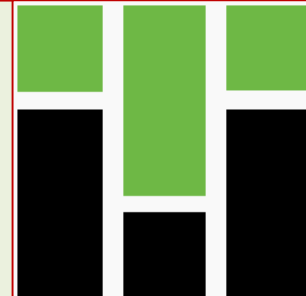




# **Военный учебный центр при Томском политехническом университете**



**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 зенитной самоходной установки»



## Тема №7 Устройство РПК-2М



## Занятие №3 Передающая система РЛС

# Цели занятия:

## Изучить:

- назначение, состав и размещение передающей системы;
- работу передающей системы по функциональной схеме;
- конструктивное оформление передающей системы.

## ВИД ЗАНЯТИЯ:

*– групповое*

# **Актуальность занятия:**

## **Обусловлено:**

- необходимостью иметь глубокие и твердые знания назначения, состава и размещения передающей системы, о работе передающей системы по функциональной схеме, о конструктивном оформлении передающей системы.**

# Вопросы занятия:

1. Назначение, состав и размещение передающей системы.
2. Работа передающей системы по функциональной схеме.
3. Конструктивное оформление передающей системы.

В.Д. Горев  
А.И. Целебровский  
А.А. Гаврилов



**УСТРОЙСТВО  
РЛС 1РЛЗЗМЗ**

## Литература:

1. Учебное пособие «Устройство РЛС» стр.14-17
2. Альбом рисунков «ЗСУ-23-4М. Часть 3. 1РЛЗЗМЗ», стр.12-14



**АЛЬБОМ РИС**

**ЗСУ-**

**Часть 3**



# Вопрос 1

# Назначение, состав и размещение передающей системы

## Передающая система РАС

для формирования сверхвысокочастотных импульсов электромагнитной энергии, которые излучаются в пространство.

### Состав:

Механизм перестройки (блок Т-4М2).

Передатчик (блок Т-3М1).

Высоковольтный выпрямитель (блок Т-29М).



Элементы передающей системы  
- передатчик (блок Т-3М1) и механизм перестройки оператора  
- высоковольтный выпрямитель (блок Т-29М) в месте оператора

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРДС

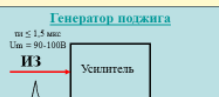
№	Наименование характеристики	
1	Мощность импульсов, $P_{II}$	90-120 кВт
2	Несущая частота, $f_{нес}$	15 ГГц
3	Частота повторения импульсов: - в штатном режиме - в режиме «Вобуляция»	
4	Длительность импульсов, $\tau_{II}$	



Фиг. 2. Периодические видеоимпульсы в радиолуче. а — видеоимпульсы; б — радиолуч.

## 1. Передатчик

**Генератор поджига:**  
- вырабатывает импульсы необходимой длительности и амплитуды, служащие для поджига тиратрона.



**Усилитель (левая половина лампы Л1)** служит для увеличения амплитуды запускающих импульсов и запуска блокинг-генератора.

**Блокинг-генератор (правая половина Л1)** предназначен для выработки импульса амплитудой около 400В, длительностью 2-8 мкс и крутизной переднего фронта более 600 В/мкс.

**Катодный повторитель (Л2)** служит для согласования выходной цепи генератора поджига со входом тиратрона.

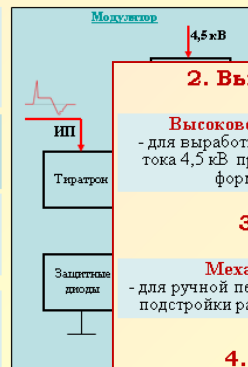
## 1. Передатчик

**Модулятор**  
для преобразования энергии, высоковольтного источника постоянного тока в энергию импульса с амплитудой 13,5 - 15,5 кВ, необходимой для возбуждения магнетрона.

**Формирующая линия** обеспечивает формирование на катоде магнетрона отрицательных прямоугольных импульсов большой амплитуды. Является основным элементом модулятора.

**Зарядные диоды** служат для предотвращения разряда конденсаторов формирующей линии через высоковольтный выпрямитель до прихода запускающего импульса.

**Защитные диоды** предназначены для защиты формирующей линии от перенапряжения в случае выхода из строя магнетрона.



## 2. Высоковольтный выпрямитель

**Высоковольтный выпрямитель**  
- для выработки напряжения постоянного тока 4,5 кВ предназначенного для заряда формирующей линии.



## 3. Механизм перестройки

**Механизм перестройки**  
- для ручной перестройки и автоматической подстройки рабочей частоты магнетрона.



## 4. Магнетронный генератор

**Магнетронный генератор**  
- для генерирования сверхвысокочастотных колебаний.



# Передающая система РЛС -

**ПРДС** - для формирования СВЧ импульсов электромагнитной энергии.

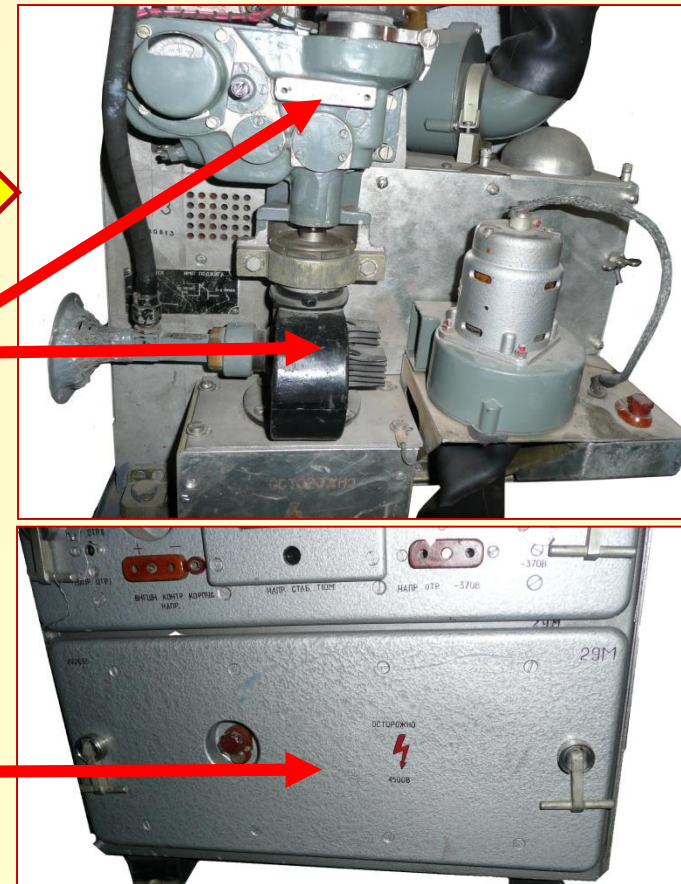
## Состав:

1. Передатчик  
(блок Т-3М1).

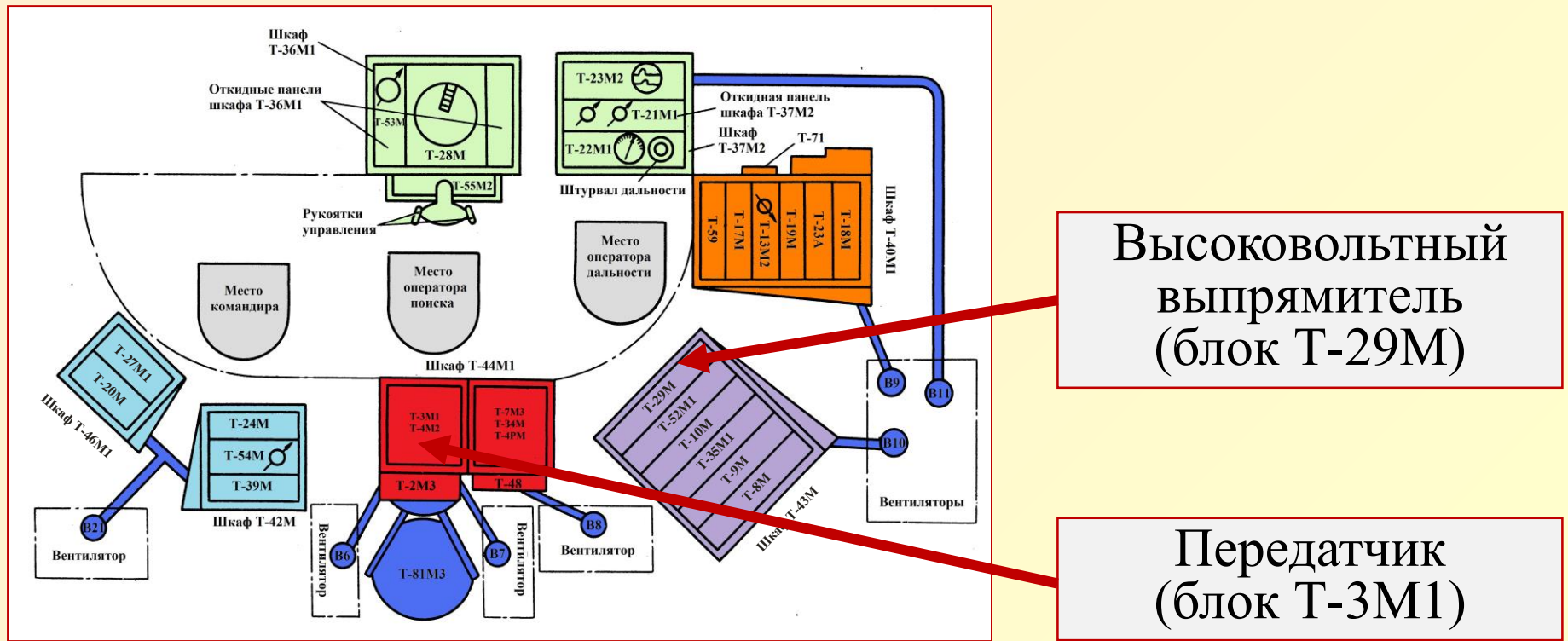
2. Магнетронный  
генератор

3. Механизм  
перестройки (бл Т-4М2)

4. Высоковольтный  
выпрямитель  
(блок Т-29М)



# Размещение передающей системы



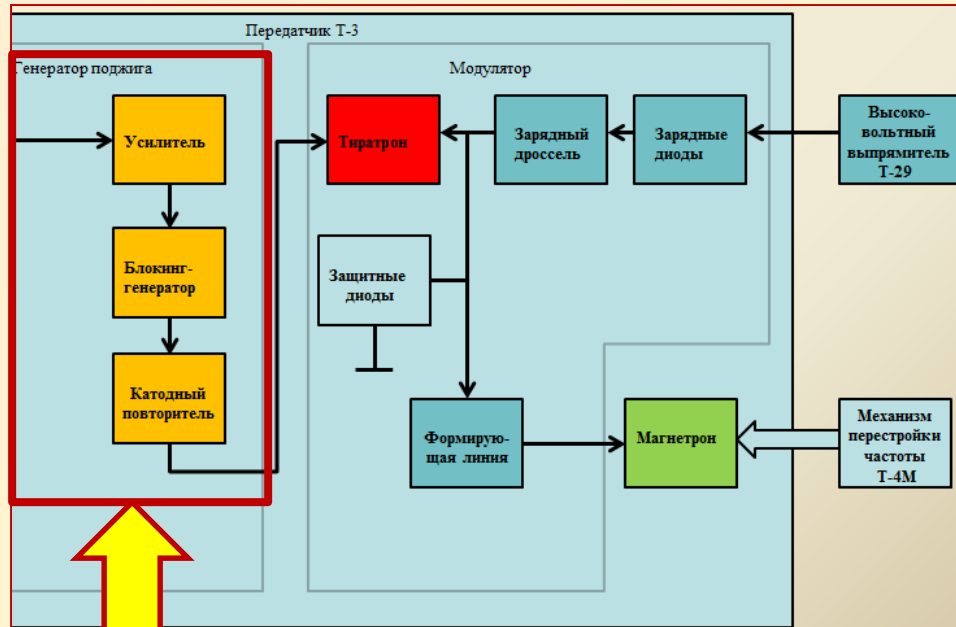
Элементы ПРДС размещаются в шкафах внутри башни:

1) **передатчик** (блок Т-3М1) и **механизм перестройки** (Т-4М2) - сзади оператора поиска в шкафу Т-44М1.

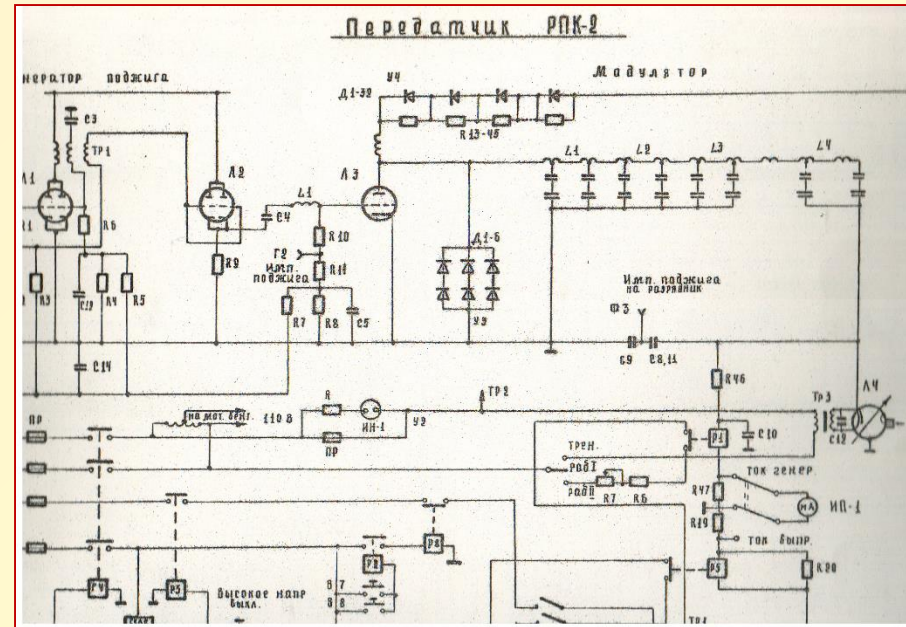
2) **высоковольтный выпрямитель** (блок Т-29М) - сзади рабочего места оператора дальности в шкафу Т-43М.



# 1. Передатчик



Функциональная схема ПРДС



Принципиальная схема ПРДС

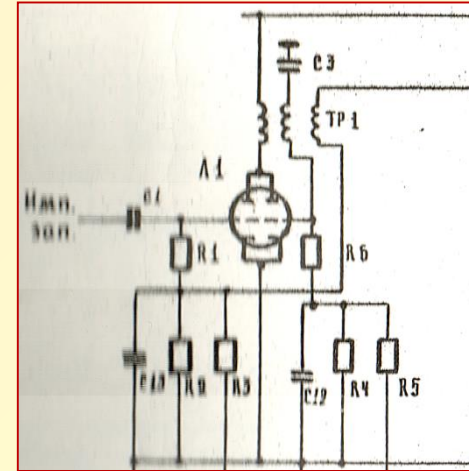
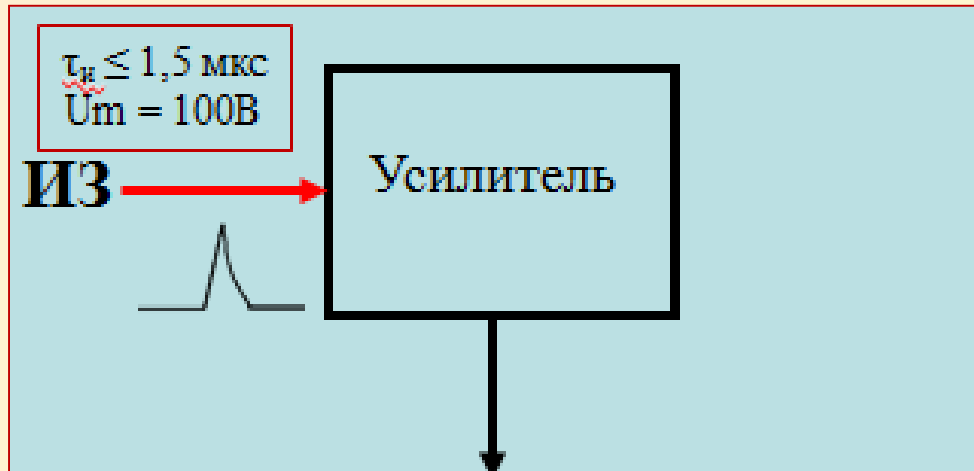
## Генератор поджига:

- вырабатывает импульсы необходимой длительности и амплитуды, служащие для поджига тиратрона.

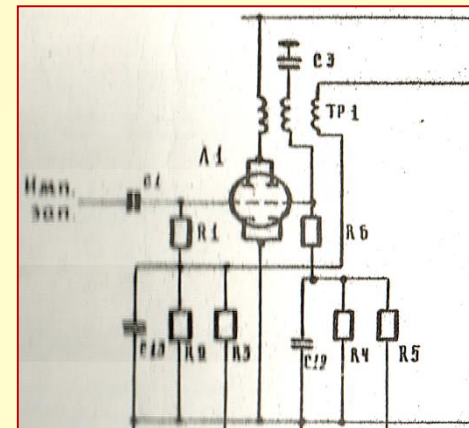
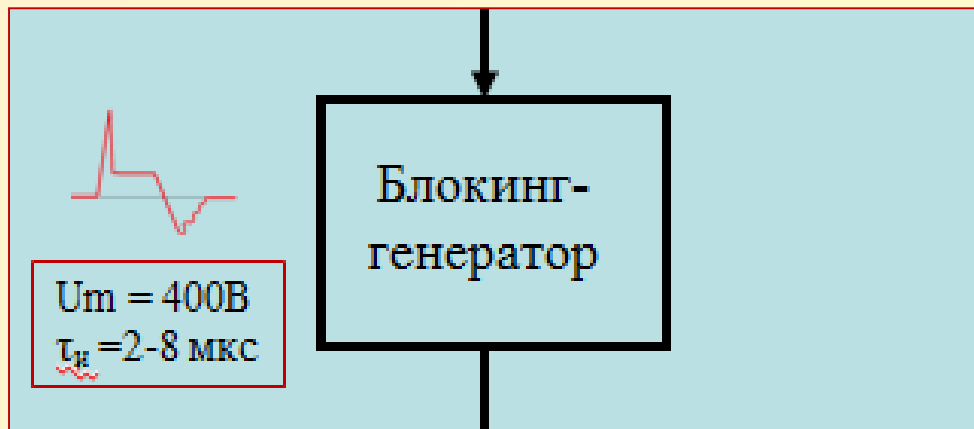
## Состав:

- усилитель;
- блокинг-генератор;
- катодный повторитель.

# Элементы генератора поджига

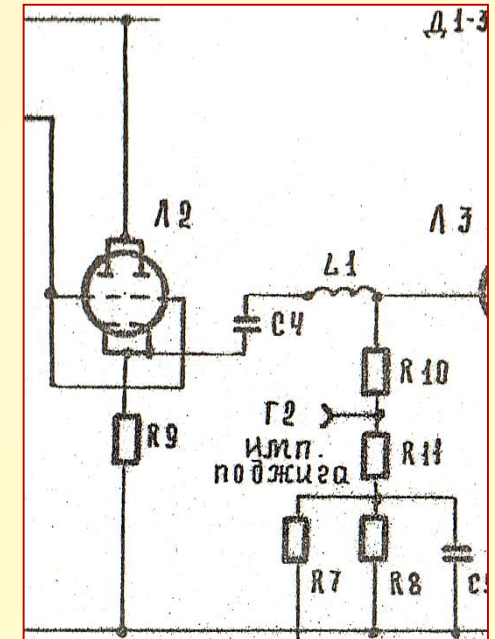
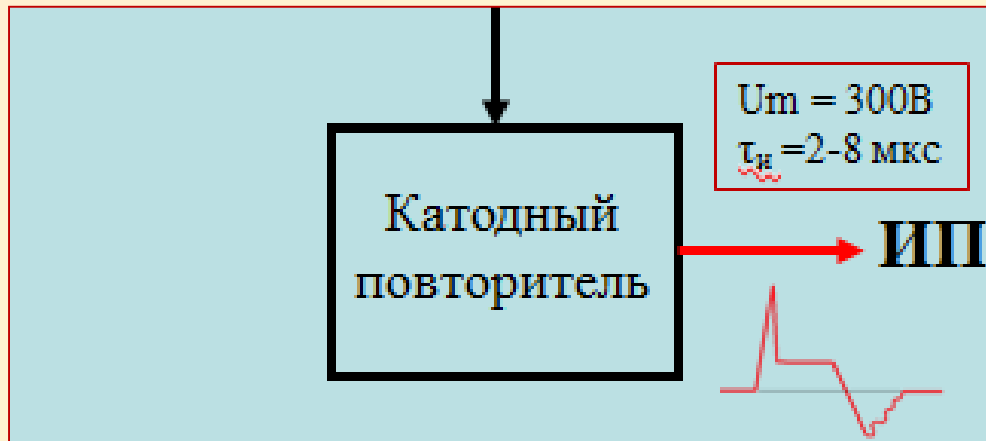



**Усилитель** (лев. половина лампы  $\Lambda 1$ ) - служит для увеличения амплитуды запускающих импульсов и запуска блокинг-генератора.



**Блокинг-генератор** (прав. половина  $\Lambda 1$ ) – служит для выработки прямоугольного импульса амплитудой 400В, длительностью 2–8 мкс (крутизной переднего фронта более 600 В/мкс).

# Элементы генератора поджига

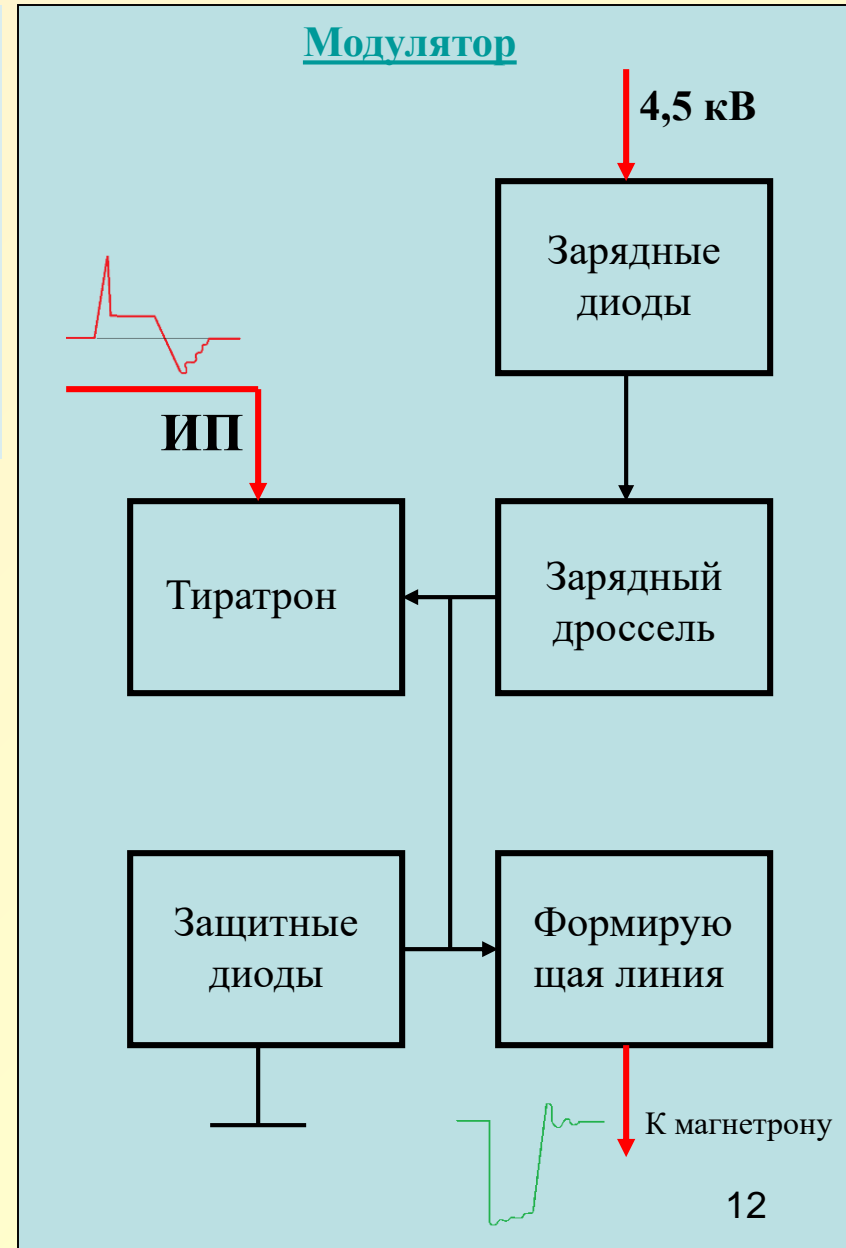
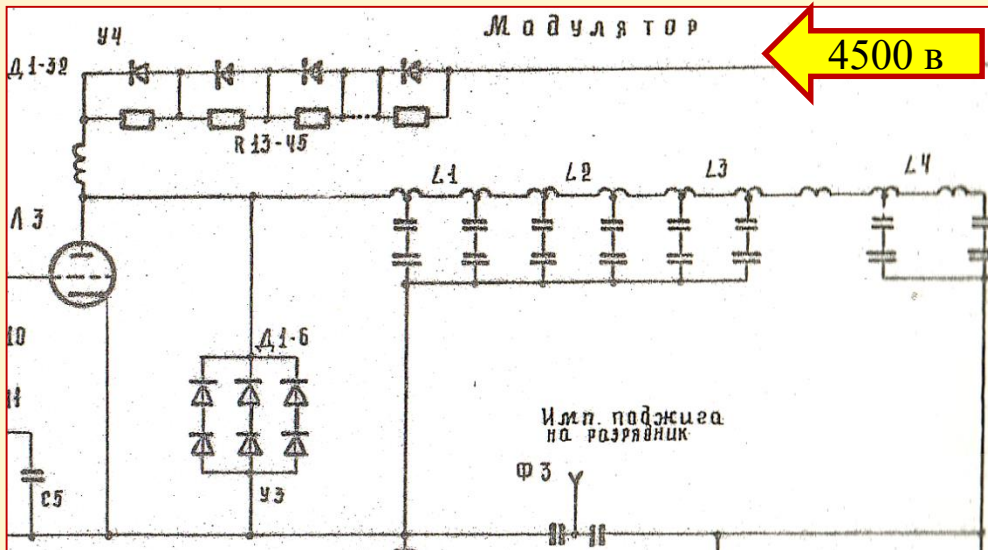


**Катодный повторитель** (Л2) служит для согласования выходной цепи генератора поджига со входом тиратрона. 

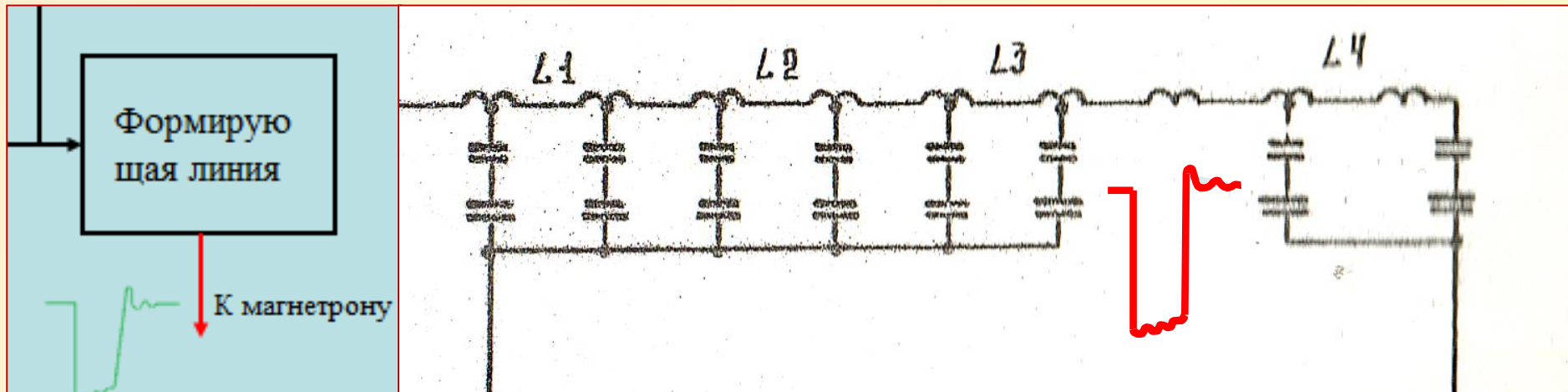
# Модулятор

## Модулятор -

служит для преобразования энергии высоковольтного источника постоянного тока в энергию импульса с амплитудой 13,5 – 15,5 к.В, необходимой для возбуждения магнетрона.



# Элементы модулятора



**Формирующая линия** обеспечивает формирование на катоде магнетрона отрицательных прямоугольных импульсов большой амплитуды. Является основным элементом модулятора.

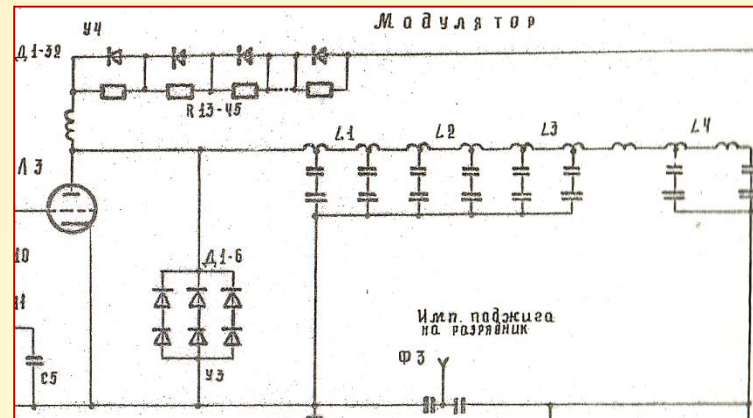


**Тиратрон\*** служит для образования цепи разряда формирующей линии при поступлении **ИП** на управляющую сетку.

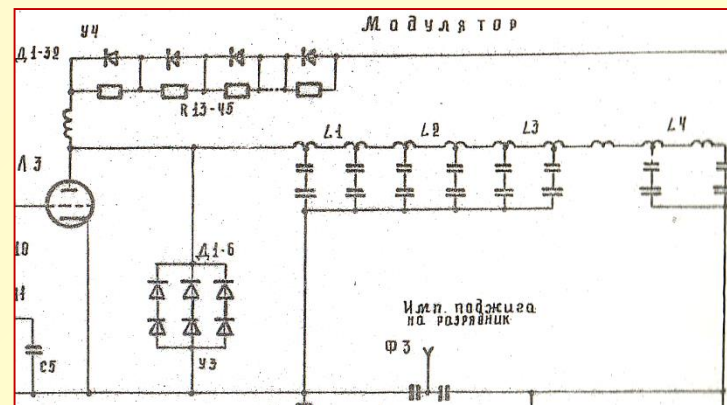
<https://www.youtube.com/watch?v=jg---TJROLM>



# Элементы модулятора

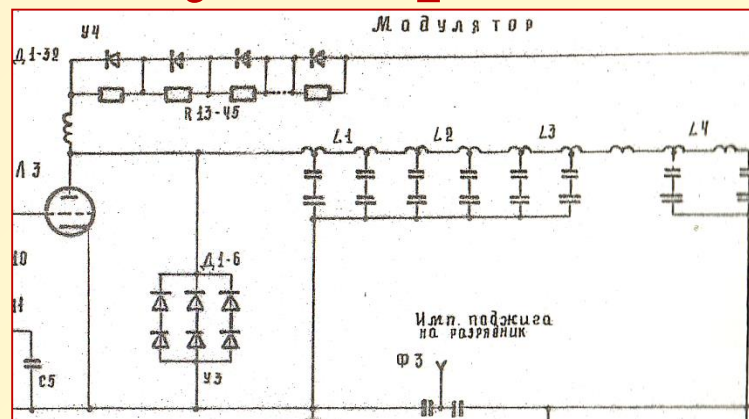
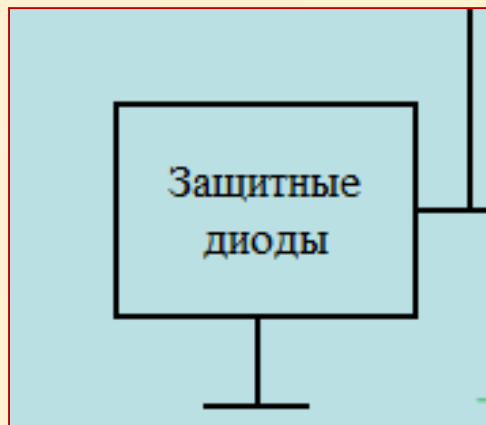


**Зарядные диоды** - служат для предотвращения разряда конденсаторов формирующей линии (**ФЛ**) через высоковольтный выпрямитель до прихода запускающего импульса (**ИЗ**).



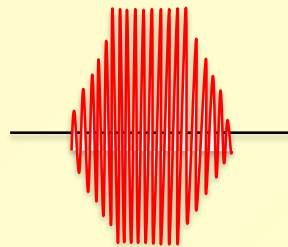
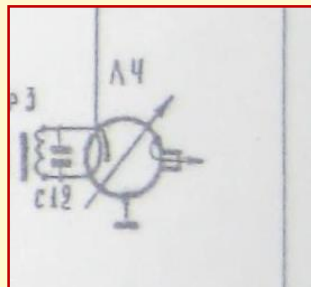
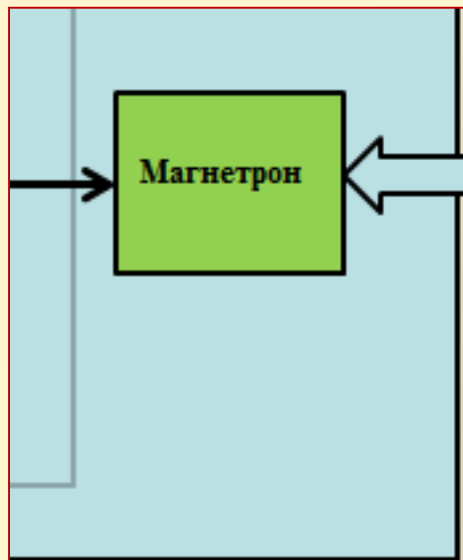
**Зарядный дроссель** обеспечивает заряд формирующей линии (**ФЛ**) до удвоенного значения напряжения высоковольтного выпрямителя.

# Элементы модулятора



**Защитные диоды** – служат для защиты формирующей линии (**ФЛ**) от перенапряжения в случае выхода из строя магнетрона.

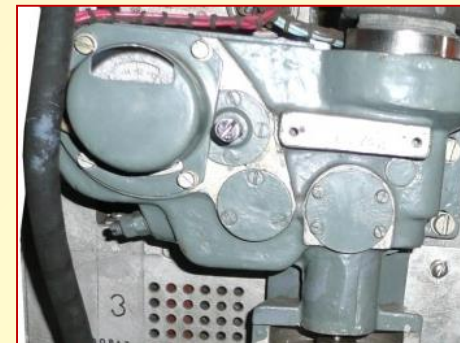
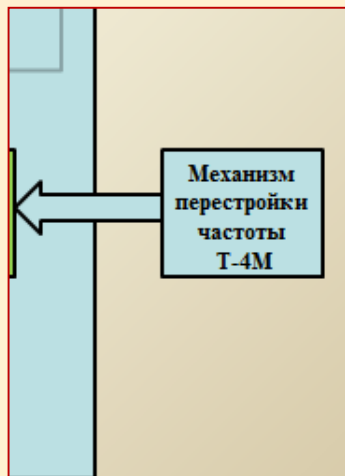
## 2. Магнетронный генератор



**Магнетронный генератор** – для генерирования СВЧ колебаний.

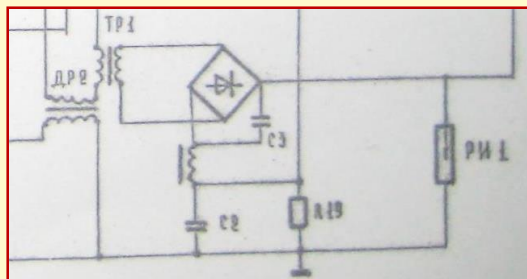
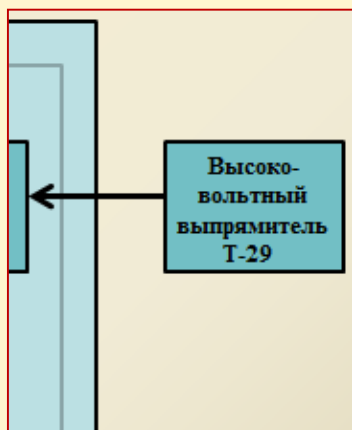
<https://www.youtube.com/watch?v=IQgJ5ds7rME>

### 3. Механизм перестройки



**Механизм перестройки** - для ручной перестройки и автоматической подстройки рабочей частоты магнетрона.

### 4. Высоковольтный выпрямитель

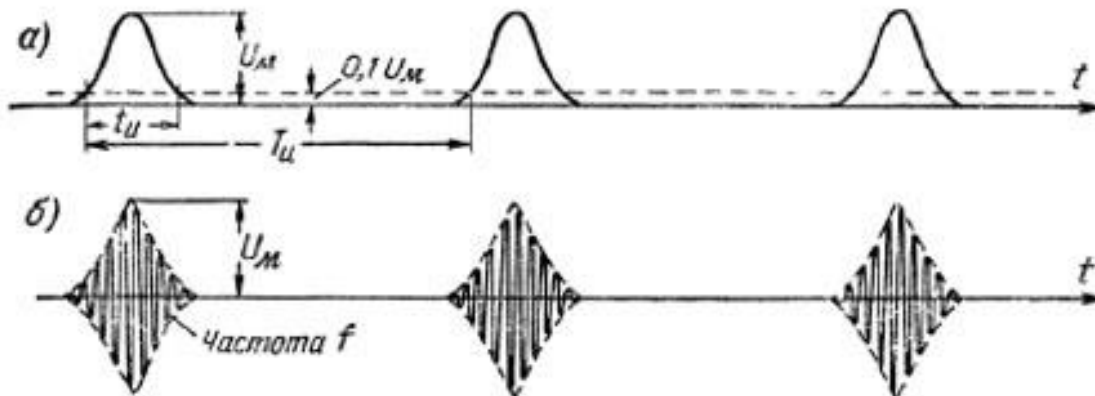


**Высоковольтный выпрямитель** - для выработки напряжения постоянного тока 4,5 кВ предназначенного для заряда **ФЛ**.

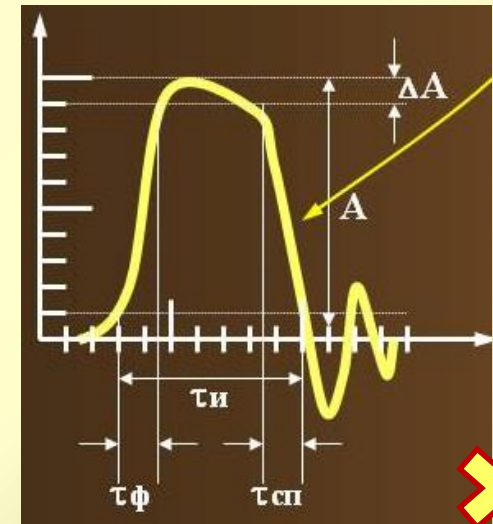


# Технические характеристики ПРДС

№	Наименование характеристики	Номинальные значения
1	Мощность импульсов, $P_{и}$	90-120 кВт
2	Несущая частота, $f_{нес}$	15 ГГц
3	Частота повторения импульсов: - в штатном режиме - в режиме «Вобуляция»	4750 Гц 4750-3650 Гц
4	Длительность импульсов, $\tau_{и}$	0.2 мкс



Фиг. 2. Периодические видеоимпульсы и радиоимпульсы.  
а — видеоимпульсы; б — радиоимпульсы.



# Вопрос 2

# Работа передающей системы по функциональной схеме

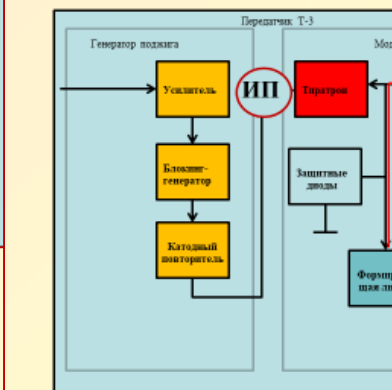
## Принцип работы ПРДС

1. До прихода **импульса запуска (ИЗ)** из блока дальности Т-21 М1, **усилитель** и **блокинг-генератор** закрыты отрицательными напряжениями смещения (-50 и -40 В).



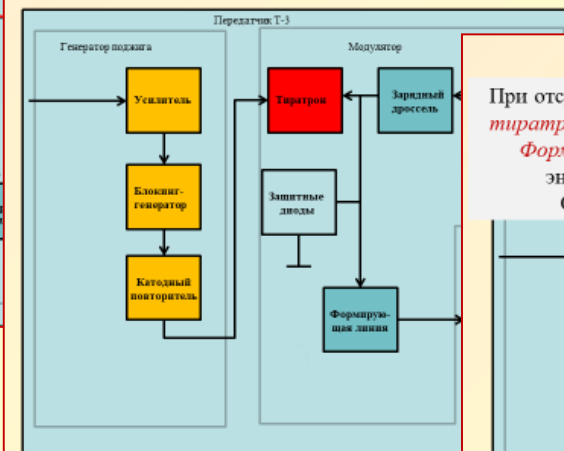
## Импульс поджига (ИП)

на управляющей сетке **тиратрона** отсутствует и последний закрыт. В промежутках между **(ИП)** происходит заряд **формирующей линии** от высоковольтного выпрямителя.



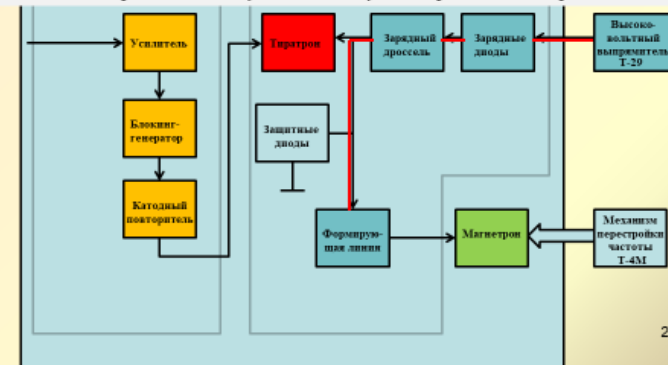
## СВЧ импульс

большой мощности от **магнетрона**, по волноводному тракту поступает в **антенну** и далее излучается в пространство.

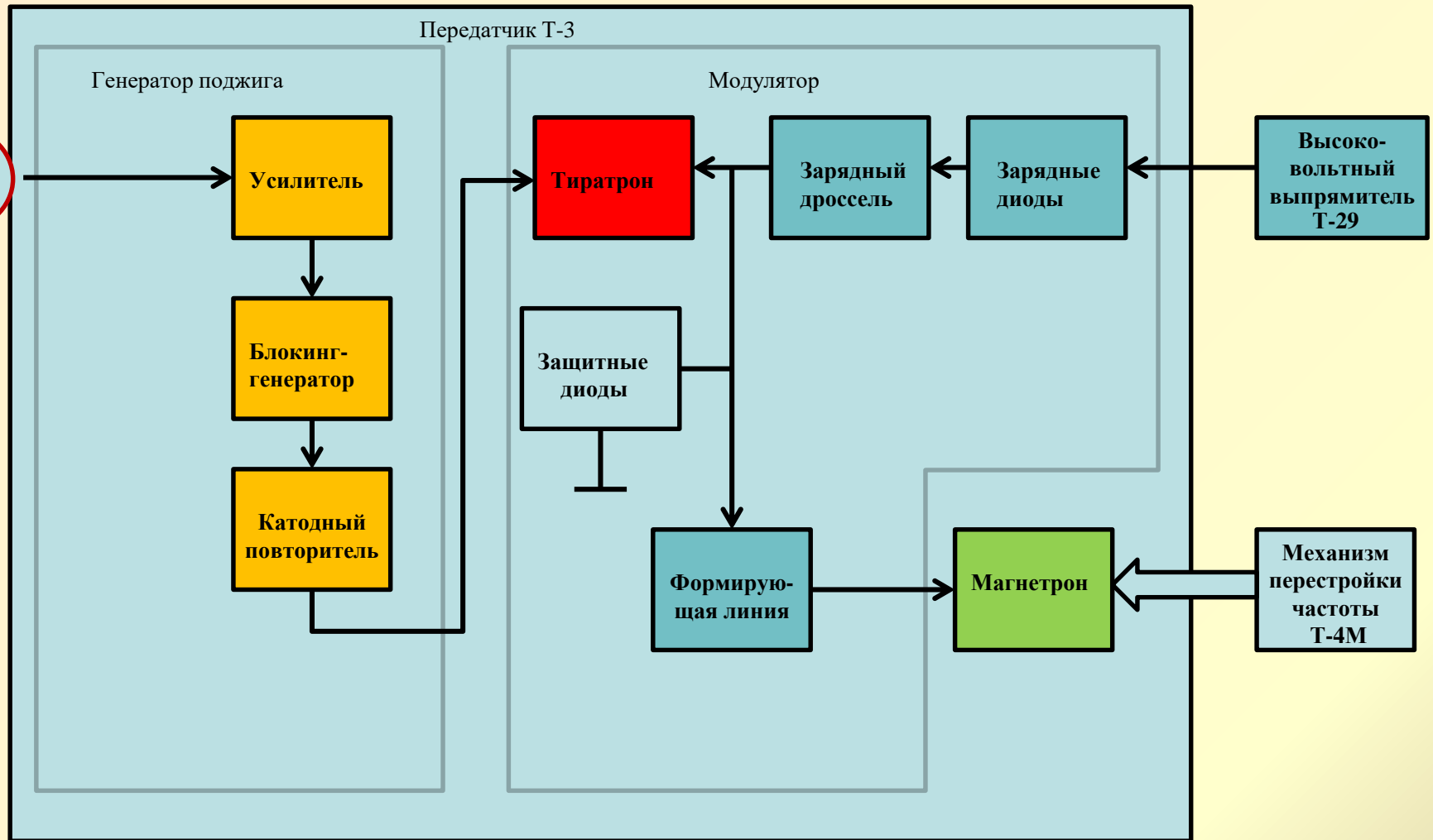


## Принцип работы ПРДС

При отсутствии **ИЗ** блокинг-генератор прекращает формирование **ИП**, **тиратрон** закрывается и **магнетрон** прекращает ген-е СВЧ колебаний. **Формирующая линия** начинает снова накапливать электрическую энергию, поступающую от высоковольтного выпрямителя. С приходом следующего импульса процесс повторяется.



# Принцип работы ПРДС



1. До прихода **импульса запуска (ИЗ)** из блока дальности Т-21 М1, **усилитель** и **блокинг-генератор** закрыты отрицательными напряжениями смещения (-50 и -40 В). <sup>19</sup>

# Принцип работы ПРДС



*Импульс поджига (ИИ)* на управляющей сетке *тиратрона* отсутствует и последний закрыт.

В промежутках между **ИИ** происходит заряд *формирующей линии* от высоковольтного выпрямителя.

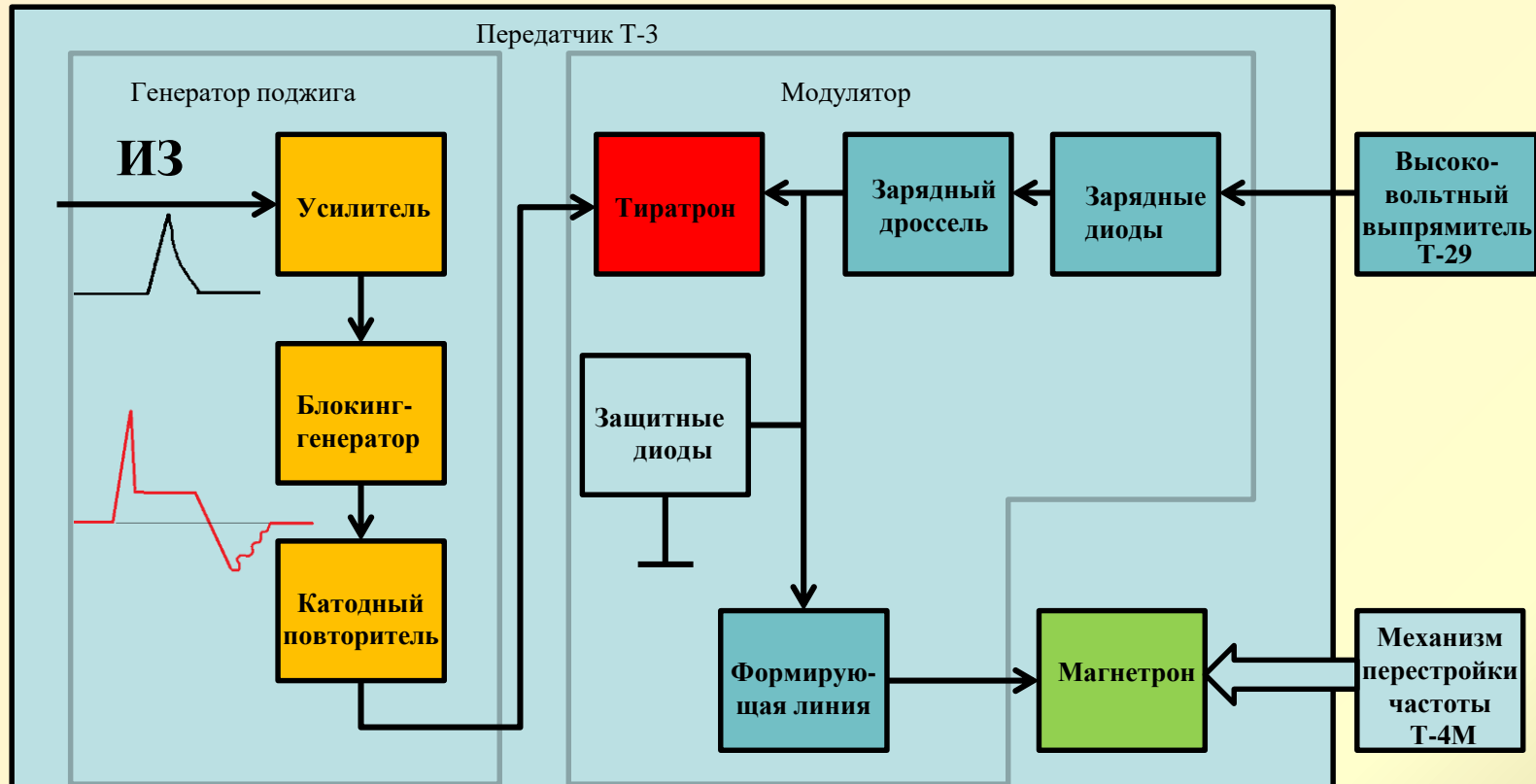
# Принцип работы ПРДС



В модуляторе применяется резонансный\* заряд линии (**ФЛ**).  
Суммарная емкость **ФЛ** и индуктивность зарядного дросселя  
составляют последовательный резонансный контур.

# Принцип работы ПРДС

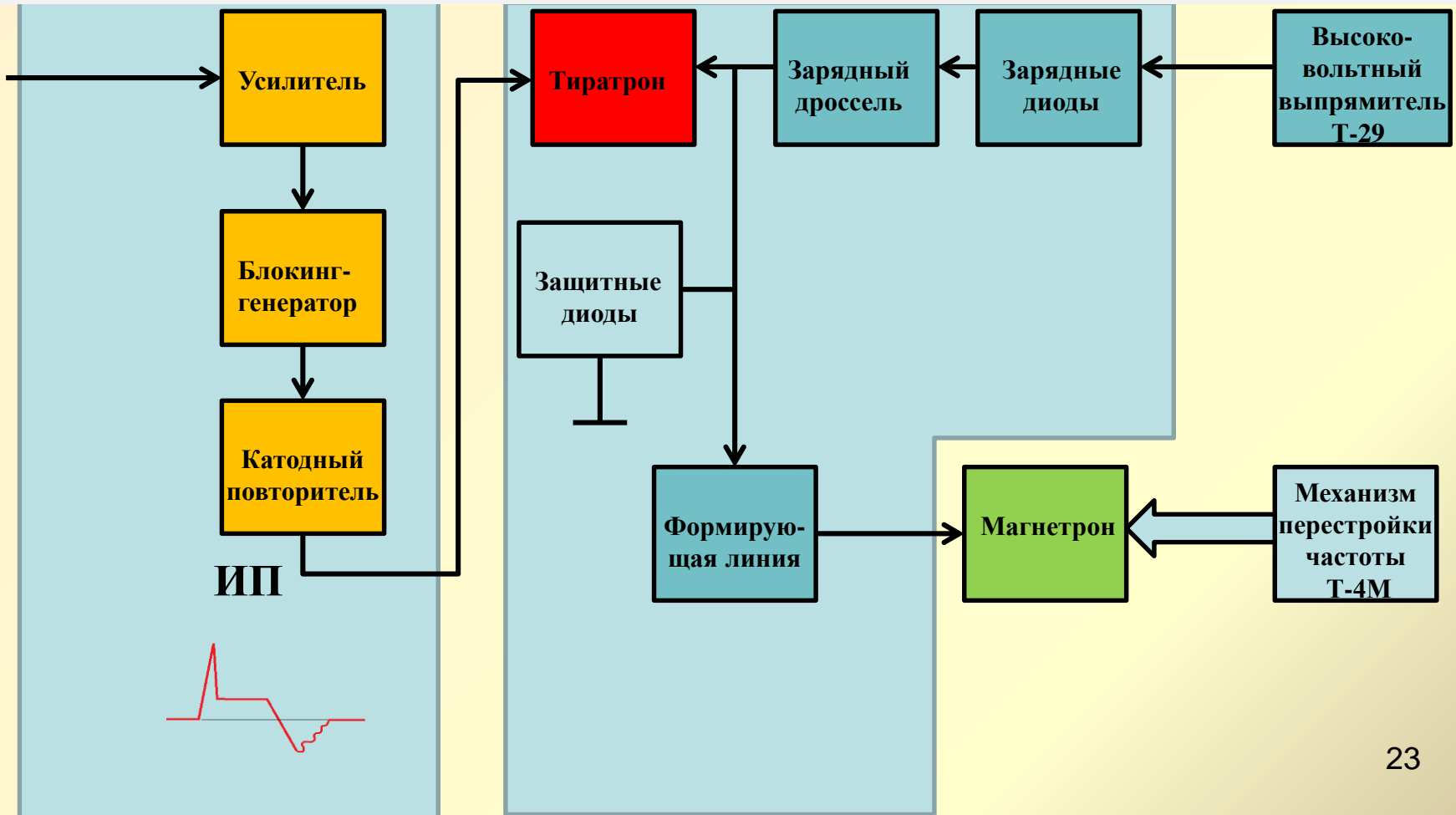
*Импульс запуска, ИЗ* ( $A=90В$ ,  $\tau_{и} \leq 1,5$  мкс) поступает из блока дальности Т-21, открывает левую половину лампы Л1 (*усилитель*).



Усиленный по амплитуде **ИЗ** запускает **блокинг-генератор (БГ)**, (прав половина лампы Л1). **БГ** вырабатывает импульс  $A=400В$ ,  $\tau_{и}=2-8$  мкс.

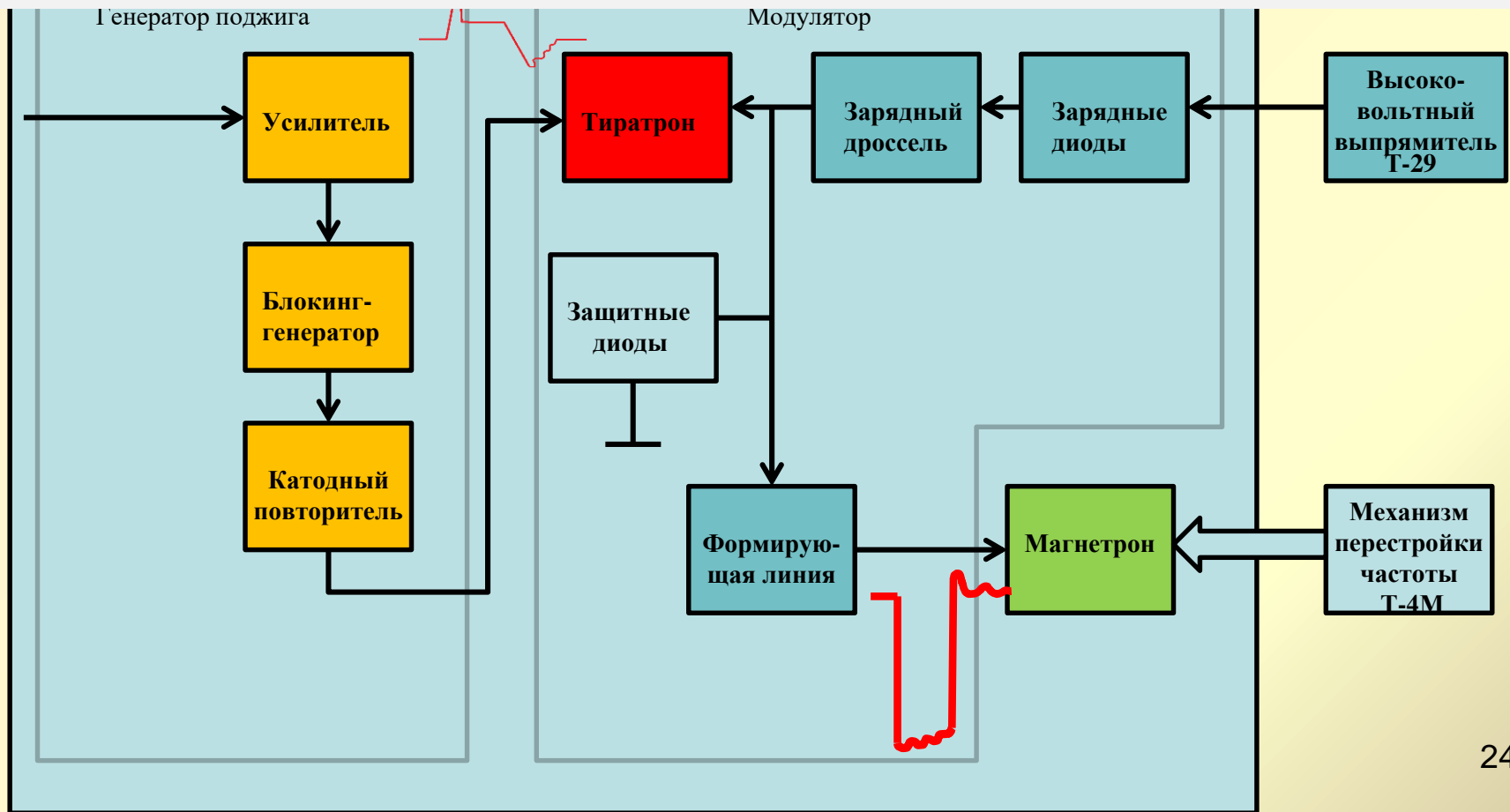
# Принцип работы ПРДС

*Импульс с БГ* поступает на *катодный повторитель* (Л2), который согласовывает выход *БГ* со входом *тиратрона*. С *катодного повторителя* импульс  $A=300$  В и  $\tau_{и}=2-8$  мкс поступает на управляющую сетку *тиратрона* (Л3).



# Принцип работы ПРДС

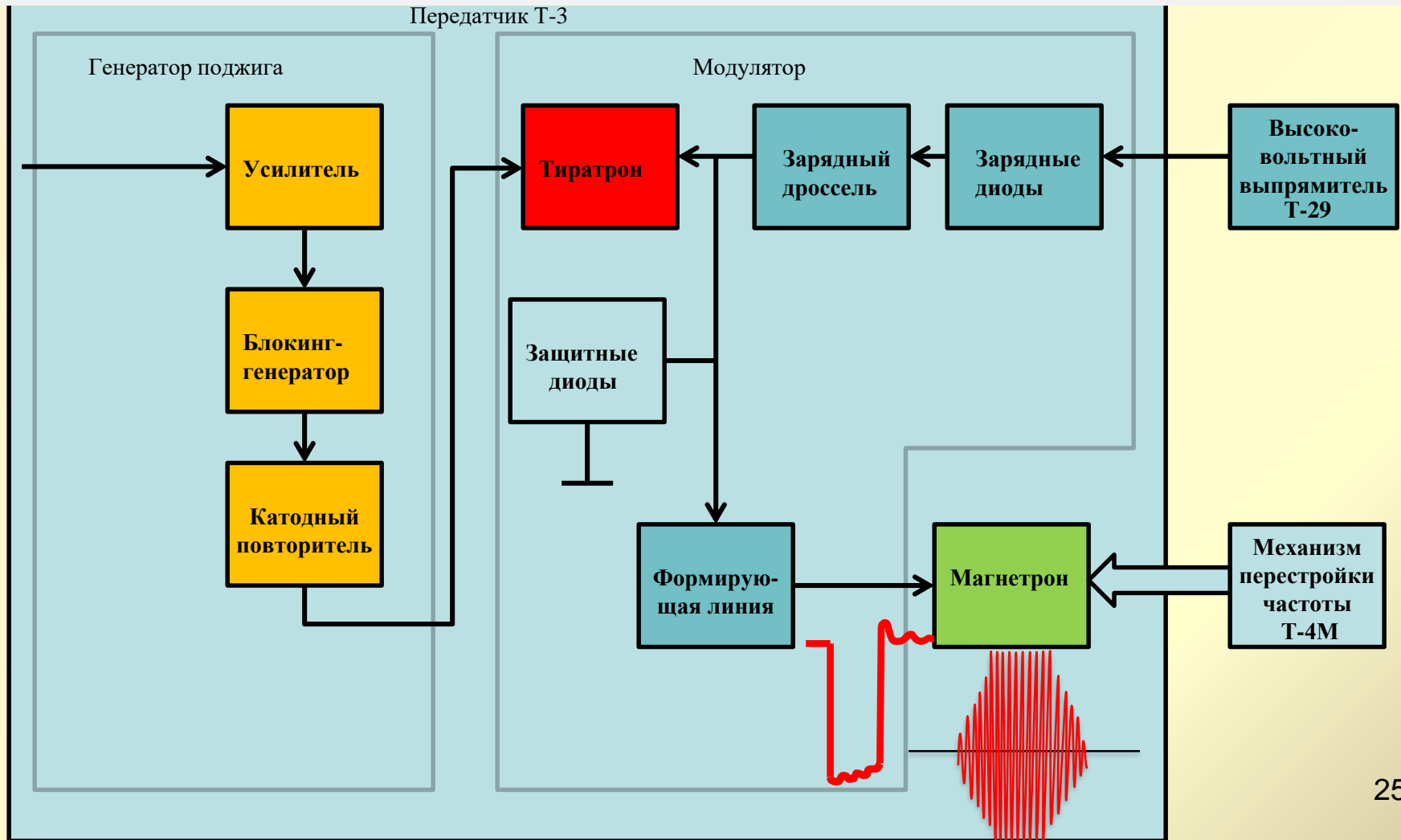
При поступлении **ИП** на сетку *тиратрона* происходит пробой, при этом создаётся цепь разряда **ФЛ**. *Формирующая линия* разряжается через *тиратрон*, на катоде *магнетрона* формируются прямоугольные отрицательные импульсы большой амплитуды.





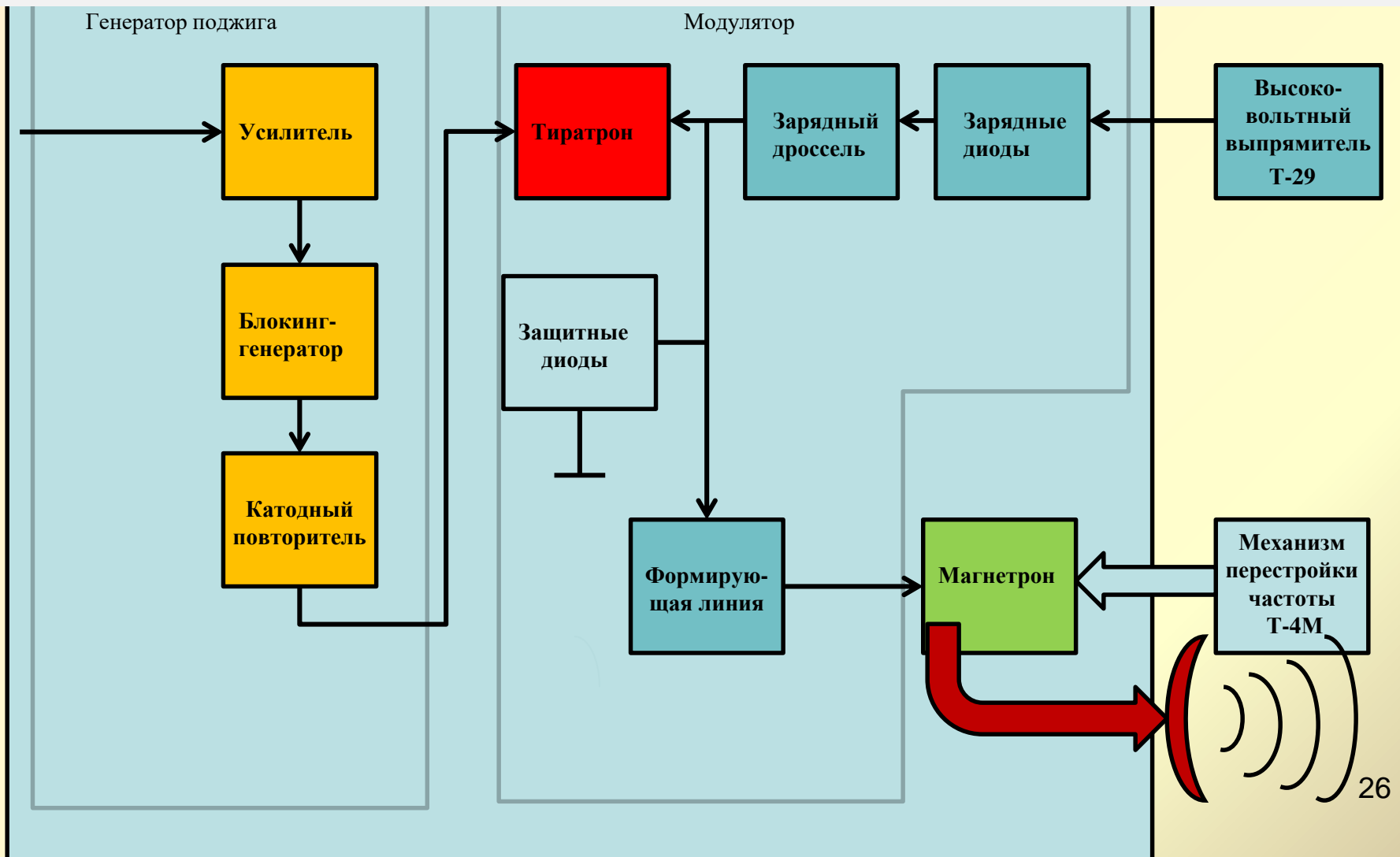
# Принцип работы ПРДС

*Импульсное напряжение* приложенное к *магнетрону*, возбуждает СВЧ колебания. (*Магнетрон* может генерировать колебания на двух фиксированных рабочих частотах).



# Принцип работы ПРДС

*СВЧ импульс* большой мощности от *магнетрона*, по волноводному тракту поступает в *антенну* и далее излучается в пространство.

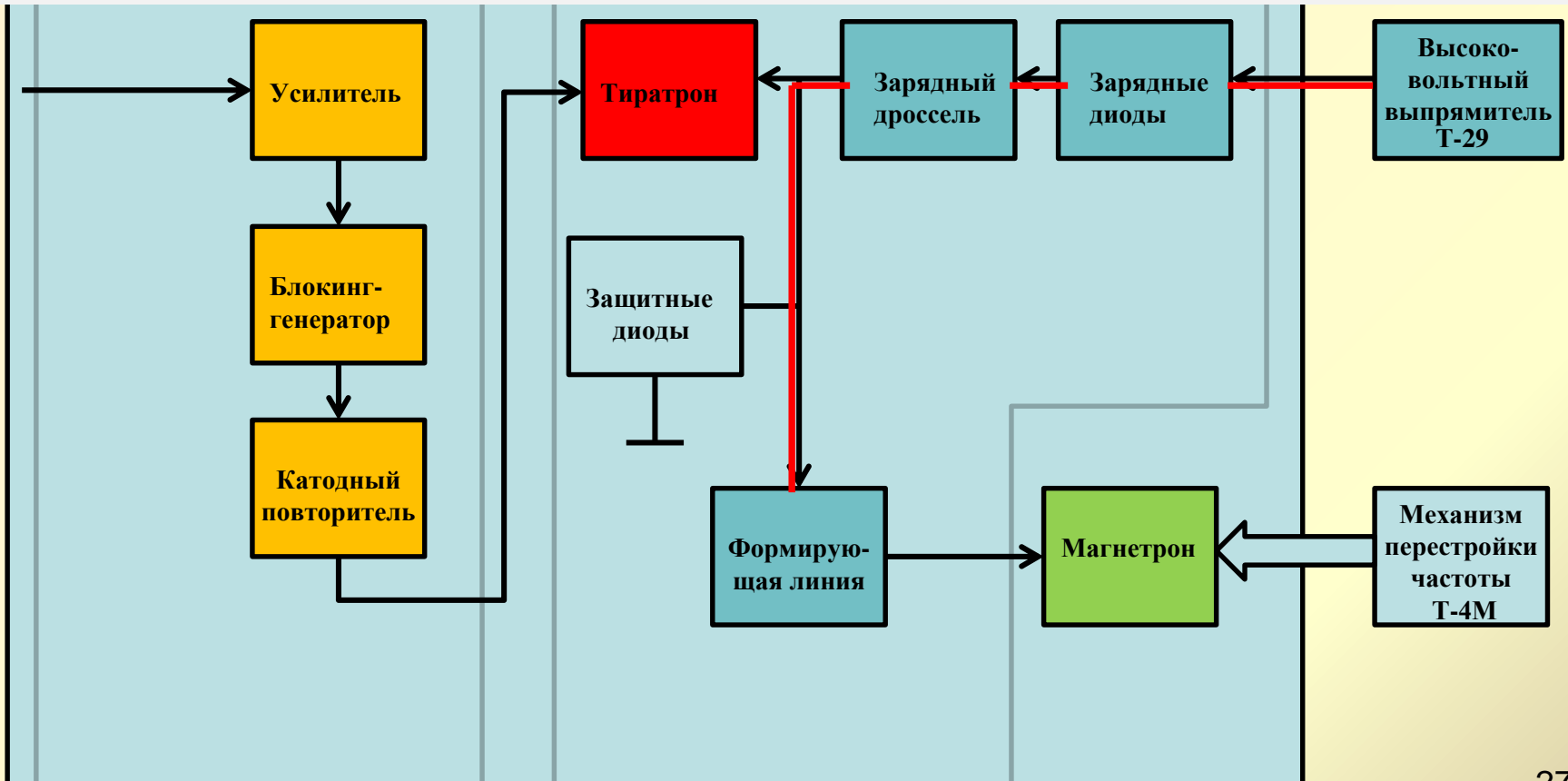


# Принцип работы ПРДС

При отсутствии **ИЗ** блокинг-генератор прекращает формирование **ИП**, *тиратрон* закрывается и *магнетрон* прекращает ген-е СВЧ колебаний.

*Формирующая линия* начинает снова накапливать электрическую энергию, поступающую от высоковольтного выпрямителя.

С приходом следующего импульса процесс повторяется.



# Вопрос 3

# Конструктивное оформление передающей системы

## Органы управления, контроля, регулировок и защиты



- Миллиамперметр ИИ137-1 «ТОК ГЕНЕРАТОРА-ТОК ВЫПРЯМИТЕЛЯ» → для измерения тока высоковольтного выпрямителя
- Тумблер В37-14 «ТОК ГЕНЕРАТОРА-ТОК ВЫПРЯМИТЕЛЯ» → для подключения измерений токов
- Потенциометр R37-18 «РЕГУЛИРОВКА ТОКА ГЕНЕРАТОРА» → для регулировки или высоковольтного выпрямителя

## Блок Передатчика Т-3М



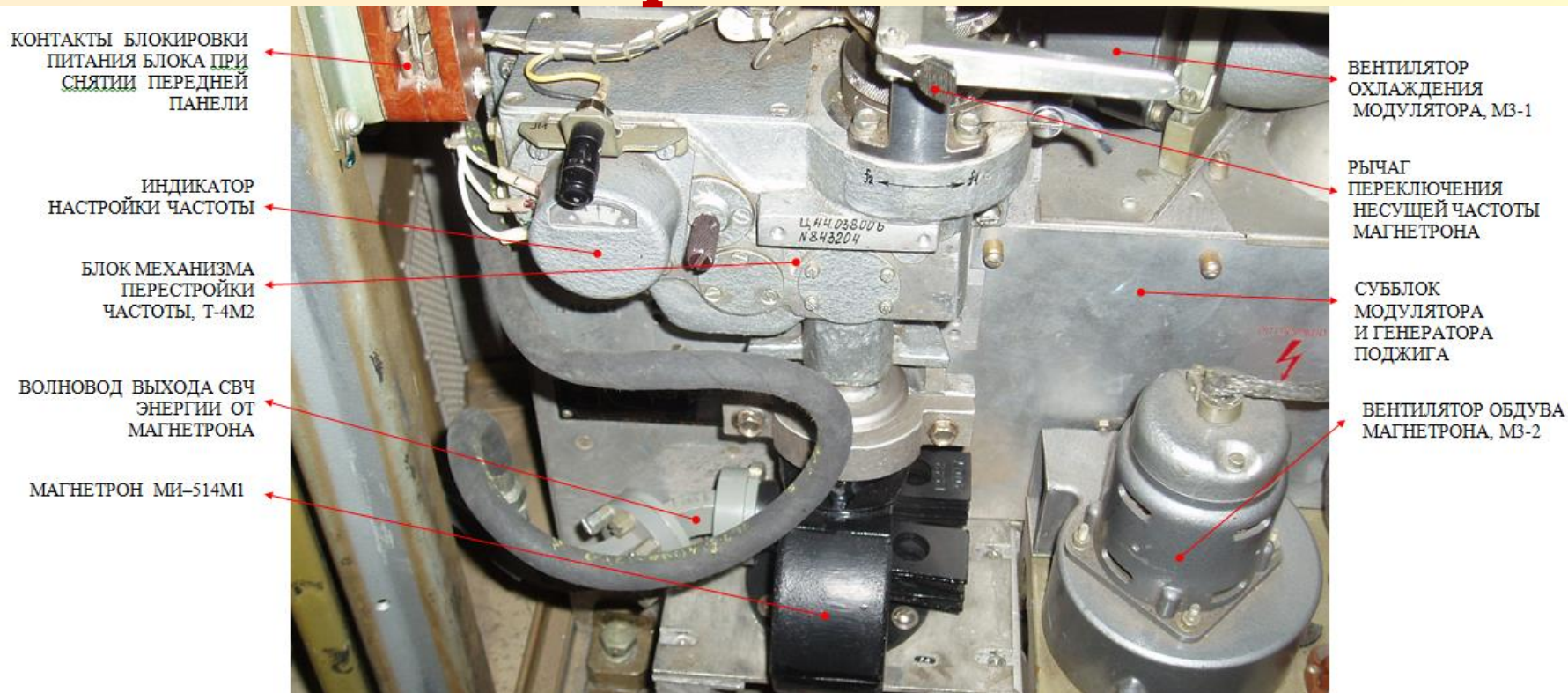
Блок передатчика собран на литом каркасе. На шасси блока расположены: лампы, блокинг-генератор, зарядные формирующая линия и зарядный дроссель. В нижней части блока расположены: резисторы, конденсаторы, реле. На выступе передней стенки шасси - магнетрон и механизм перестройки частоты. На внутренней стороне передней стенки - защитные диоды. На верхней крышке блока - вентилятор охлаждения модулятора. На откидном кронштейне - вентилятор охлаждения магнетрона.

## Органы управления, контроля, регулировок и защиты



- Кнопки: «Высокое напряжение ВКЛ. ВЫКЛ.» → - для включения и выключения высоковольтного выпрямителя

# Блок Передатчика Т-3М



Блок передатчика собран на литом каркасе.

На шасси блока расположены: лампы, блокинг-генератор, зарядные диоды, формирующая линия и зарядный дроссель.

В нижней части блока расположены: резисторы, конденсаторы, реле.

На выступе передней стенки шасси - магнетрон и механизм перестройки.

На внутренней стороне передней стенки - защитные диоды.

На верхней крышке блока - вентилятор охлаждения модулятора.

На откидном кронштейне - вентилятор охлаждения магнетрона.

# Органы управления, контроля, регулировок и защиты



Миллиамперметр ИП37-1 «ТОК ГЕНЕРАТОРА–ТОК ВЫПРЯМИТЕЛЯ»

→ для измерения тока генератора (магнетрона) или высоковольтного выпрямителя

Тумблер В37-14 «ТОК ГЕНЕРАТОРА–ТОК ВЫПРЯМИТЕЛЯ»

→ для подключения прибора ИП37-1 при измерении токов генератора или выпрямителя

Потенциометр R37-18 «РЕГУЛИРОВКА ТОКА ГЕНЕРАТОРА»

→ для регулировки тока генератора (магнетрона) или высоковольтного выпрямителя

# Органы управления, контроля, регулировок и защиты



Кнопки: «Высокое напряжение  
ВКЛ. ВЫКЛ.»

- для включения и выключения  
высоковольтного выпрямителя



# Задание на самоподготовку:

## Изучить:

- материал занятия по конспекту, презентации и указанной литературе.

## Вопросы занятия:

1. Назначение, состав и размещение передающей системы.
2. Работа передающей системы по функциональной схеме.
3. Конструктивное оформление передающей системы.



- Литература:**
1. Учебное пособие «Устройство РЛС» стр.14-17
  2. Альбом рисунков «ЗСУ-23-4М. Часть 3. 1РЛЗЗМЗ», стр.12-14

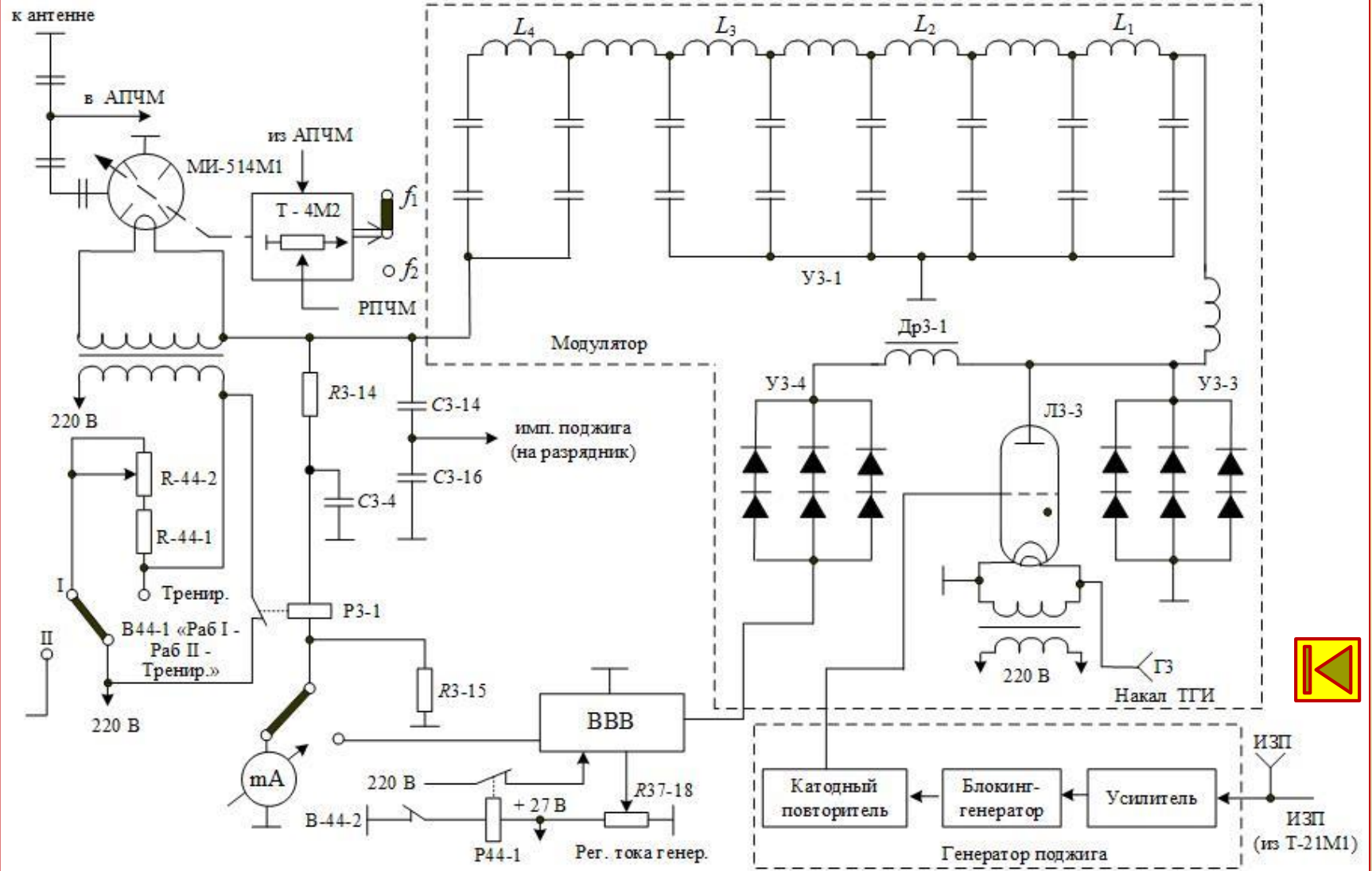
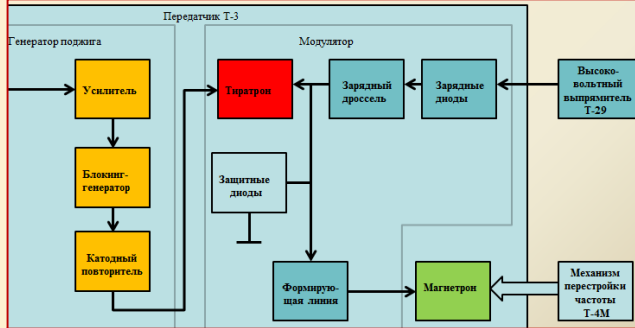




# Дополнительные материалы

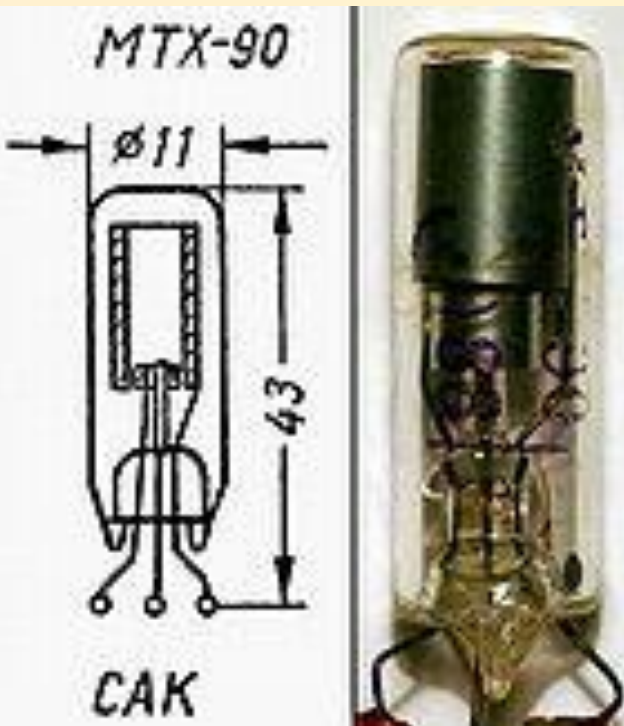
№	Название	Ссылка	
1	Магнетрон	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=IQgJ5ds7rME">https://www.youtube.com/watch?v=IQgJ5ds7rME</a>	
2	Магнетрон: как он работает?	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=KYH53RI5RtI">https://www.youtube.com/watch?v=KYH53RI5RtI</a>	
3	Древнеримский магнетрон	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=cNygpjZPYMg">https://www.youtube.com/watch?v=cNygpjZPYMg</a>	
4	Тиратрон с накаливаемым катодом	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=LucISq292us">https://www.youtube.com/watch?v=LucISq292us</a>	
5	Тиратрон с холодным катодом	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=jg---TJROLM">https://www.youtube.com/watch?v=jg---TJROLM</a>	
6	Ионные приборы 1966	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=rRHJKAztKNk">https://www.youtube.com/watch?v=rRHJKAztKNk</a>	

# Передающая система



# Тиратрон\*

Тиратрон — ионный (газоразрядный) прибор для управления электрическим током с помощью напряжений, поданных на его электроды.



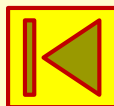
**Тиратрон** - представляет собой герметичный баллон, наполненный инертными газами (водород или пары ртути), в котором помещены три электрода.

Электроды тиратрона:

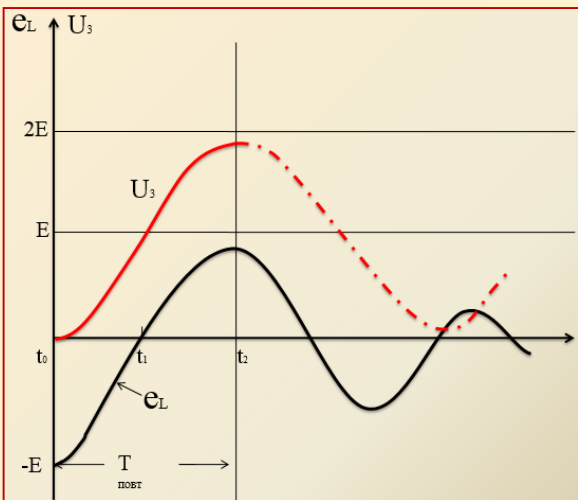
- анод,
- катод,
- управляющая сетка.

Сетка расположена в баллоне между анодом и катодом, используется для зажигания газового разряда в пространстве между А и К.

Пространство между анодом и катодом служит для удержания ионизированного газа, проводящего электрический ток.



# Резонансный заряд линии\*



В паузах между ИЗ передатчика тиратрон и лампы генератора поджига закрыты и происходит заряд емкостей формирующей линии от высоковольтного выпрямителя через зарядные диоды и зарядный дроссель.

**Суммарная емкость** линии и **индуктивность** зарядного дросселя составляют последовательный колебательный контур. Поэтому при подключении зарядной цепи к высоковольтному выпрямителю в линии возникают затухающие колебания на собственной резонансной частоте.

В первый полупериод **амплитуда** этих колебаний достигает почти удвоенного напряжения источника питания (высоковольтного выпрямителя). Поэтому на линии к моменту  $t_1$  устанавливается напряжение приблизительно 9 кВ.

Суммарная емкость линии и индуктивность зарядного дросселя ДрЗ-1 выбраны так, что время  $t_1$  равно наименьшему значению периода повторения ИЗП.

Зарядные диоды предотвращают разряд линии через высоковольтный выпрямитель и сохраняют напряжение на линии постоянным и равным  $2E_B$ .



# ЗАНЯТИЕ №3. Передающая система РЛС.

Воинский учебный центр  
при Тюменском государственном  
университете

Имя  
Фамилия

Адрес  
Индекс

АУРС ПАВЛОВ  
Адрес: г.Тюмень, 2-й проезд  
Ленинградский, 2. Контакт:  
номер телефона: 662-10-44.

Дисциплина  
«Устройства и эксплуатация  
ЗСУ-23-4МЗ»

Тема №3  
Устройство РЛС-2М

Занятие №3  
Передающая система РЛС

**Цели занятия:**  
Изучить:

- назначение, состав и размещение передающей системы;
- работу передающей системы по функциональной схеме;
- конструктивные особенности передающей системы.

**ВИД ЗАНЯТИЯ: – групповое.**

**Актуальность занятия:**  
Обусловлено:

- необходимостью знания глубины и твердости знаний, назначения, состава размещения передающей системы;
- о работе передающей системы по функциональной схеме;
- о конструктивных особенностях передающей системы.

**Вопросы занятия:**

1. Назначение, состав и размещение передающей системы.
2. Работа передающей системы по функциональной схеме.
3. Конструктивное оформление передающей системы.

**Литература:**

1. Учебник лекции «Устройство РЛС», стр.14-17.
2. Анализ программы ЗСУ-23-4М, Часть 3, ЗУСЗЗСЗ, стр.10-14.

**Вопрос 1** Назначение, состав и размещение передающей системы

**Передающая система РЛС**  
- для формирования СВ излучения в радиолокационной цепи.

**Состав:**

1. Генератор СВ
2. Магнетрон СВ
3. Магнетрон СВ РЛС
4. Приемный радиометр СВ СВЧ

1 ★

2 ★

3 ★

4 ★

5 ★

6 ★

7 ★

**Размещение передающей системы**

**1. Передающие элементы модулятора**

**Элементы генератора поджига**

**Элементы генератора поджига**

**Модулятор**

**Элементы модулятора**

**Элементы модулятора**

8 ★

9 ★

10 ★

11 ★

12 ★

13 ★

14 ★

**Элементы модулятора**

**3. Механизм переключения**

**Технические характеристики РЛС**

Назначение	Высокочастотная радиолокация
Средства обнаружения	ДРЛС
Средства измерения дальности	ДРЛС
Средства измерения скорости	ДРЛС
Средства измерения азимута	ДРЛС
Средства измерения угла наклона	ДРЛС
Средства измерения высоты	ДРЛС
Средства измерения температуры	ДРЛС
Средства измерения влажности	ДРЛС
Средства измерения давления	ДРЛС
Средства измерения скорости ветра	ДРЛС
Средства измерения температуры воздуха	ДРЛС
Средства измерения температуры воды	ДРЛС
Средства измерения температуры почвы	ДРЛС
Средства измерения температуры снега	ДРЛС
Средства измерения температуры льда	ДРЛС

**Вопрос 2** Работа передающей системы по функциональной схеме

**Принцип работы РЛС**

**Принцип работы РЛС**

**Принцип работы РЛС**

15 ★

16 ★

17 ★

18 ★

19 ★

20 ★

21 ★

**Принцип работы РЛС**

**Принцип работы РЛС**

**Принцип работы РЛС**

**Принцип работы РЛС**

**Принцип работы РЛС**

**Принцип работы РЛС**

**Вопрос 3** Конструктивное оформление передающей системы

22 ★

23 ★

24 ★

25 ★

26 ★

27 ★

28 ★

**Вид Передающей РЛС**

**Органы управления, контроля, регулировки и защиты**

**Органы управления, контроля, регулировки и защиты**

**Задача на самоподготовку:**

**Источники:**

- материалы задания по специальности, приложенные к учебной литературе.

**Вопросы занятия:**

1. Назначение, состав и размещение передающей системы.
2. Работа передающей системы по функциональной схеме.
3. Конструктивное оформление передающей системы.

**Тератрон**

**Резонансный заряд лампы**

**ЗАМЕТКА №3. Передающая система РЛС**

29 ★

30 ★

31 ★

32 ★

33 ★

34 ★

35 ★

