

Электроника СВЧ

Лекция 1. Особенности электровакуумных приборов сверхвысоких частот

Частотные диапазоны электромагнитных волн, применяемые в радиотехнике

Наименование частотного диапазона	Границы диапазона	Наименования волнового диапазона	Границы диапазона
Низкие частоты, НЧ	20 – 300 кГц	Километровые, ДВ	10 – 1 км
Средние частоты СЧ	0,3 – 3 МГц	Гектометровые (СВ)	1 – 0,1 км
Высокие частоты, ВЧ	3 – 30 МГц	<u>Декаметровые (КВ)</u>	100 – 10 м
Очень высокие частоты, ОВЧ	30 – 300 <u>МГц</u>	Метровые (УКВ)	10 – 1 м
Ультравысокие частоты, УВЧ	0,3 – 3 ГГц	Дециметровые (УКВ)	1 - 0,1 м
Сверхвысокие частоты, СВЧ	3 – 30 ГГц	Сантиметровые (УКВ)	10 – 1 см
Крайне высокие частоты, КВЧ	30 – 300 ГГц	Миллиметровые (УКВ)	10 – 1 мм
Гипервысокие, ГВЧ	300 – 3000 ГГц	<u>Децимиллиметровые (ОВ)</u>	1 – 0,1 мм



Система «Хризантема»



Пушечно-ракетный комплекс «Панцирь»



Станция радиорелейной связи Р-416

Авиационный комплекс РЭБ



КОНЦЕРН РЭТ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
КАЛУЖСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Вертолет-постановщик помех Ми-17ПГЗ

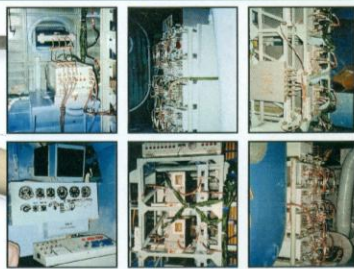
Вертолет - постановщик помех Ми-17ПГЗ предназначен для защиты наземных и воздушных объектов от средств воздушного нападения и ПВО противника путем подавления радиоэлектронных средств противника из зон барражирования вертолета.

Высокий энергетический потенциал активных помех, создаваемых передающими устройствами на основе фазированных антенных решеток, обеспечивает гарантированное подавление РЭС противника во всей зоне ответственности.

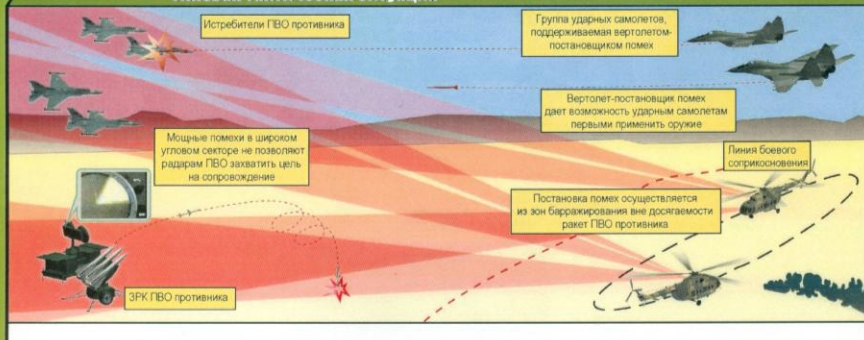
Применение вертолетов постановщиков помех Ми-17ПГЗ для подавления БРЛС атакующих самолетов противника позволяет создать преимущества истребителям ПВО при отражении воздушного нападения и обеспечить защиту объектов инфраструктуры Вооруженных сил и объектов внутри страны.



Аппаратура комплекса РЭБ, размещаемая на вертолете



Типовая тактическая ситуация



КОНЦЕРН РЭТ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
КАЛУЖСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

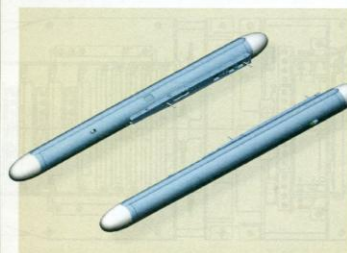
Комплекс радиоэлектронного подавления Л175ВЭ



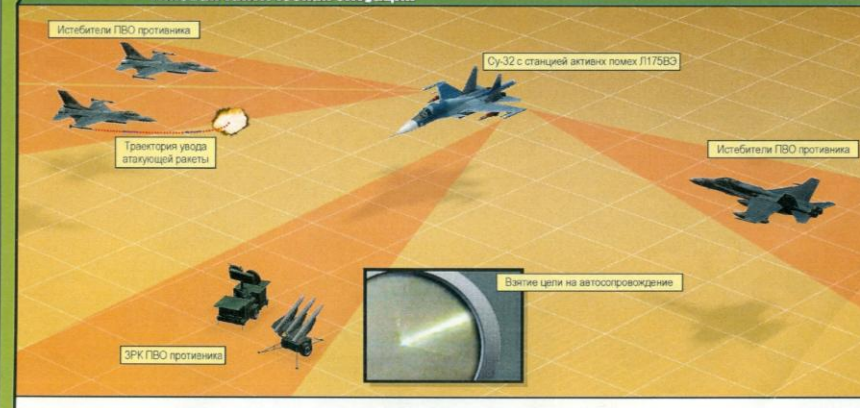
Многofункциональный комплекс радиоэлектронного подавления Л175ВЭ предназначен для защиты новейших ударных самолетов Су-32 от поражения современными и перспективными зенитными и авиационными средствами ПВО противника.

Комплекс Л175ВЭ представляет собой новое поколение техники РЭБ с модульной аппаратно-программной архитектурой построения аппаратуры, имеет многоуровневую мультимикросистемную систему управления с применением цифровых методов обработки радиосигналов.

Внешний вид контейнеров

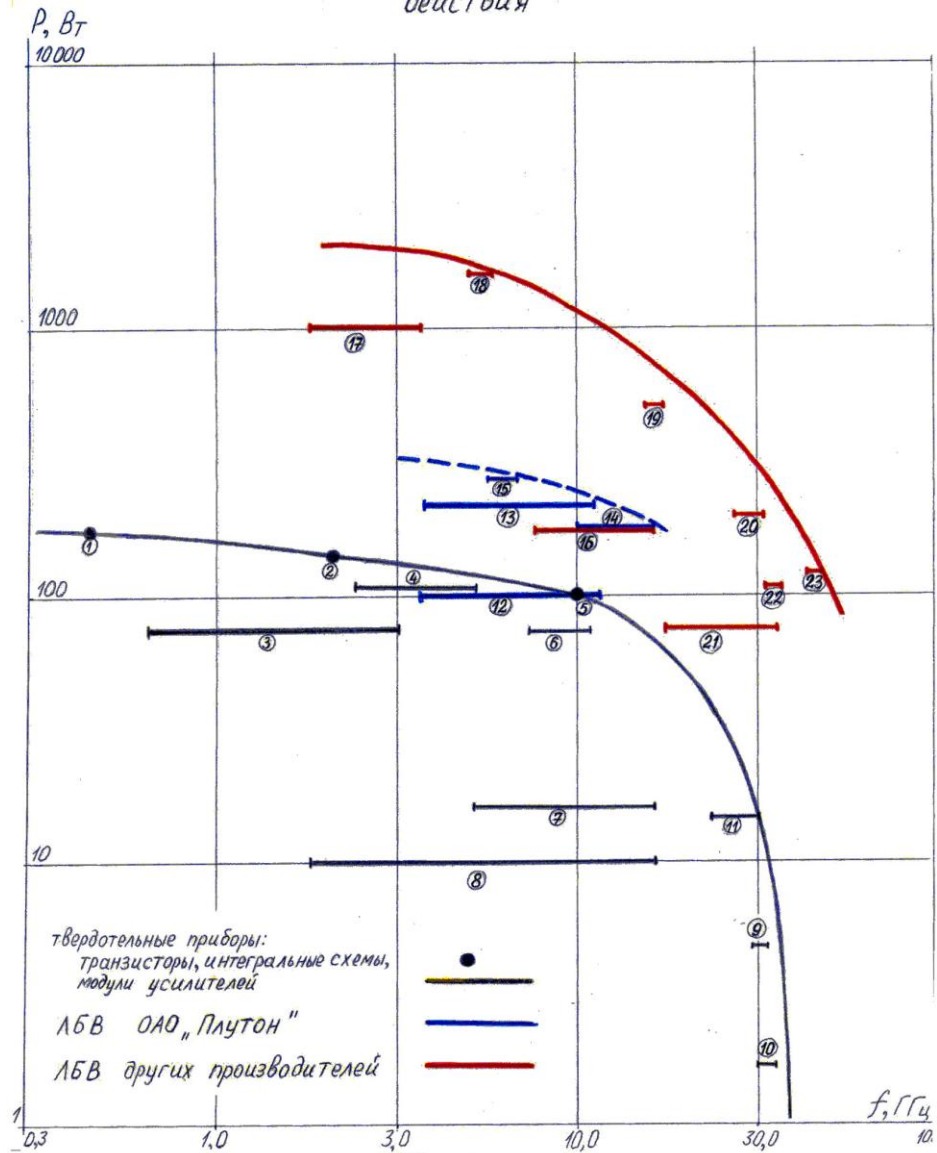


Типовая тактическая ситуация





Область
достигнутых параметров ЛБВ и
твердотельных приборов непрерывного
действия



Назначение отдельных поддиапазонов СВЧ

Обозначение поддиапазона	Название	Частота ГГц	Длина волны	Назначение
Сантиметровые волны, см				
L	Long	1 - 2	15 - 30	Наблюдение и контроль за воздушным пространством
S	Shot	2 - 4	7,5 - 15	Управление воздушным движением, метеорология, морские радары
C	Compromise	4 - 8	3,75 – 7,5	Метеорология, спутниковое вещание
X		8 - 12	2,5 – 3,75	Управление оружием, наведение ракет, морские радары, погода, картографирование среднего разрешения
K _u	Under K	12 - 18	2,5– 1,67	Картографирование высокого разрешения, спутниковая альтиметрия
K	Kurz	18 - 27	1,67 - 1,11	Используется ограничено из-за сильного поглощения водяным паром для обнаружения облаков и в полицейских дорожных радарх
K _a	Above K	27 - 40	1,11 – 0,75	Картографирование, управление воздушным движением на коротких дистанциях, специальные радары, управляющие дорожными фотокамерами
Миллиметровые волны, мм				
V		40 - 75	7>5 - 4	Медицинская аппаратура, применяемая для диагностики и физиотерапии
W		75 - 110	4,0 – 2,7	Сенсоры, высокоточные исследования погодных явлений, ядерная физика

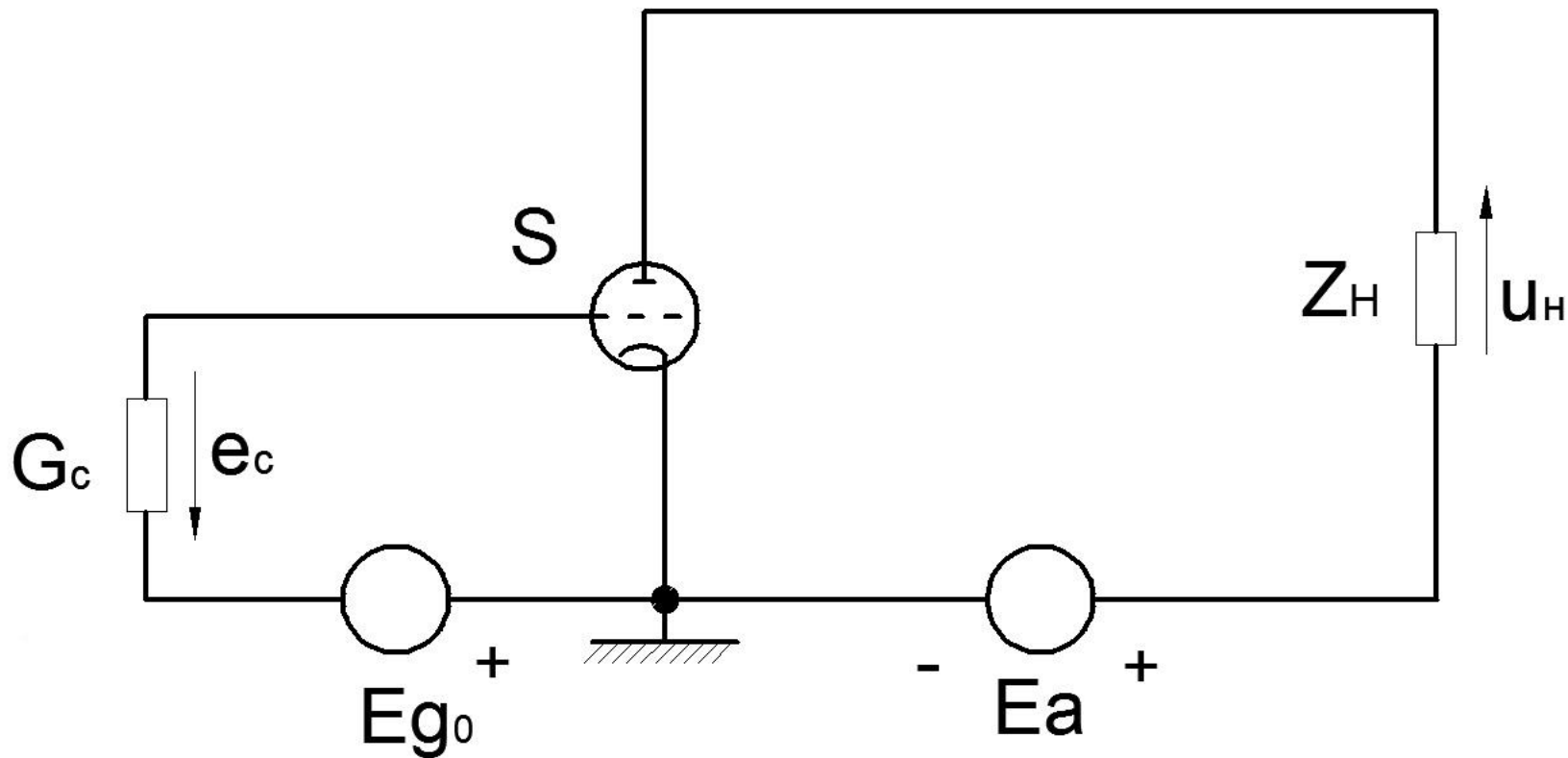


Схема электронного усилителя на триоде

Разность потенциалов между сеткой и катодом $e_g = e_c - E_{g0}$.

Разность потенциалов между анодом и катодом $e_a = E_a - u_H$.

Ток анода $i_a = f(e_g, e_a)$.

Принципиальные условия работы ЭВП

Низкочастотные ЭВП	ЭВП СВЧ
$kD \ll 1$	$kD \sim 1$ ($kD \gg 1$)
$\omega t_{\text{прол}} \ll 1$	$\omega t_{\text{прол}} \sim 1$ ($\omega t_{\text{прол}} \gg 1$)

где $k = \omega/c = 2\pi/\lambda$ – волновое число,

D – характерный размер пространства взаимодействия электронного устройства,

$\omega = 2\pi f$ – круговая частота колебаний,

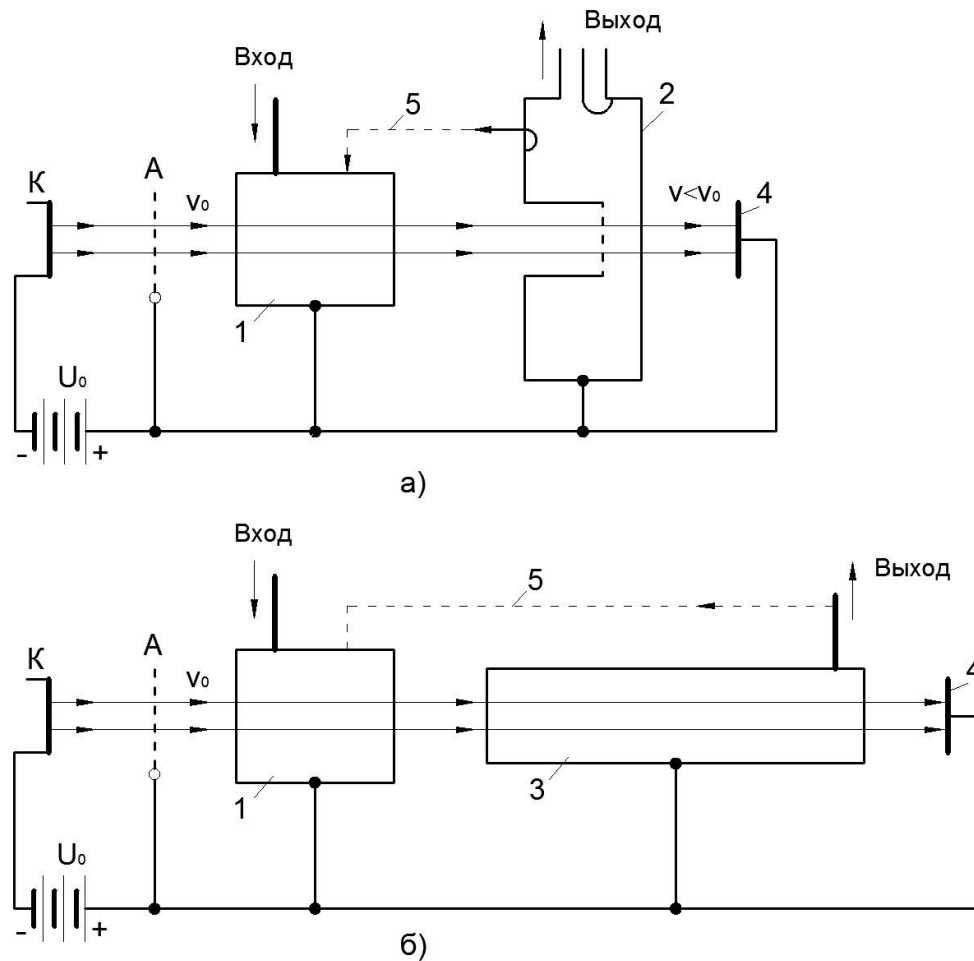
λ – длина волны;

$t_{\text{прол}} = D/v_e$ – время пролета электрона через пространство взаимодействия.

$$v_e = \sqrt{2 \frac{e}{m} U} = 5,95 \cdot 10^5 \sqrt{U} \quad - \text{ скорость электронов}$$

Основные идеи, заложенные в создание ЭВП СВЧ

1. Модуляция электронов по скорости и группирование электронов в пространстве дрейфа.
2. Взаимодействие высокочастотных электромагнитных полей с электронами движущимися в скрещенных статических электрических и магнитных полях.
3. Взаимодействие электронного потока с бегущей прямой электромагнитной волной.
4. Взаимодействие электронного потока с бегущей обратной электромагнитной волной.



Принципиальная схема усилительных и генераторных приборов СВЧ, использующих кратковременное (а) и длительное (б) взаимодействие электронов с полем в выходном устройстве

1 – управляющее (группирующее) устройство; 2 – выходная замедляющая система; 3 – коллектор;

4 – цепь обратной связи; 5 – цепь обратной связи

Типы ЭВП СВЧ

О-тип	М-тип
магнитное служит только для фокусировки электронного пучка и направлено вдоль оси прибора	магнитное поле направлено перпендикулярно электрическому полю, и электроны движутся в скрещенных постоянных магнитном и электрическом полях
Клистроны, Лампы бегущей волны Лампы обратной волны	Магнетроны Амплитроны