощные импульсы СВЧ, которые через антенный переключатель, фидерную линию подводятся к **антенне** и излучаются в пространство в виде энергии электромагнитного поля. Длительность и форма зондирующего импульса определяются параметрами модулятора, а амплитуда и частота – параметрами генератора СВЧ.

Часть энергии генератора через антенный переключатель подводится к **системам СДЦ и АПЧ** для обеспечения их работы. ❌

# Основные технические характеристики ПРД

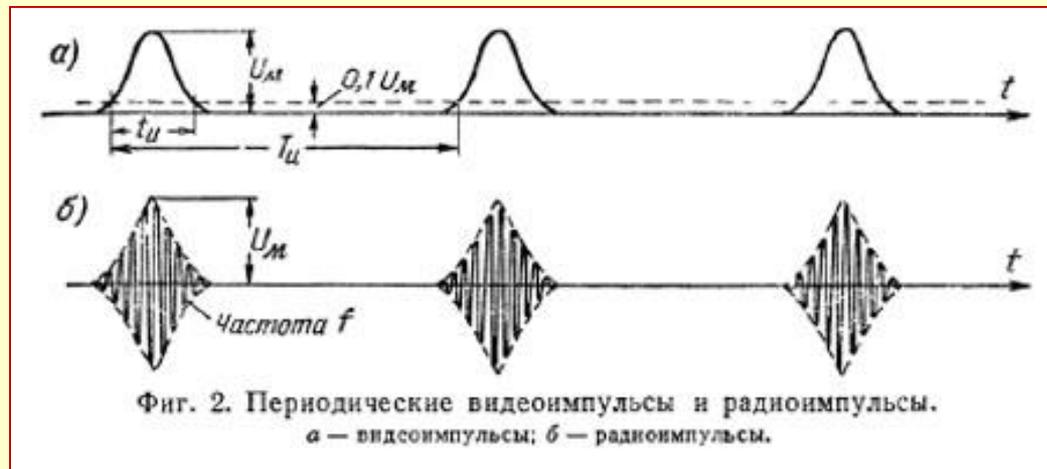
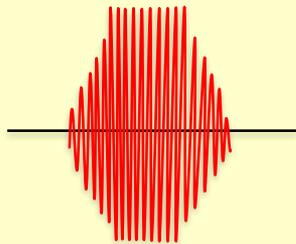
1. Несущая частота (рабочая длина волны),  $F_{нес}$ .
2. Мощность в импульсе,  $P_{имп}$ .
3. Частота повторения импульсов,  $F_{п}$ .
4. Длительность ( $\tau_{и}$ ) и форма высокочастотных импульсов.

## 4. Длительность и форма импульса

Эти параметры оказывают существенное влияние на работу РЛС.

**Длительность** импульса лежит в пределах:  $\tau_{и}=0,1-10$  мксек

Его **форму** стремятся создать близкой к прямоугольной с максимальной крутизной переднего фронта, что обеспечивает наибольшую точность отсчета дальности.

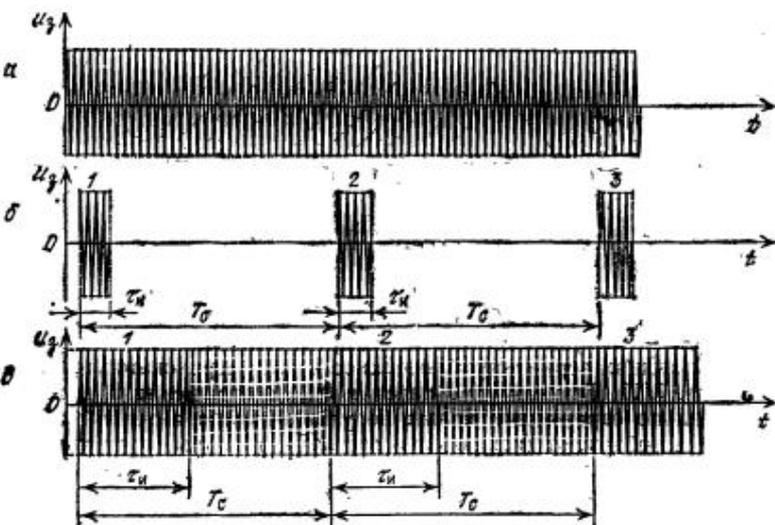


# 1. Несущая частота (зондирующий сигнал)

В зависимости от назначения РЛС и методов, применяемых в ней, излучение может быть:

- непрерывным (рис. 2.4, а),
- импульсным большой скважности — порядка сотен...тысяч (рис. 2.4, б);
- импульсным малой скважности — порядка единиц...десятков (рис. 2.4, в).

Скважность импульсов,  $q$  - отношение периода следования  $T_c$  к длительности импульса  $t_i$ :  $q_i = T_c / t_i$ .



**Радиолокация** осуществляется с помощью сигналов очень высокой частоты по следующим причинам:

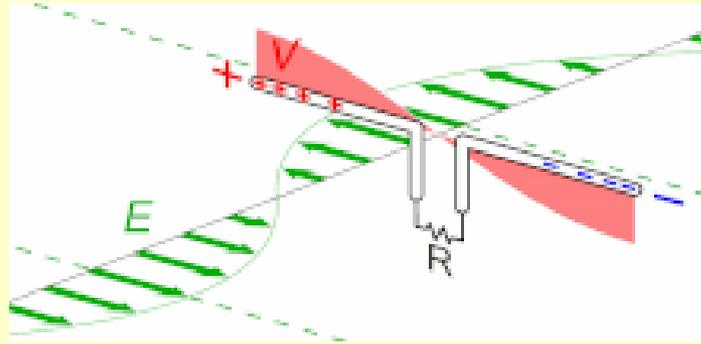
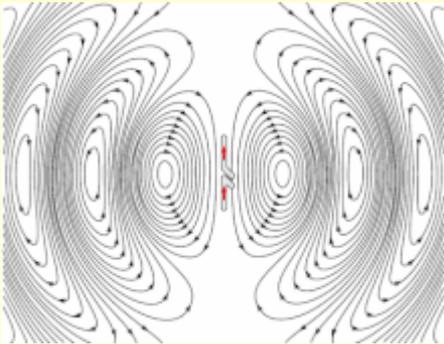
1) острая направленность волн, необходимая для точной пеленгации и большой дальности действия РЛС, может быть получена только при условии, что длина волны  $\lambda$  значительно меньше линейных размеров антенны, а это, как **правило**, выполняется при  $\lambda < 10$  м;

# 1. Несущая частота (зондирующий сигнал)

Частота излучаемых колебаний **f<sub>нес</sub>** - обратно пропорциональна **длине волны**.

От выбора рабочей **длины волны** РЛС зависят:

- размеры антенны, при требуемых значениях ширины ДНА;
- коэффициент направленного действия антенны.



$$\lambda = vT = \frac{v}{f} = \frac{2\pi v}{\omega}$$

$$\lambda = \frac{299\,792\,458 \text{ m/s}}{f}$$

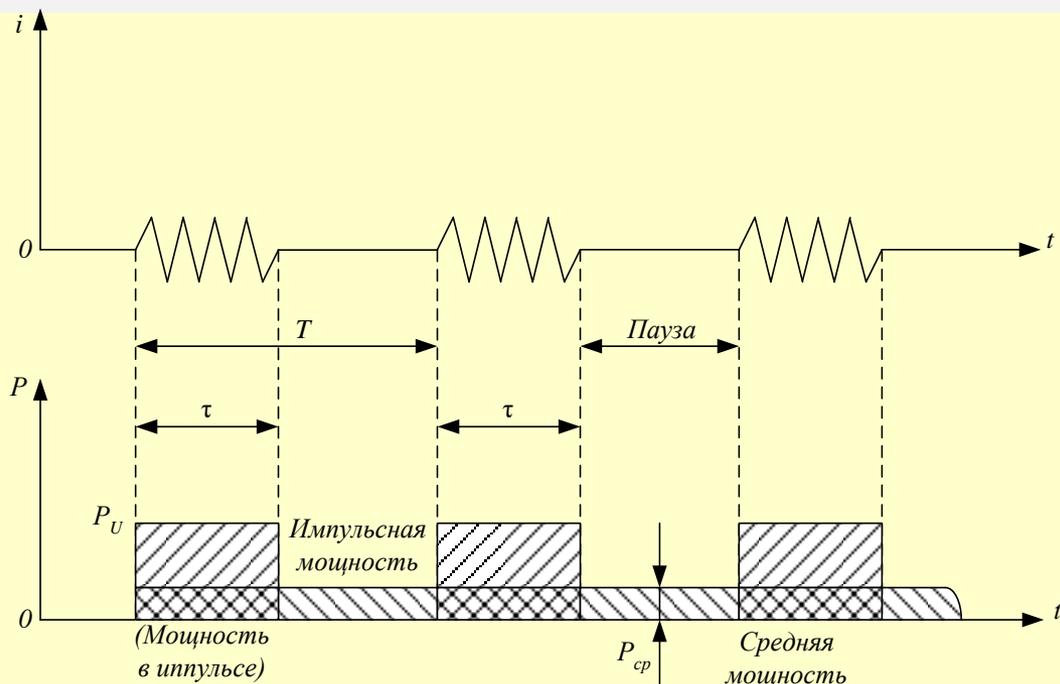
При выборе **длины волны** учитывают:

- возможность получения необходимой мощности от передатчика;
- обеспечение требуемой чувствительности приемника;
- поглощающее и рассеивающее действие гидрометеоров (дождь, снег) и атмосферы.

## 2. Мощность в импульсе

**Мощность в импульсе,  $P_{и}$**  - это мощность, которая развивается на выходе передатчика в момент генерирования импульса.

От **мощности в импульсе** зависит дальность действия РЛС. После кратковременного излучения генератор выключается на непродолжительное время в течение которого его мощность равна нулю. Поэтому в течение периода повторения  **$T$**  (*время импульса и паузы*) передатчик через антенну излучает некоторую среднюю мощность, которая во много раз меньше импульсной.



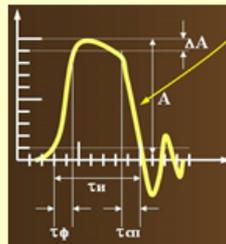
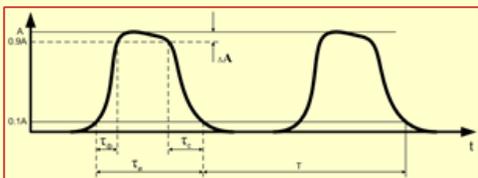
$$P_{cp} = P_u \frac{\tau}{T} = P_u \cdot \tau \cdot F,$$

$P_{cp}$  – средняя мощность ПРД;  
 $P_u$  – импульсная мощность;  
 $\tau_{и}$  – длительность импульса;  
 $T$  – период повторения;  
 $F$  – частота повторения.

### 3. Частота повторения импульсов

**Частота повторения импульсов** – это количество ВЧ импульсов, излучаемых РЛС за одну секунду.

Основные параметры импульсов



- $A$  - амплитуда, максимальная величина;
- $\tau_n$  - длительность импульса на уровне  $0.1A$ ;
- $\tau_\phi$  - длительность фронта на уровне от  $0.1A$  до  $0.9A$ ;
- $\tau_c$  - длительность спада на уровне от  $0.9A$  до  $0.1A$ ;
- $\Delta A$  - скос вершины  $= 0.1A$ ;
- $T_n$  - период повторения (следования);  $F_n = 1/T_n$  - частота повтор.
- $Q$  - скважность;  $K_z$  - коэффициент заполнения.

$$Q = \frac{T_n}{\tau_n} = \frac{1}{F_n \cdot \tau_n}$$

$$K_z = \frac{1}{Q} = \frac{\tau_n}{T_n} = F_n \cdot \tau_n$$

С периодом повторения  $T$  ее связывает соотношение:

$$F = \frac{1}{T}.$$

$F_{n_{\text{имп}}}$  определяет максимальную дальность действия РЛС.

Пауза между ВЧ импульсами должна обеспечивать возвращение импульсов, отраженных от целей, расположенных в пределах дальности действия РЛС. В противном случае отраженные импульсы от целей, находящихся за пределами ее дальности действия, вернутся после излучения следующего импульса, а на экране индикатора РЛС они могут возникнуть где-то в начале развертки.

В этом случае не решается однозначно связь между истинным местоположением целей и их отображением на индикаторах.



# Вопрос 2

# Магнетронный генератор

## Магнетронный генератор

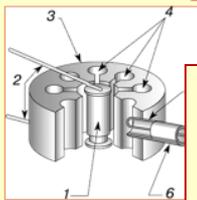
Магнетронный генератор - для создания мощных импульсов СВЧ колебаний.

### Устройство магнетрона

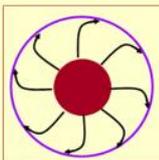


### Устройство магнетрона:

1. Катод.
2. Выводы накальные.



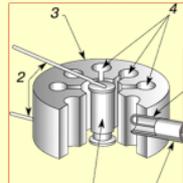
### Работа магнетронного генератора:



**Катод** - является источником выводов которой изолированы изоляторами. **Анодный блок** - металл полостей (**резонатор**). Каждая из полостей в который связан центр. **Петля связи** введена колебаний передается

1. Электроны эмитируются взаимодействием, где на них - постоянное электрическое поле.
2. При отсутствии поля Э электроны движутся по прямой.
3. При достаточно высокой скорости электрон, движущийся по прямой, достигнет анода, энергия передастся на него со стороны анода.

### Работа магнетронного генератора:



3. При достаточно высокой скорости электрон, движущийся по прямой, достигнет анода, энергия передастся на него со стороны анода.
4. Если же электрон тормозится полем волны, то радиус его циклотронного движения уменьшается и он отклоняется в направлении анода.
5. Однако если скорость вращения электромагнитной волны будет небольшой, электрон может на этом передаче энергии от электрона к волне.

### Работа магнетронного генератора:

4. Электрическое поле возникшей ЭМВ может замедлять или ускорять электроны. Если электрон ускоряется полем волны, то радиус его циклотронного движения уменьшается и он отклоняется в направлении анода.
5. Однако если скорость вращения электромагнитной волны будет небольшой, электрон может на этом передаче энергии от электрона к волне.

### Применение магнетронного генератора



**Магнетрон применяется:** - в РЛС 1РЛ33М ЗСУ-23-4М «Шилка». **Магнетрон** волноводом подсоединен к антенне. Он управляется короткими высокоинтенсивными импульсами подаваемого напряжения, в результате чего излучается короткий импульс СВЧ энергии. Небольшая порция этой энергии отражается от ВЧ, принимается антенной и по волноводу направляется к чувствительному приёмнику. Сигнал, после дальнейшей обработки, появляется на индикаторе РЛС.

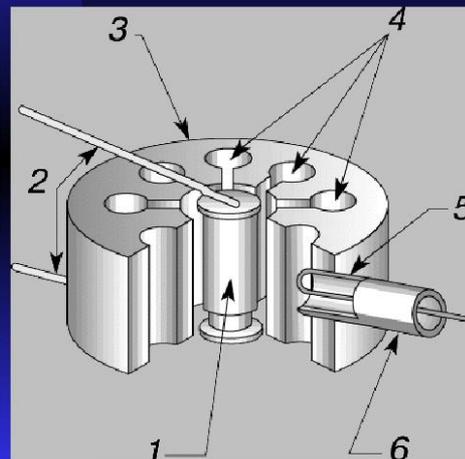
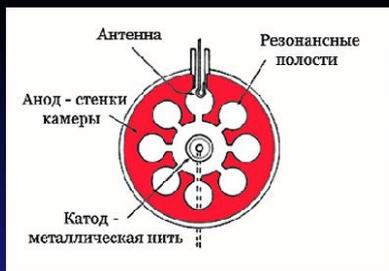
# Магнетронный генератор

**Магнетронный генератор** - для создания мощных импульсов СВЧ колебаний.

## Состав:

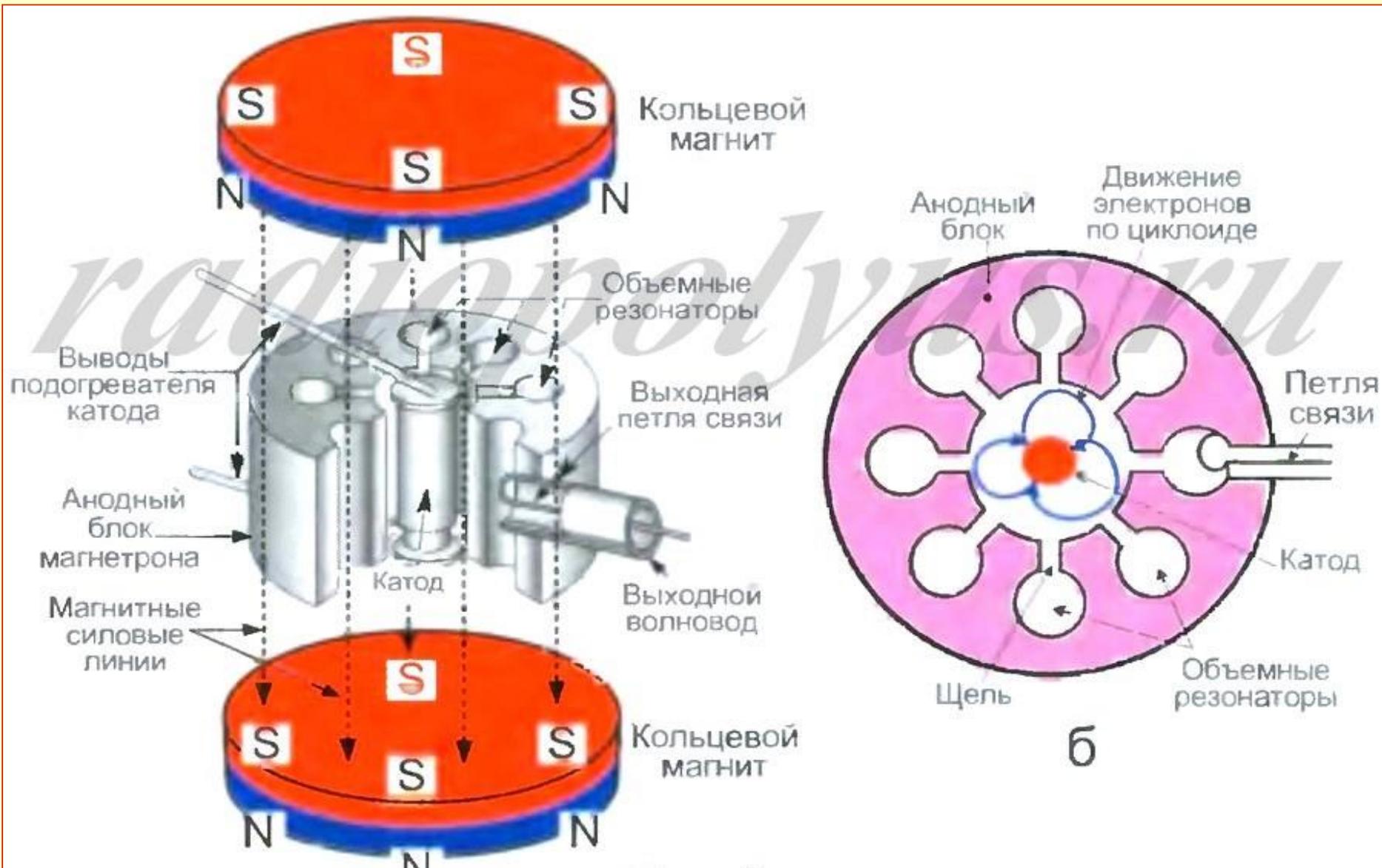
- магнетрон - генераторная лампа
- постоянный магнит, между полюсами устанавливается магнетрон.

## Магнетрон

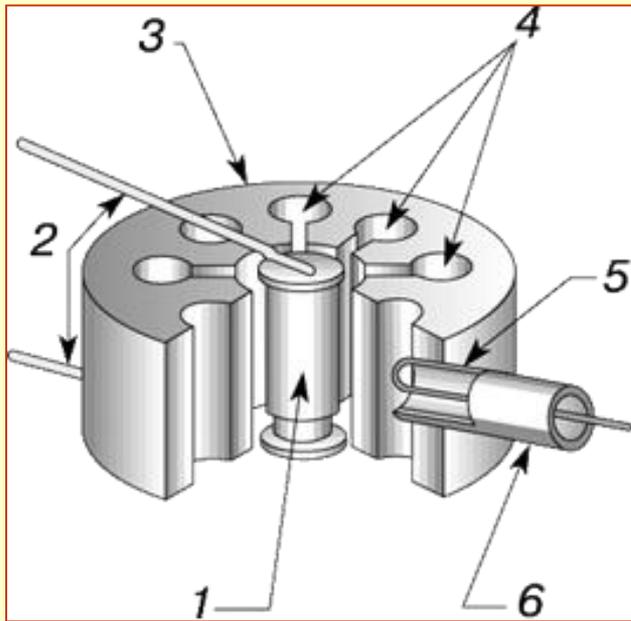


- 1- катод;
- 2- токоподводы нагревателя;
- 3- анодный блок;
- 4- объемные резонаторы;
- 5- выходная петля связи;
- 6- коаксиальный кабель.

# Устройство магнетрона



# Устройство магнетрона:



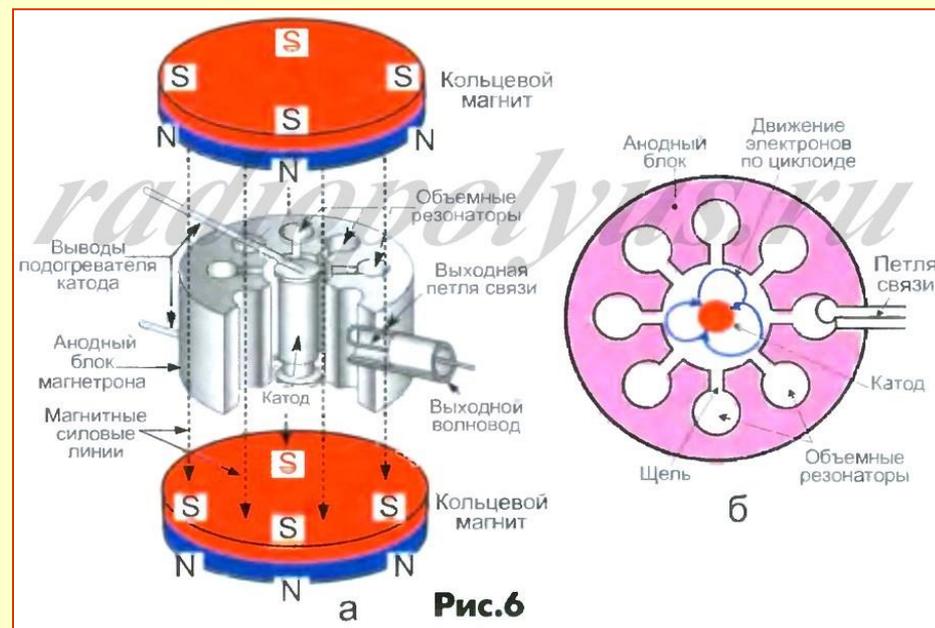
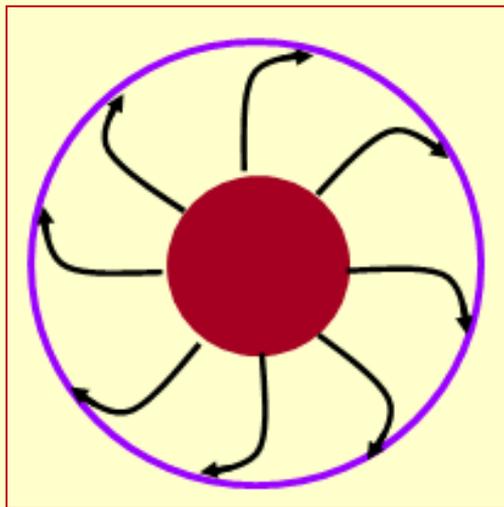
1. Катод.
2. Выводы накальные.
3. Анодный блок.
4. Резонаторы.
5. Петля связи(щелевой мост).
6. Вывод СВЧ энергии(волновод).

**Катод** - является источником электронов, подогревается нитью **накала**, выводы которой изолированы от анодного блока стеклянными изоляторами.

**Анодный блок** - металлический цилиндр, в котором высверлены восемь полостей (**резонаторы**), соединенных с центральной полостью **щелями**. Каждая из полостей вместе со щелью является **резонансным контуром**, который связан центральной полостью с другими контурами.

**Петля связи** введена в один из контуров анода. При помощи ее энергия колебаний передается из магнетрона в АВС.

# Работа магнетронного генератора:



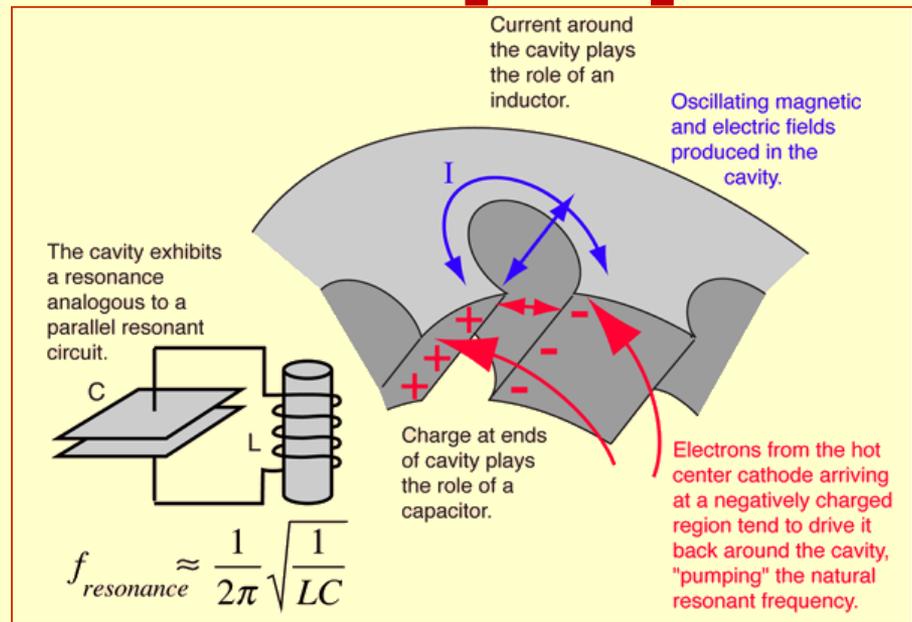
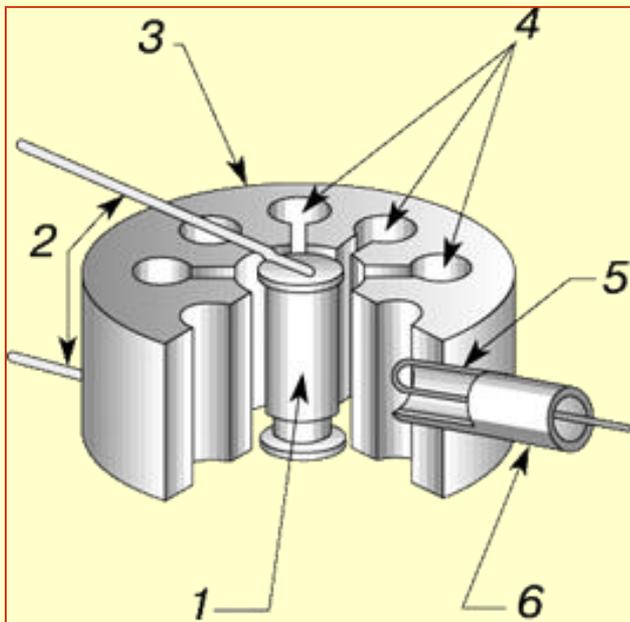
1. Электроны эмитируются из нагретого катода в пространство взаимодействия, где на них воздействует:

- постоянное электрическое поле анод-катод,
- постоянное магнитное поле и поле электромагнитной волны (ЭМВ).

2. При отсутствии поля ЭМВ, электроны бы двигались в скрещённых электрическом и магнитном полях по сравнительно простым кривым:

**эпициклоидам** (кривая, которую описывает точка на круге, катящемся по наружной поверхности окружности большего диаметра, в конкретном случае — по наружной поверхности катода).

# Работа магнетронного генератора:



3. При достаточно высоком магнитном поле (параллельном оси магнетрона) электрон, движущийся по этой кривой, не может достичь анода (*по причине действия на него со стороны этого магнитного поля силы Лоренца*), при этом говорят, что произошло магнитное запираение диода.

В режиме магнитного запираения некоторая часть электронов движется по эпициклоидам в пространстве анод-катод.

Под действием собственного поля электронов в этом электронном облаке возникают неустойчивости, которые приводят к **генерации электромагнитных колебаний**. Эти колебания усиливаются **резонаторами**.

Энергия колебаний передается из магнетрона в АВС через петлю связи.

# Работа магнетронного генератора:

4. Электрическое поле возникшей ЭМВ может замедлять или ускорять электроны.

*Если электрон ускоряется полем волны, то радиус его циклотронного движения уменьшается и он отклоняется в направлении катода. При этом энергия передаётся от волны к электрону.*

*Если же электрон тормозится полем волны, то его энергия передаётся волне, при этом циклотронный радиус электрона увеличивается и он получает возможность достигнуть анода.*

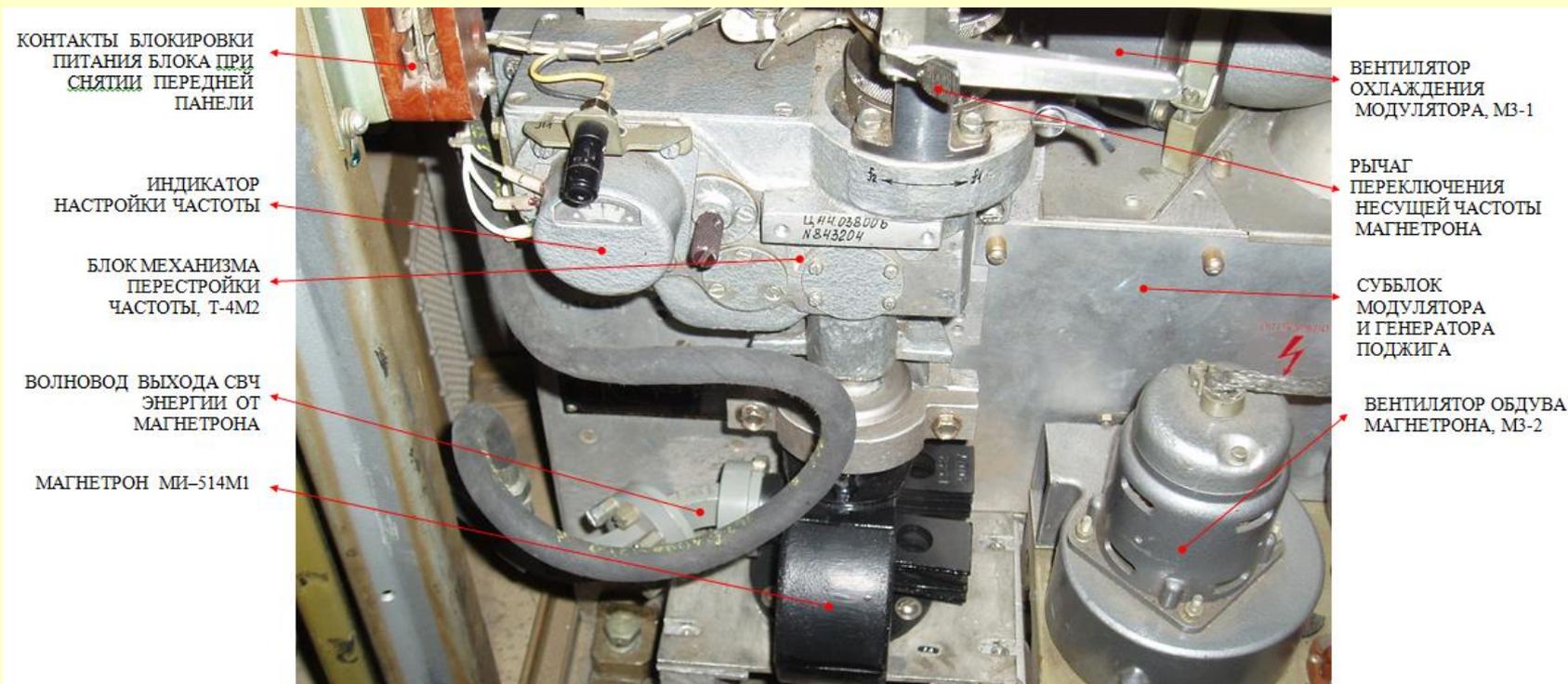
*Поскольку электрическое поле анод-катод совершает положительную работу только если электрон достигает анода, энергия всегда передаётся в основном от электронов к электромагнитной волне.*

5. Однако если скорость вращения электронов вокруг катода не будет совпадать с фазовой скоростью электромагнитной волны, один и тот же электрон будет попеременно ускоряться и тормозиться волной, в результате эффективность передачи энергии волне будет небольшой.

*Если средняя скорость вращения электрона вокруг катода совпадает с фазовой скоростью волны, электрон может находиться непрерывно в тормозящей области, при этом передача энергии от электрона к волне наиболее эффективна.*

*Такие электроны группируются в сгустки (так называемые «спицы»), вращающиеся вместе с полем. Многократное, в течение ряда периодов, взаимодействие электронов с ВЧ-полем и фазовая фокусировка в магнетроне обеспечивают высокий коэффициент полезного действия и возможность получения больших мощностей. *

# Применение магнетронного генератора



**Магнетрон применяется:** - в РЛС 1РЛЗЗМ ЗСУ-23-4М «Шилка».

*Магнетрон волноводом подсоединён к антенне. Он управляется короткими высокоинтенсивными импульсами подаваемого напряжения, в результате чего излучается короткий импульс СВЧ энергии.*

*Небольшая порция этой энергии отражается от ВЦ, принимается антенной и по волноводу направляется к чувствительному приёмнику.*

*Сигнал, после дальнейшей обработки, появляется на индикаторе РЛС.*

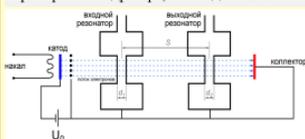


# Вопрос 3

# Клистронный генератор

## Пролетный Клистрон

**Клистрон** — электровакуумный прибор, в котором преобразование постоянного потока электронов в переменный происходит путём модуляции скоростей электронов электрическим полем СВЧ (при пролёте их сквозь зазор **объёмного резонатора\***) и последующей группировки электронов в сгустки (из-за разности их скоростей) в пространстве дрейфа, свободном от СВЧ-поля.



В клистроне имеются два **объёмных резонатора** с ёмкостными сеточными зазорами. **Первый** резонатор называют входным, или модулятором, **второй** — выходным. Пространство между ними называют **пространством дрейфа** или **группировочным**.

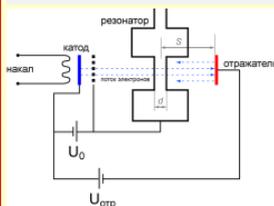
Электроны, захвачиваемые катодом, ускоряются постоянным напряжением второго электрода и уходят из узкого сеточного зазора первого резонатора, в котором имеется продольное поле СВЧ. В периодическом ускоряющем и замедляющем поле СВЧ электроны периодически ускоряются и замедляются. Двигаясь далее в пространстве дрейфа, электроны постепенно образуют сгустки за счёт того, что электроны движутся медленнее.

Этот модулируемый по плотности электронный поток попадает во второй резонатор и создаёт наведённый ток той же частоты, что и частота входного модулирующего поля и частота след. В результате между сетками второго резонатора появляется высокочастотное электрическое поле, которое взаимодействует с пучком электронов.

Необходимые параметры клистрона подбираются таким образом, чтобы электрическое поле в резонаторе тормозило сгустки электронной плотности и ускоряло её разрежения. В результате период одного колебания поля тормозится большее число электронов, чем ускоряется. При этом энергия электронов преобразуется в энергию СВЧ-колебаний ЭМ поля второго резонатора, а электроны оседают на коллекторе, рассеивая оставшуюся часть кинетической энергии в виде тепла.

## Отражательный Клистрон

Отражательные **клистроны** предназначены для генерирования СВЧ-колебаний малой мощности.



Отражательный **клистрон\*** применяется в приемнике РЛС 1РЛ33М (ЗСУ-23-4М «Шилка2»).

**Отражательный клистрон** имеет один резонатор, дважды пронизываемый электронным потоком.

Возвращение электронов осуществляется с помощью отражателя, находящегося под отрицательным постоянным потенциалом относительно к катоду.

Таким образом, **резонатор** играет роль группирователя при первом прохождении электронов и роль выходного контура при втором прохождении.

Промежуток между резонатором и отражателем играет роль пространства дрейфа, где модуляция электронного потока по скорости переходит в модуляцию по плотности. Для того чтобы клистрон мог генерировать СВЧ-колебания, необходимо, чтобы сгустки электронного потока, сформированные при первом прохождении сквозь резонатор, проходили через резонатор при обратном движении в те моменты, когда в нём имеется тормозящее высокочастотное электрическое поле.

## Клистронный гетеродин\*(РАС 1РА33)

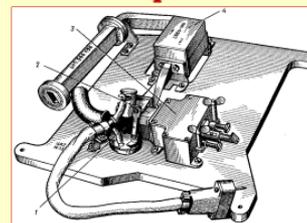


Рис.25. Узел гетеродина:

- 1 – клистрон;
- 2 – высокочастотный резонатор;
- 3 – механизм перестройки Т-4РМ;
- 4 – ферритовый вентиль.

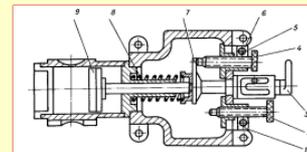


Рис.33. Механизм перестройки резонатора клистрона Т-4РМ:

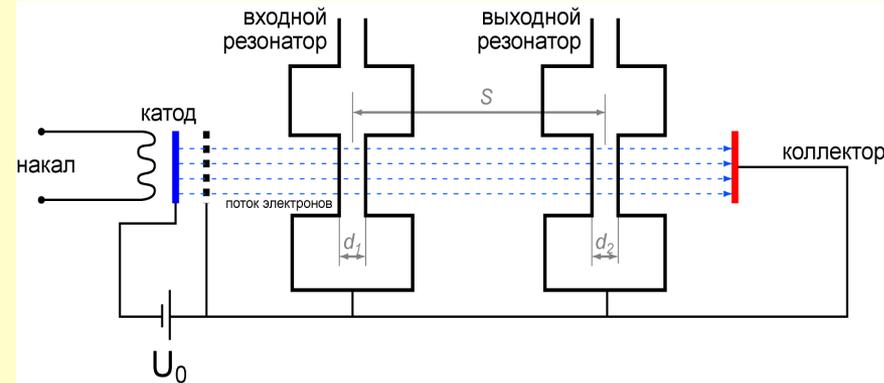
- 1 – зажим; 2 – винт; 3 – ручка;
- 4 – винт; 5 – винт; 6 – зажим;
- 7 – упор; 8 – пружина; 9 – поршень.

**Механизм перестройки резонатора клистрона Т-4РМ** предназначен для ручной перестройки рабочей частоты клистрона.



# Пролетный Клистрон

**Клистрон** — электровакуумный прибор, в котором преобразование постоянного потока электронов в переменный происходит путём модуляции скоростей электронов электрическим полем СВЧ (при пролёте их сквозь зазор **объёмного резонатора\***) и последующей группировки электронов в сгустки (из-за разности их скоростей) в пространстве дрейфа, свободном от СВЧ-поля.



*В клистроне имеются два **объёмных резонатора** с ёмкостными сеточными зазорами. Первый резонатор называют входным, или модулятором, **второй** — выходным. Пространство между ними называют **пространством дрейфа** или группирования.*

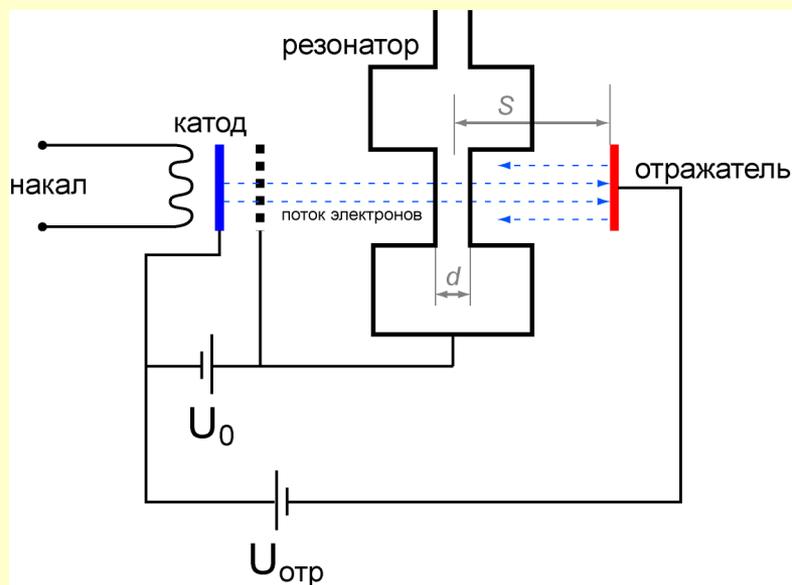
*Электроны, эмитируемые катодом, ускоряются постоянным напряжением второго электрода и попадают в узкий сеточный зазор первого резонатора, в котором имеется продольное потоку электронов СВЧ-поле. Это поле периодически ускоряет и замедляет электроны, модулируя электроны в электронном потоке по скорости. Двигаясь далее в пространстве дрейфа, электроны постепенно образуют сгустки за счёт того, что быстрые электроны догоняют медленные.*

*Этот модулированный по плотности электронный поток попадает во второй резонатор и создает в нём наведённый ток той же частоты, что и частота входного модулирующего поля и частота следования сгустков. В результате между сетками второго резонатора появляется высокочастотное электрическое поле, которое начинает взаимодействовать с потоком электронов.*

*Необходимые параметры клистрона подбираются таким образом, чтобы электрическое поле второго резонатора тормозило сгустки электронной плотности и ускоряло её разрежения. В результате в среднем за период одного колебания поля тормозится большее число электронов, чем ускоряется. При этом Кинетическая энергия электронов преобразуется в энергию СВЧ-колебаний ЭМ поля второго резонатора, а электроны, пройдя резонатор, оседают на коллекторе, рассеивая оставшуюся часть кинетической энергии в виде тепла.*

# Отражательный Клистрон

Отражательные **клистроны** предназначены для генерирования СВЧ-колебаний малой мощности.



Отражательный **клистрон\*** применяется в приемнике РЛС 1РЛ33М (ЗСУ-23-4М «Шилка2»).

**Отражательный клистрон** имеет один резонатор, дважды пронизываемый электронным потоком.

Возвращение электронов осуществляется с помощью отражателя, находящегося под отрицательным постоянным потенциалом по отношению к катоду.

Таким образом, **резонатор** играет роль группирователя при первом прохождении электронов и роль выходного контура при втором прохождении.

Промежуток между резонатором и отражателем играет роль пространства дрейфа, где модуляция электронного потока по скорости переходит в модуляцию по плотности. Для того чтобы клистрон мог генерировать СВЧ-колебания, необходимо, чтобы сгустки электронного потока, сформированные при первом прохождении сквозь резонатор, проходили через резонатор при обратном движении в те моменты, когда в нём имеется тормозящее высокочастотное электрическое поле.

# Клистронный гетеродин\*(РАС 1РА33)

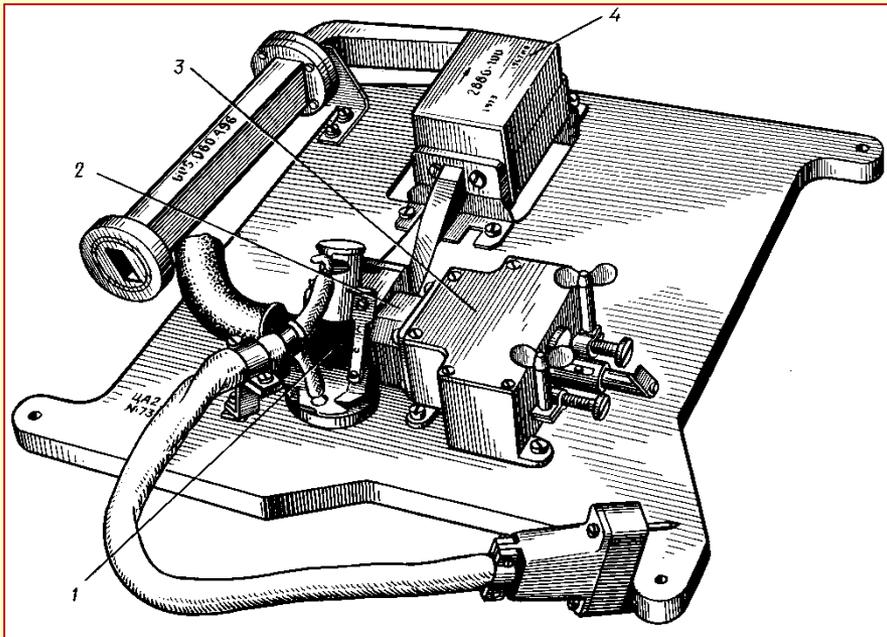


Рис.25. Узел гетеродина:

- 1 – клистрон;
- 2 – высокочастотный резонатор;
- 3 – механизм перестройки Т-4РМ;
- 4 – ферритовый вентиль.

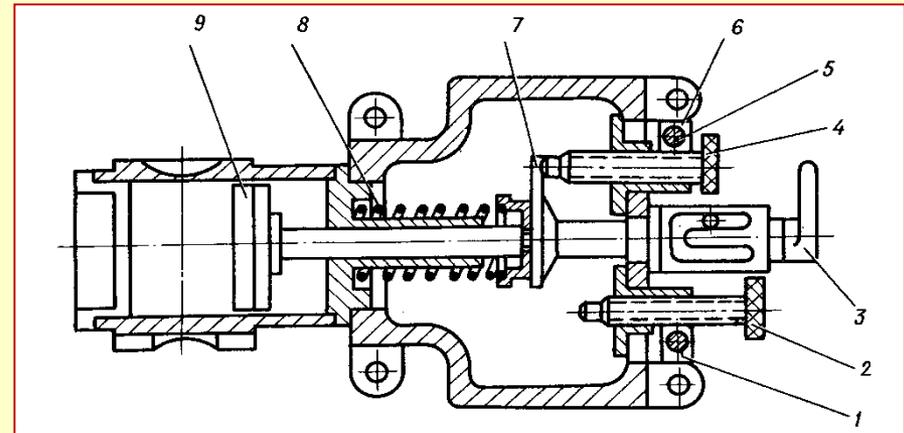


Рис.33. Механизм перестройки резонатора клистрона Т-4РМ:

- 1 – зажим; 2 – винт; 3 – ручка;
- 4 – винт; 5 – винт; 6 – зажим;
- 7 – упор; 8 – пружина; 9 – поршень.

Механизм перестройки резонатора клистрона Т-4РМ предназначен для ручной перестройки рабочей частоты клистрона.



# Задание на самоподготовку:

Изучить материал занятия  
по конспекту и учебному пособию.

## Вопросы занятия:

1. Структурная схема радиопередающего устройства.
2. Магнетронный генератор.
3. Клистронный генератор.



- Литература:**
1. Учебное пособие «Основы построения ЗАК»-2013 г., стр. 84-87
  2. Учебное пособие «Основы построения РЛС обнаружения и РЭБ» ТУСУР - 2003 г., стр. 29-36.



# Конец занятия

# Контрольные вопросы

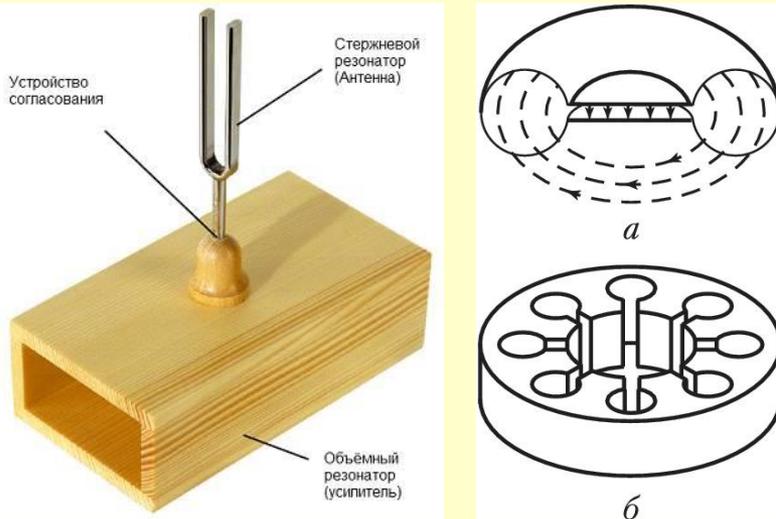
1. Сущность и виды радиолокации.
2. Радиоволны и их основные свойства, применяемые в РЛ.
3. Импульсная РЛС.
4. Основные технические характеристики импульсного радиолокатора.
5. Эффективная отражающая поверхность (ЭОП) цели.
6. Виды электрических импульсов и их параметры.
7. Дифференцирующие цепи.
8. Интегрирующие цепи.
9. Импульсный метод определения дальности.
10. Методы определения угловых координат. Метод равносигнальной зоны (при коническом обзоре пространства).

1. Двухэлектродная лампа.
2. Трехэлектродная лампа, многоэлектродные лампы.
3. Усилитель низкой (звуковой) частоты.
4. Усилители высокой частоты и промежуточной частоты.
5. Назначение, состав и работа мультивибратора.
6. Назначение, состав и работа блокинг-генератора.
7. Ограничители импульсов.
8. Тиратрон.
9. Линии передачи электромагнитной энергии.
10. Антенные устройства.



# Объёмный резонатор

**Объёмный резонатор** — устройство, основанное на явлении резонанса, в котором вследствие граничных условий возможно существование на определённых длинах волн добротных колебаний в виде бегущей или стоячей волны.



Основные характеристики объёмного резонатора: - резонансная частота, добротность и волновое сопротивление - отождествляются с характеристиками эквивалентного колебательного контура.

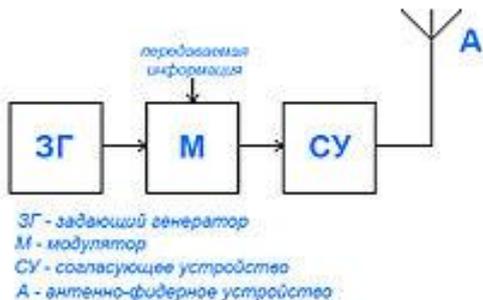
**Объёмные резонаторы** широко применяют в приборах СВЧ электроники (клистронах, магнетронах).

*В соответствии с уравнениями Максвелла переменное электрическое поле порождает переменное магнитное поле, и наоборот. Между электрическим и магнитным полями происходит непрерывный обмен энергией. Если каким-либо образом ограничить некоторый объём пространства отражающими стенками, препятствующими потере энергии из этого объёма за счёт излучения, то в этом объёме на некоторых длинах волн, определяемых размерами устройства можно возбудить электромагнитные колебания. Полный резонатор образованный металлическими стенками, называется **закрытым резонатором**.*



# Дополнительные материалы

№	Название	Ссылка	
1	РЛС	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=-0J9yNHFZiw">https://www.youtube.com/watch?v=-0J9yNHFZiw</a>	
2	Общие принципы работы радиолокатора	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=WkmNdvWW0sU">https://www.youtube.com/watch?v=WkmNdvWW0sU</a>	
3	Приемники и передатчики	<a href="http://elektrikaetoprosto.ru/priemper.html">http://elektrikaetoprosto.ru/priemper.html</a>	
4	Радиопередатчик	<a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA">https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA</a>	
5	Магнетрон (Чип и Дип)	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=IQgJ5ds7rME">https://www.youtube.com/watch?v=IQgJ5ds7rME</a>	
6	5. Как работает магнетрон и рождение панасунга	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=qC4j860OBCc">https://www.youtube.com/watch?v=qC4j860OBCc</a>	



# Занятие №7. Радиопередающие устройства