

Антенны и устройства

СВЧ

Попов
Владимир
Васильевич.

02.09

1. Лекции

2. Воскресенский

Гасюхин ВЛ

Максимов ВМ

Пономарев

Антенны и устр. СВЧ.

Учебник МАИ 1999 г.

МЯГ. обл.

3. -||-

Устройства СВЧ и Антенны

Радио техника

2006 г.

2008 г.

ТВ. обл.

4. Сазонов ДМ

Антенны и устр. СВЧ.

Учебник для ВУЗов

Высшая школа 1988 г.

5. Попов ВВ

Конструирование и

конструкции устр. СВЧ.

МАИ 1992 г. (для К.Р) 1

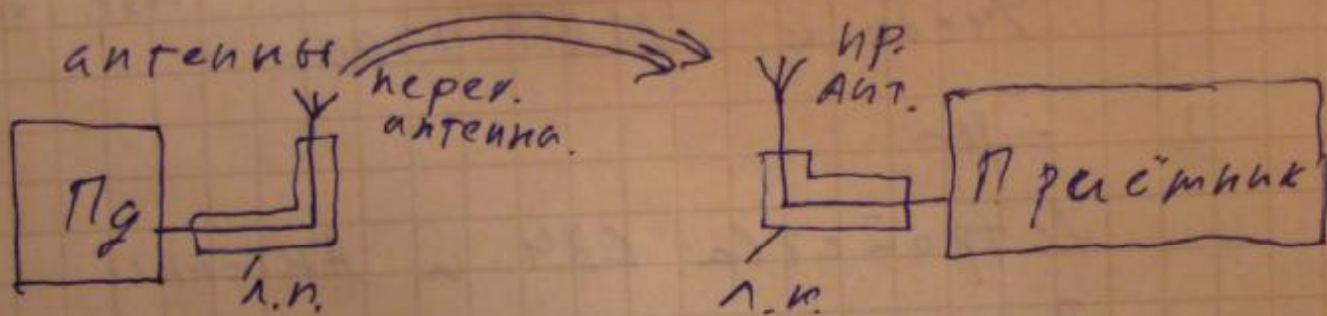
Антенно-Фидерные

устр. в радио системах.

А - явл. неотъемлемой частью
радиотехнической сист.

(радиолокация, телевидение,
радиоастрономия, и т.д.)

В люб. р. сист. имеется
передаточная и приёмная



Передаточная антенна преобраз.

энергию, кот. поводится

линией передачи. в ~~ЭМВ~~ ЭМ

энергию свободных волн.

в заданном направлении.

Приёмная ант - улавливает

и преобр. энергию ЭМВ

в энергию токов ВЧ или

2 энергию, кот. разпр. по

Линии передачи на вход
приёмника

Приёмная антенна обладает
пространственной и частотной
селекцией (выделяет
сигнал на фоне антенн)

Ант. образцы (!)

Уар. антенн опред.

назначением радио сист.,

тех. требованиями, условиями

размещения и эксплуатации.

$\lambda > 10\ 000\ \text{м}$ СДВ

$\lambda = (10\ 000 - 1\ 000)\ \text{м}$ ДВ

$\lambda = (1\ 000 - 100)\ \text{м}$ СВ

$\lambda = (100 - 10)\ \text{м}$ КВ

$\lambda < 10\ \text{м}$ УКВ

$\lambda = (10 \div 1)\ \text{м}$ метровые волны

$\lambda = (1\ \text{м} \div 1\ \text{мм})$ СВЧ

СВЧ { $1\ \text{м} - 100\ \text{см}$ дециметровые в.

$10\ \text{см} - 1\ \text{см}$ сантиметровые в.

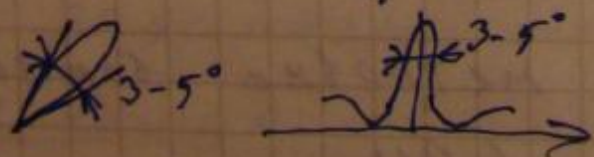
$1\ \text{см} - 1\ \text{мм}$ миллиметровые в. 3

λ 1 мм - 0,1 мм акустические волны
 $\lambda < 0,1$ мм оптические волны
Ед. измер. опт. волн. Å ангстрем
 $\text{Å} = 10^{-10}$ м

В констр. и электр.

антенны разных диапазонов
имеют сущ. отличие,
но при рассмотрении
их осн. хар. и методов
расчета, независимо от
диапазона прямо
выдти. Класс ант.

- 1) Остро направ. $3-5^\circ$
- 2) Широко и сверх широко
- 3) Электр сканирующая
- 4) Слабо направленная $30-40^\circ$



Линия перес. в кот.
распр. ЭМ. волны принято
клас. по типу исл. волн.

Лекция 2 16.09

Линии передачи СВЧ

Л.Р. СВЧ наз. основные тред. клинчат передачи.
устройство, кот

ограничивает область распр
ЭМ. в. и направляющее поток

ЭМ. энергии в заданном

направлении.

~~Л.Р. форточки удд~~

Одн. Л.Р. волнны удовл. сл.

требованиям

1) Малые потери энергии
уменьшающие дальность
действия радиосистем,
и уменьши. ЭМ. параметры
элементов и узлов

2) Иметь незначительные
амплитудные и фазо-частотные
искажения

3) Отсутствуют паразитные
излучения

4) Обладать высокой электр. прочностью, кот. необходима для передачи большой мощности без эл. пробоя и теплового перегрева

5) Иметь мех. прочность, обеспеч. высокую надежность, значит. срок службы и устойчивость к мех. воздействиям

6) Иметь большую широкополосность, допускающую эффектив. работу нескольких каналов и передачу сложной информации с широким спектром частот

7) Иметь малые габариты и вес

8) Передача энергии только одного типа волны

Классификация
линий
передачи

1) Линии передачи с волной типа Т

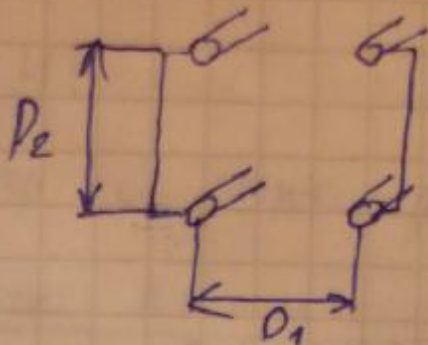
3) ЛД с поверхностью и замедленными волнами.

4) Лучевые волноводы и световоды

5) Волокно - оптические л.д.



$D \gg \lambda$
 $d \approx 0,1 \lambda$
 $d = \text{const}$

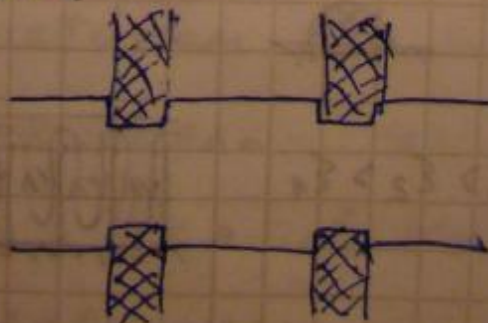


P_1 и $P_2 \gg \lambda$

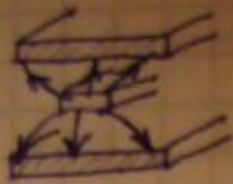


+ Простота, низкая стоимость, лёгкость

-) Поверх воздействию вл. среза необходимо отделять от окр. предметов.



Полосковые ЛП.



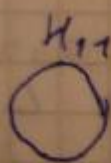
Симметричная вол. линия



Коаксиал



прямоуг.



кругл.



H-обр.



H-обр.

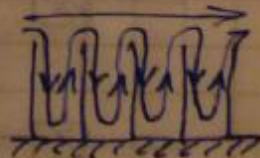


ϵ_1

ϵ_2



$\epsilon_3 > \epsilon_2 > \epsilon_1$



Лучевые:



Световод (Волоконноопт. сист.)

⊙ $E_{от} H_{от} \quad n=0$

$E_{и} H_{и}$

субмиллиметр и опт. квадрант.

Длинные линии передачи

с волной типа Т

Д.Л. - наз. односторонняя линия

передачи у которой длина

$$l > \lambda$$

Расчет длинных линий

проск. двумя способами -

1) строгим методом с усл.

уравн. Максвелла учитывать

граничные усл. в конн. форме

2) Метод телеграфных уравнений

дающий правд. результаты и

пригодные в инж. практике

телеграфные у. - сист.

двух линейных динр урств.

экас. процесс. распр.

э.м. в. в однородных линиях
передачи. В этом методе

предполагается что соца. E, H

в попер. сеч. линии

напр. U , током I в этом

ме сечении, и не зависят

от напр. и тока на др. уч.

линии.

Физика распр. в линейных

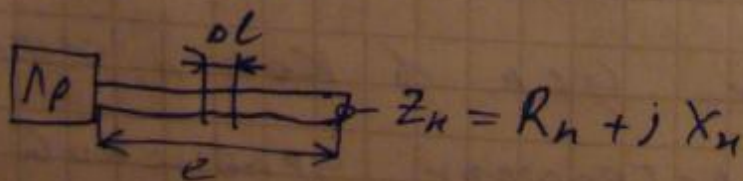
линиях и некотр. эа. хар. в

них сравнимы с реальными

антенно-фидерными устр.

любого диапазона, вкл. СВЧ

диапазон.



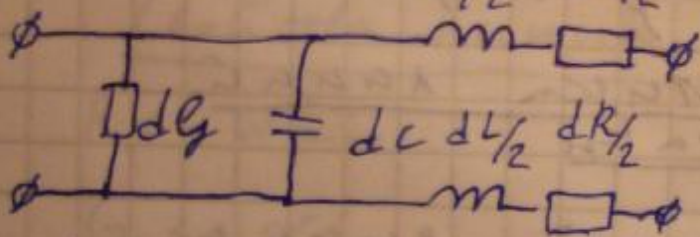


Тензорные у. Они задаются
 проу. парам., входящих в них
 а их интегральные хар.

$$UI \quad R, G, L, C, P$$

R, G - зависят от проводимости
 материала.

L, C - от пр. пропорц. и размерам ЛП.



$$dR = R_1 de$$

$$dg = g_1 de$$

$$dL = L_1 de$$

$$dC = C_1 de$$

из Э.Д. известно что любая ЛП.

может быть охарактеризована

ее погонными параметрами.

β - волн.
 конп.

γ - коэф.
 распр.

$$\rho = \sqrt{\frac{R_1 + i\omega L_1}{g_1 + i\omega C_1}} \quad \gamma = \sqrt{(R_1 + i\omega L_1)(g_1 + i\omega C_1)}$$

$p(l), j(l)$

Уравнения опис. законы усаар
напряжения и тока вдоль линии,
(телеграфные уравн) могут записать

в двух формах

$$\textcircled{\text{I}} \begin{cases} \dot{u} = \dot{u}_n e^{\gamma l} + \dot{u}_0 e^{-\gamma l} \\ \dot{I} = \dot{I}_n e^{\gamma l} + \dot{I}_0 e^{-\gamma l} \end{cases}$$

$$\textcircled{\text{II}} \begin{cases} u = \dot{u}_n \cos \beta l + j\rho \dot{I}_n \sin \beta l \\ \dot{I} = \dot{I}_n \cos \beta l + j \frac{\dot{u}_n}{\rho} \sin \beta l \end{cases}$$

Характеристики линии передачи

В любой реальной линии,
но не идеальной, сум.

нагрузки и отр. ~~волн~~, волны

\Rightarrow сум. коэф. отражения от

нагрузки $\dot{\Gamma}$

$$\dot{\Gamma} = \frac{Z_n - \rho}{Z_n + \rho} e^{-2\gamma l} = |\dot{\Gamma}_n| e^{-2\gamma l}$$

$$Z_n = \frac{u_n}{\dot{I}_n}$$

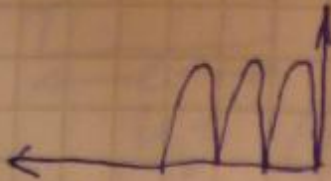
$$0 \leq \Gamma \leq 1$$

$K_{об.}$ $K_{об.}$ - коэф. безымянной -
стоячей волны



$$K_{об.} = \frac{U_{min}}{U_{max}}$$

$$0 \leq K_{об.} \leq 1$$



$$K_{об.} = \frac{1}{K_{об.}} = \frac{U_{max}}{U_{min}}$$

$$1 \leq K_{об.} \leq \infty$$

Свойства линии без потерь

$$R_1 \ll \omega L_1$$

$$G_1 \ll \omega C_1$$

$$R_1 = 0 \quad G_1 = 0$$

$$Y = \sqrt{\frac{R_1 + j\omega L_1}{G_1 + j\omega C_1}} = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$$

$$Y = \alpha + j\beta = \sqrt{(R_1 + j\omega L_1)(G_1 + j\omega C_1)} =$$

$$= \underbrace{j\omega \sqrt{L_1 C_1}}_{\beta} = j\beta$$

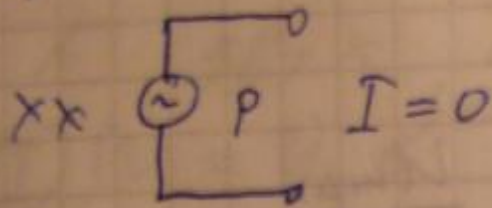
$$\begin{cases} \dot{U} = \dot{U}_n \cos \beta l + j\beta \dot{I}_n \sin \beta l \\ \dot{I} = \dot{I}_n \cos \beta l + j \frac{\dot{U}_n}{p} \sin \beta l \end{cases} (*)$$

Решить работу

Однородных линий без

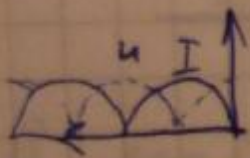
потери

1) холостой ход.



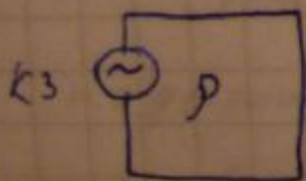
Обратится к (*)

$$\begin{cases} U = U \cos \beta z \\ I = j \frac{U_m}{p} \sin \beta z \end{cases}$$



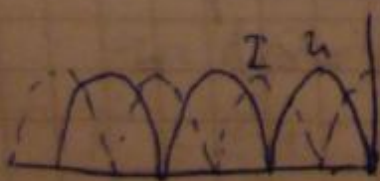
$$Z_{вх} = \frac{U}{I} = -j p \operatorname{ctg} \beta z$$

2) КЗ.



из (*) следует

$$U=0 \begin{cases} U = j p I_m \sin \beta z \\ I = I_m \cos \beta z \end{cases}$$



$$Z_{вх} = j p \operatorname{tg} \beta z$$

$$K_{об} = 0 \quad K_{св} = \infty$$

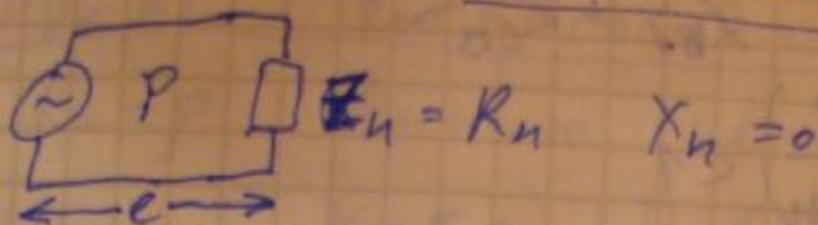
$$\Gamma = 1$$

Лекция 3

Линия нагруженная на

активное

сопротивление



Из (*) найдем выражение:

$$U = U_n \cos \beta e + j p \dot{I}_n \sin \beta e$$

$$I_n = \frac{U_n}{R_n}$$

$$U = U_n \cos \beta e + j U_n \frac{p}{R_n} \sin \beta e \quad (1)$$

Определим амплитуду

модуля напряжения.

Т.е. от комплексной знач. напр.

перейдем к действительной.

$$|U| = \sqrt{U_n^2 \cos^2 \beta e + U_n^2 \frac{p^2}{R_n^2} \sin^2 \beta e} =$$

$$= U_n \sqrt{\cos^2 \beta e + \frac{p^2}{R_n^2} \sin^2 \beta e} \quad (2)$$

Рассмотрим 3 случая

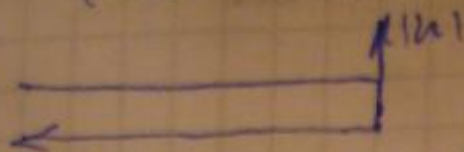
1) $R_n = p$

2) $R_n > p$

3) $R_n < p$

$$1' R_n = \rho$$

$$|U| = U_H$$



$$U_{max} = U_{min} \quad K_{\text{БВ}} = K_{\text{СВ}} = 1$$

$$2' R_n > \rho \quad \left(\frac{\rho}{R_n}\right) < 1$$

Рассм. U_{max} , U_{min} в конце
линии и середина из
анализа (2), получаем!

$$U_{max} \begin{cases} \cos \beta l = 1 \\ \sin \beta l = 0 \end{cases} \quad U_{max} = U_H$$

$$U_{min} \begin{cases} \cos \beta l = 0 \\ \sin \beta l = 1 \end{cases} \quad U_{min} = U_H \frac{\rho}{R_n}$$



$$\Gamma < 1$$

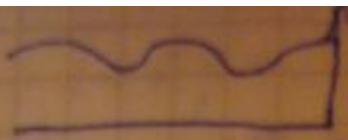
$$K_{\text{БВ}} < 1$$

$$K_{\text{СВ}} > 1$$

$$3' R_n < \rho \quad \frac{\rho}{R_n} > 1$$

$$U_{max} \rightarrow \begin{cases} \cos \beta l = 0 \\ \sin \beta l = 1 \end{cases} \quad U_{max} = U_H \frac{\rho}{R_n}$$

$$U_{min} \rightarrow \begin{cases} \cos \beta l = 1 \\ \sin \beta l = 0 \end{cases} \quad U_{min} = U_H$$



Согласование ЛП с нагрузкой

Цели согласования:

$R_n = R$ Линию необход. согл.,
когда $R_n \neq R$, или
когда имеется

реактивная сост. нагрузки

1) При согласовании увеличивается
КПД линии

2) В линии отсутствует
лучистость напр., что
уменьшает условия экр.
пробоя

3) Устранение отр. волны
увеличивает максимальную
пропуск. мощность.

Желательно чтобы входное
сопр. линии было
чисто активным и равн. R

Физическая природа
согласования, закл. + том,
что из линии убирается
отр. волна.

Это делается 2мя путями

① в ЛП вкл. устройство,
погл. отр. волну
(Вентиль) или система
направленной передачи
отр. волны (циркулятор)

② В линиях передачи
вкл. специальная согл.
неоднородность, ваз в в.
~~поглощающ.~~ доп. отраж.
волну.

Величина неоднородности и
её местоположение в в.

так, чтоб. волны от интр.
и этой неоднор. будут

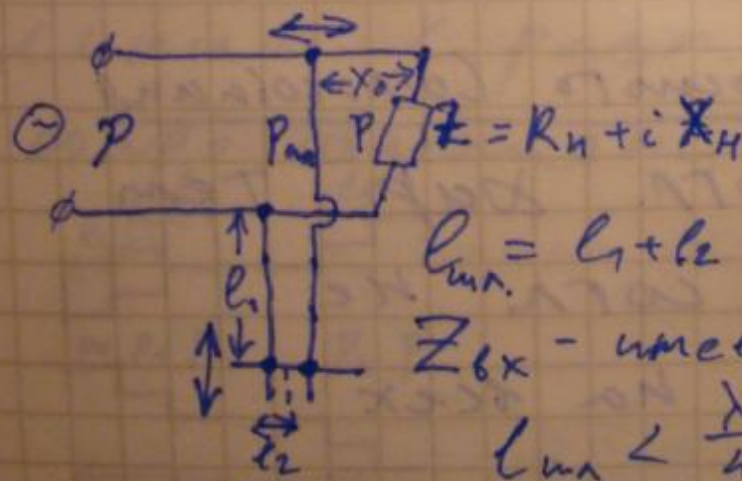
одинаковой амплитуды и
противопол. по фазе.

Тогда от согл. мощност.
 в сторону генератора
 линия будет идеально
 согласована, а на участке
 от согл. мощност. до
 нагрузки режим работы
 не изменится.

Способ узкополосного
 согласования

2% от f_0

Четверть волновой трансформатор

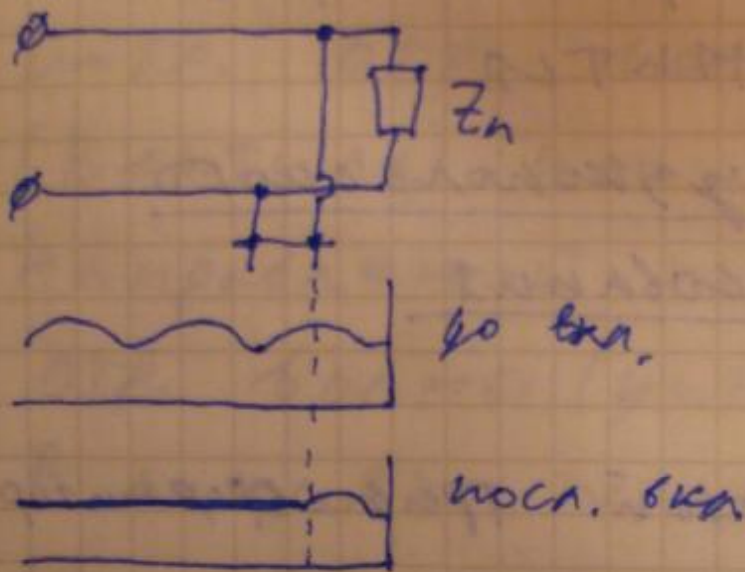


Вкл. Трансформ. в такое
 сетевое линии, где $Z_{вх}$

сопр. комплексное.

Реактивная часть Трансф.
 должна иметь ёмкостной хар.

а активная - равна P
 Подбором величины L
 трансформатора, добиваются
 компенсации реактивной
 составн. (имеют. ёмк. хар),
 т.е. добиваются резонанса



способ Широкополосного Согласования
 Лейборт ЦП согл. хар. Тем
 что полное согл. не
 достигается на всех
 частотах диапазона,
 однако в заданной полосе
 не превышает зад. величины.
 $K_{\text{св}} \geq K_{\text{св}}^{\text{до}}$
 $\Gamma \leq \Gamma_{\text{до}}$

он. УОТР: частотные
 компенсаторы, ступенчатые
 трансформаторы и плавные
 переходы

Ступенчатые трансформаторы
и плавные переходы

ст. прим. для согл.
 линии с акт. нагрузкой
 или нагрузкой имеют
 недомн. реакт. соед.,
 а также для соед.
 линии с разн. волн.

сопротивлениями



$$L_1 = L_2 = L_3 = \dots = L_n$$

$$R_0 \neq R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq \dots \neq R_n$$

Всегда найдутся участки
 где отр. волн. также
 компенсируются

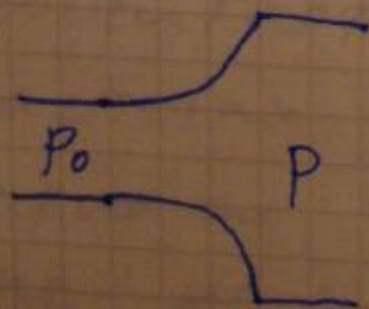
Чем больше число ступенек, тем меньше амплитуда пьескомн. отр. боапы.

Чем длиннее переход и больше число ступеней, тем шире полоса частот

2. Плавные переходы могут рассм. как сред. случай ступ. переходов при $n \rightarrow \infty$ и $n \rightarrow 1$.

Экспоненциальной перем., p которого тем. вход v_0 по экспоненциальному

закону.



$$p = p_0 e^{Bv}$$

B - сур. скорость изм. логн. сур. логн. лннн.

$$B > 0 \Rightarrow p \uparrow$$

$$B < 0 \Rightarrow p \downarrow$$

коротко поддается расчету,
результат совп. с эквивалент.

Обобщение Теоремы Лекция 4
21.10

Линии на

волноводные тракты

Для численного расчета

волноводного тракта и уста

исх. эквивалентные схемы,

знач. сокр. значения.

Регулярный волновод (H_{10} - прямоугол.;

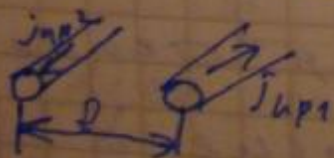
H_{11} - круга.) с одним типом

волны заменяют эквивал.

двухпроводной линией

$$\oint_S \bar{H} \cdot d\bar{S} = \oint_S (\bar{j}_{np} + \frac{\partial \bar{p}}{\partial t}) \cdot d\bar{S}$$

$$\text{rot } \bar{H} = \bar{j}_{cm} + \bar{j}_{np}$$



Волн. сокр. двухпроводн.

линии эквивалентное

волноводу значится $\rho_{экв} = \frac{z}{j_{np}}$

Итак регулярный волновод, в кот.

распр. одна волна экв. двухпровод. линии

с током проводимости j_{cp} ,
напр. U , волн. сопр. $Z_{кв}$
и коэф. распр. $K_2 = \frac{2\pi}{\lambda_2}$
(экви. только при $\lambda < \lambda_{кр}$ и фазы
одного типа волны) (для другого
типа волны строится своя экв. схема)

Согласование при

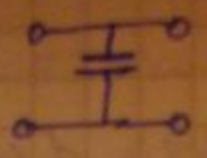
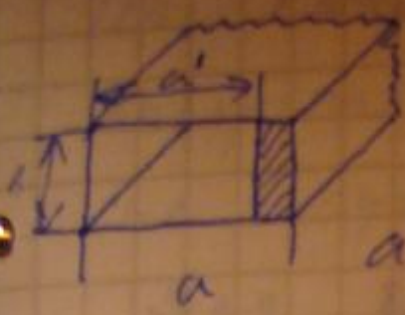
при потопи диафрагмы

Диафрагма вызывает π волновой
отр. волну, ампл. и фазу
которой можно пообразить
так, чтоб скотн. волну,
отр. от нагрузки.

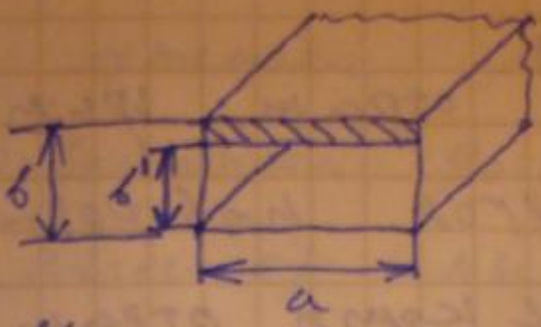
Диафрагма, это тонкая
проводящая перегородка,
частично перекр. сечение волно
вода. Но узкой и тонкой стенке
Толщина знач. меньше λ
Исп. ёмкостные и индукт.

Диафрагмы

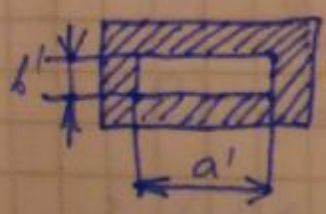
нах. в докр. решиме



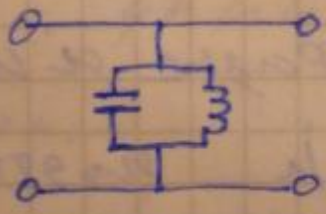
$a' < a$



$b' < b$



Волновод $a' \times b'$ имеет резонансный характер



Волноводные, коаксиальные
и полосковые изгибы
и повороты

Во всех типах линии передачи для изгиб и распр. ЭМВ и т.д. изгибы и изгибы повороты

В местах изгибов образ.
отражений ЭМВ

Волны в плоск. и др

Е Д Г З

изг. без
компл. отраж. при м

когда угол поворота $< 30^\circ - 40^\circ$

в 2-х - с комп. отраж.

Подборка с точки зрения

компл. отраж. на ср.

длине волны

2-я - двойной угол

(имеет две разные длины

не однородности поэтому

имеется возможность

раст. так что отраж.

от этих неодн. скомпенси

в этой полосе частот

Плавное повороты 2, 3

чаще выполнял. но где

26 окр. м.

Три хорошо выноши.
повороты, отриц. волны
не существуют.

Для комм. отриц. в области
изгиба уменьш. диаметр
центр проводника до разн. δ
(коакс. линия) или делают
срез на центр. проб. размер
 δ (δ_a, δ_b)

Переходники от прямоуг. волновода к круглому

1. Плавный - глина 3λ
2. Срез. кон.

Концы необходимо для
фильтрации H_{11} (осн. волны
волновода)

Св. линии E_{01} перпенд. к кольцу
а св. линии H || кольцу,
поэтому волна E_{01} не возд.
токов. в кольце, \Rightarrow волно
не влияет на шох. E_{01}

Поле волны H_{11} имеет
сост. эл. поля E касательную
кольцу \Rightarrow в кольце возб.

тока.

Если длина кольца λ , то
в кольце наступит резонанс
тока. Тока в кольце
возб. в волноводе тоже
волну H_{11} но с фазой
поля сбитой на π по
отн. к фазе возб. поля
за кольцом в ср. волн.
Эти две волны H_{11} контр.
друг друга и на выходе
имеется E_{01}

Коаксиально-волн.
переходы устр.

Высота зонда b_3 опр
согласование и передаваемую
мощность

28 Чем выше зонд, тем меньше мощность

для повшит. согл. увелич. диаметра
зону раб. в хол. частот 13 - 20%

Волноводные, полосковые,

коаксиальные

Трехплечие делители

мощности.

К. тр.пл. дел. мощн. относ.

волноводные, полосковые, коаксиаль.

усл. мощн. так наз.

тройники.

В этих устр любых линий

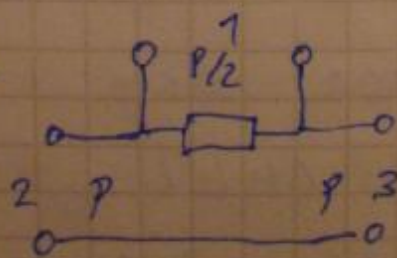
передачи. Любог не явл.

согласованным, если где

выходи нагр. на идеальные

нагрузки.

Тип Е-тройник (Π_{10})

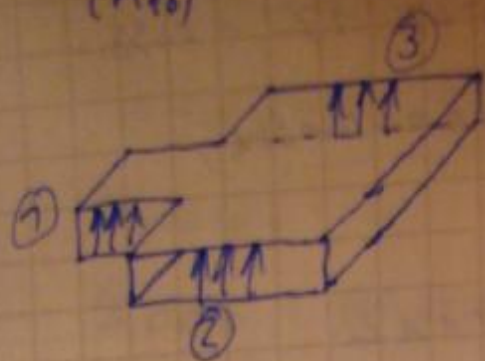


② При рав. ради. плеч. 2, 3, и идеаль. согл. нагруз
на входе 1 будет сум. отр. волна

Тодр
(Ис)

И-перелазник

ого св. с резким
переходом
из 2 в 2,3



В основном отр. болна от
мест. перехода комл.
индуктивностями

Направление
ответвления

Оси св. и параметры

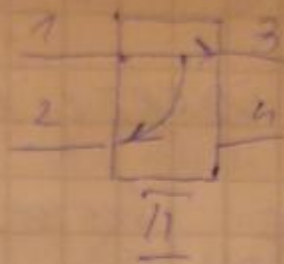
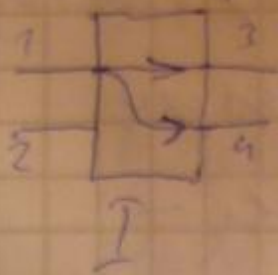
Н.О. как устр. предназначенное
для отвлечения части мощи.
из первичной линии ко
кот. передается осн. мощи.
во вторичн. линию, куд
отлетит часть мощи.



1-3 - перс.

2-4 - крор.

На входе 2 волны нах. в произвольн. протывектор.



Как правильно напр. делитель
зв. устр. без симметрии

Они свойства - иметь малые
размеры и потери

Происходить остаточное боа.
мощность (ср. и циклоид)

Будет широкополосным

Возможность коаксиала

другими устр. сч. без

ухудшения двух параметров 31

и не влияют на раб.
других устр.
быть с замкнутым устр.
Разослать энергию между
члечатами а в случае
работы в сост. антенной решетки,
разр. энергию между члеч.
Наиболее важн. парам. ЯЛ -
- переходное ослабление, направленность,
развязка, раб. затухание
перв. линии, коэф. дельсния
мощности, согласование

Переходн. ослаб. С - ослабл.
входной мощн. P_1 перв.
линии к вых. мощн.

раб. плеча втор. линии (дБ)

$$C = -10 \lg \frac{P_1}{P_4}$$

В зав. от часл. знач.

переходн. ослаб. но делится

32 на устр. с сильной а. и

Слабый излуч

Слабый - $S = -10 \text{ dB}$

Направленность D - оти.

Сторона раб. плеча и
не рабочего - сторона плеча

$$D = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}$$

В завис. от типа линии

Ифр. делится на волноводные
плоскостные, микроплоскостные,
коаксиальные, диэлектрик, оптические

Волноводные напр. ответвления
Величина на переходного элемента

S зависит от формы, разл.
положения, типа и

числа элем. связи, может
мен. от $0 - \infty$ (0 - 100%)

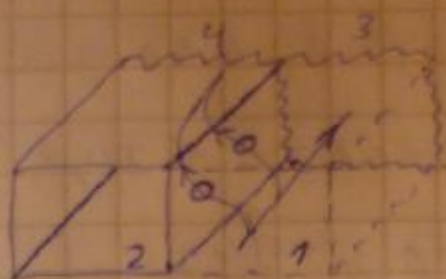
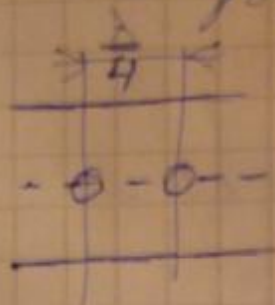


a - маяя напр.
еж - осл, ослабление

Напр. ответитель со

связью на чук. стенке

глуб. параллель волноводу



Для увеличения через осн.

увел. число элем. связи

Напр. ответитель

со связью в общей шир.

стенке глуб. перпенд. осам.

Практически могут применятся

все элементы связи

Прим. для прямоугол. и

кв. волноводов.

Направл. таких ответителей

зависит от радиуса элем. связи.

$$\chi = \frac{\alpha}{\pi} \arctg \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2 - 1}$$

Местом разрыва является та же точка, в кот. амплитуды проу котой этого поля равны помер-кост.

$$H_z = H_x$$

Эти точки разл. симметрично по диагонали, полученной от пересек двух волноводов.

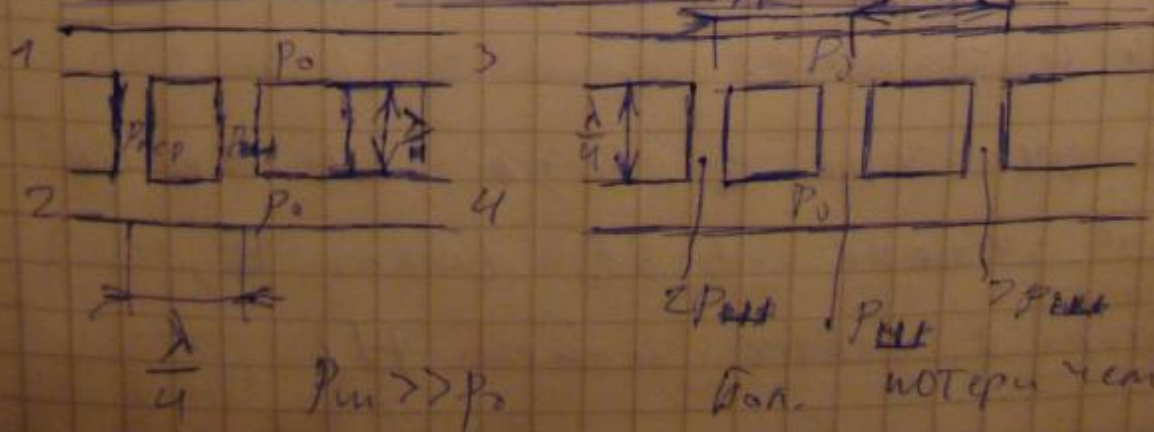
Поле возбуждается первичным волноводом 1-3 явл. круглым (вращающимся)

длина волны

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

Полосковые, и микрополосковые
напр. ответители

Шлейфовый напр. ответитель



перех. ослаба. илей рн

часис от рн

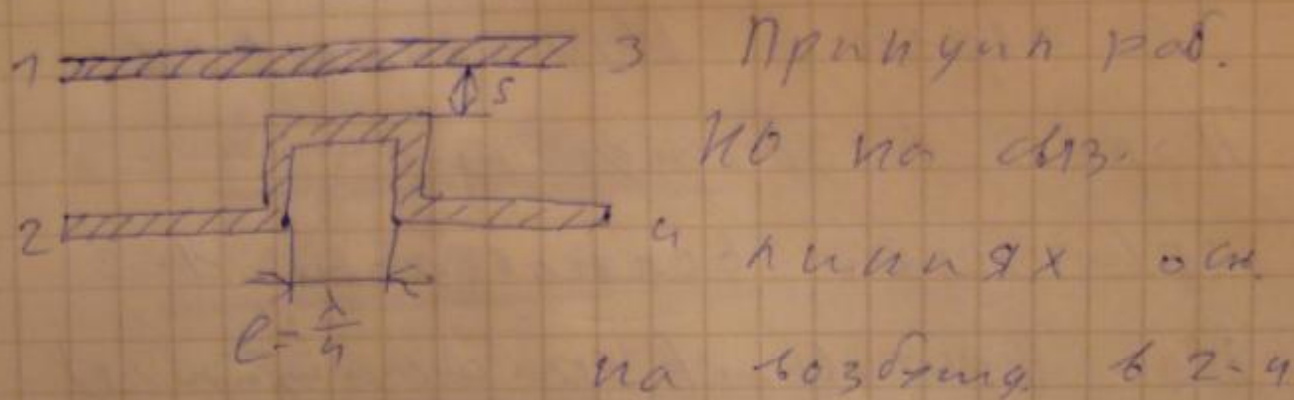
достаточности

его расчете лобн. с экспериментом

Отвечатели на

Вязаных полосковых

линиях



Двух волн смещ. по пресе таким

образом что ампл. этих

волн распр. в одном напр.

интерференция (сдвигается)

а в противополож. напр.

вычитаются

на участке l возб. эти волна

(одна волна возб. волем E ,

вторая волна волем H)

При одн. фазовых волнах
эти волны в плече 4
будут в противофазе и
компенс. друг друга,
в плече 2 они суммируются
Мощ. делится на плечи 2, 3

Мостовые СВЧ устройства

Мост-направлений

отсчитывать, в котором

мощность подводится

к одному из плеч, делится

пополам со 3-м плечом

по фазе на $\frac{\pi}{2}$

Волноводно-мелкое НЧЕ

моста

В завис. от разм. места

связи между волноводами,

в шир или узк. ступе

разм. НЧЕ волнов. мосты

Н-волна - волна из двух
волн, в одной из них
стационар



Сдвиг на $\frac{\pi}{2}$

на длине

узла L осцил.

за счёт суперпозиции

двух типов волн H_{10}, H_{20}

$$L = \frac{\pi}{2(k_{10} - k_{20})} \quad (1)$$

k - волн. распр.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2)$$

$$\lambda_0 = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{кр.}}\right)^2}} \quad (3)$$

$$\lambda_{кр.} = 2A = 4a \quad (4)$$

$$\lambda_{кр.} = A = 2a \quad (5)$$

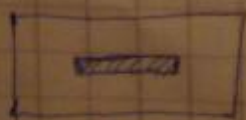
Погрешн. 2, 3, 4, 5 в 1,

получаем размер узла

узла при вол. в 1-ом

волновом волна сдвинута по

разе отн. перв. волн на 90°



$$L = \frac{2}{\pi(k - k_{10})}$$

T - волн

Вспомогательная Т-мощность

Доброй Т-мощности это
 для И, Е тройка
 волна 1 оуной плоскости
 При возб. илеча 2 без
 поступ. мощность разгер.
 поролу между илечами 3-4
 В волн. 2 могла бы возб.
 волна E_{11} но волновой II
 закрыт илеч для нее
 При возб. илеча I в нем
 могла бы возб. волна H_{11}
 Но волновой закрыт илеч
 для нее (этот прост. усл.
 в моноимпульсных системах)

Мост с обратной направленностью



реактивна iB
 и подобраны так
 чтоб. илечика
 мощн. не забирал
 отриц. от реакт.
 не 3, 4

Фазовращатели

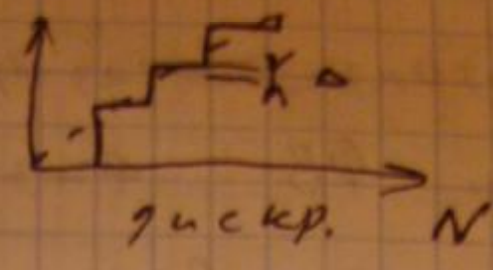
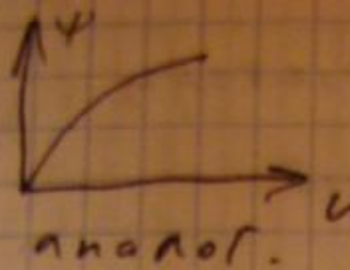
общие Тред. к ФВ

Устр. переи. изм. фазы ЭМВ
на всех линиях относ. прос.

-) Точность уст. фазы φ
-) Хорошее согласование ($K_{СВ} \leq 1,35$)
-) Малые вносимые потери $0,5 \dots 1 \text{ dB}$
-) Пропускание больш. мощности
-) Широкополосность
-) Взаимность
-) Малые размеры/вес
-) Высокое быстродействие $70 \text{ нс} - 600 \text{ мкс}$
-) Зависимость между фазой на всех и сигналом упр.
-) Малая помех. сигн. упр.
по способу упр. все ФВ
усл. на

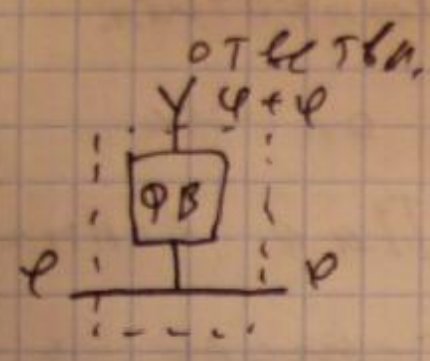
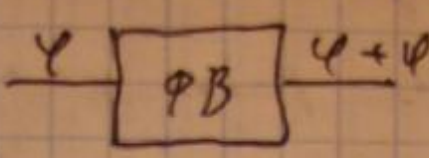
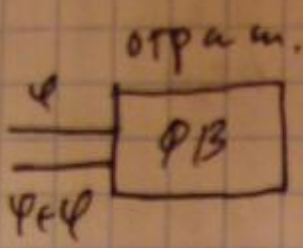
←
С перер.
изм. фазы
(аналогично ФВ)
40

→
дискретные
на всех кот
фазы изм. скачком

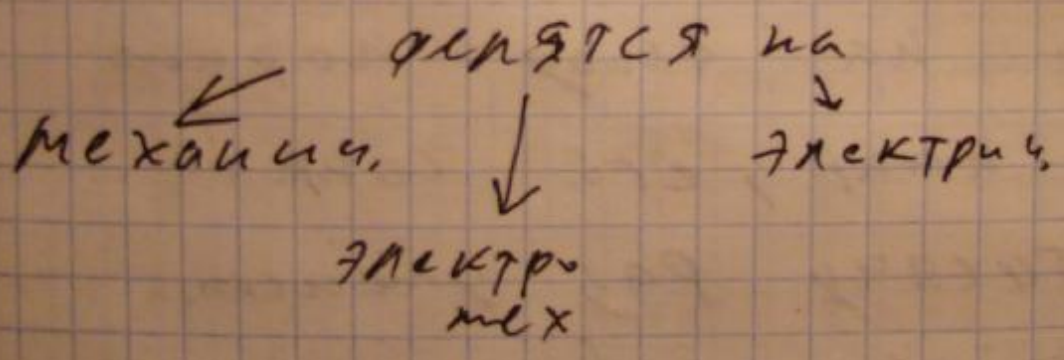


$$\Delta = \frac{\Psi}{2}$$

критичные



По методу упр. фазой



Устр. упр фазовым сдвигом
 могут быть р-и-и кварц,
 ферриты, баракторы, кварц
 гильо, кварц Шотке, МДП

ПП отрази. фаз. обрататели
 В отрази. ФВ. фазовый
 сдвиг опр. разностью
 фазовых углов коэф. отр.
 переключ. р-ин узлов

При отсутст. тока сопротивл.
 чинора велико, и он не
 шунтирует щель. Паг. волна
 Проходит сквозь эту щель с
 фазом к след. щели.

Когда на чинор подаю
 упр напр., его сопр.
 в тысячу раз уменьш.
 и становится близким к 0.

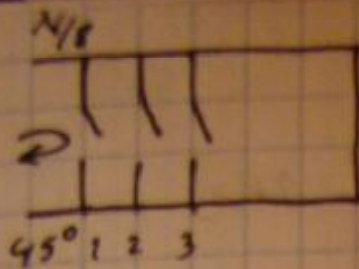


Щель вышла
 из резонанса,

и это означает наличие
 на месте щели мет.

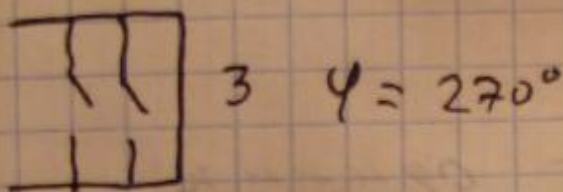
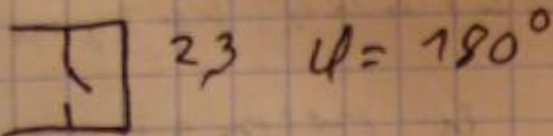
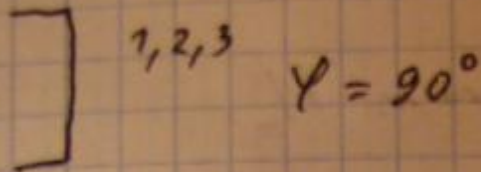
заглушка.

Важ. вносит в мк. сопр.
 ЧЗ для её конт. щель укорачивают



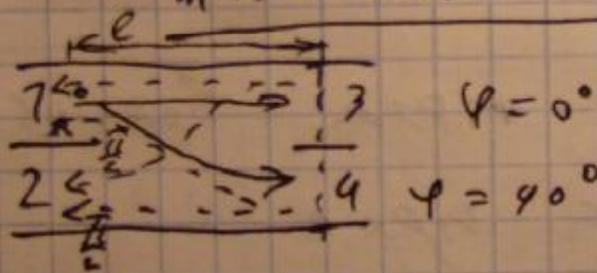
$$\varphi = 2Kl$$

$$\frac{\lambda}{8} = 45^\circ$$



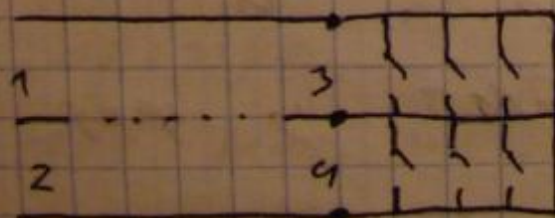
ПП и проходные ФВ

на оси в отражательной



1 и 2 - отр. волны в противофазе

3 и 4 - отр. в одной фазе



дискр. - 90°
(тикая же как у одного)

Ферритовые ФВ

это ФВ упр. элет. кот. ЯРА-

феррит.

Упр. магн. магн. поле H_0

прот через подмагнич. катушку

Разл. взаимные и несвязные

ФВ.

Взаимные ФВ - ориент

усл. передачи прямой и

обр. волны

Они сост. из трех волнов

с волн. H_{10} с проф.

подмагнич. H_0

Диэлектрик состоит из

участками феррита и

концентрации ЭМВ у фер.

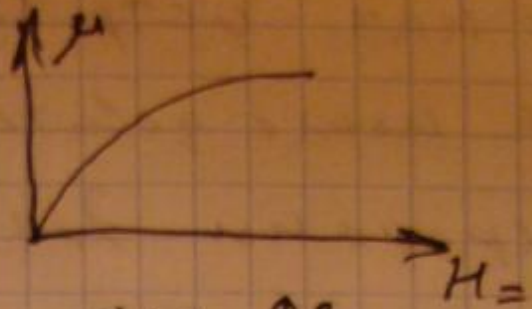
стержня.

Когда на катушку подано

упр. ток, в зав. от ка

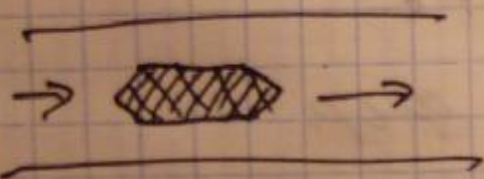
чи напряж. U просль изм фаз.

сдвига (это аналоговый ФВ



Невзаимная фер. ФВ

Здесь фаз. сдвиги прямой
и обр. волны различны
за счёт различия правой
и левой проницаемости.



Исп. материал
сохр. намагни-
ченность

$\mu_{\text{пр}} \neq \mu_{\text{обр}}$

При проп. тока через
диэлектрик (иногда для
конг. поля) внутри фер.
тороида образ. магн. поток
Этот маг. поток захв. ЭМВ
и таким образом происх.
исм. алази.

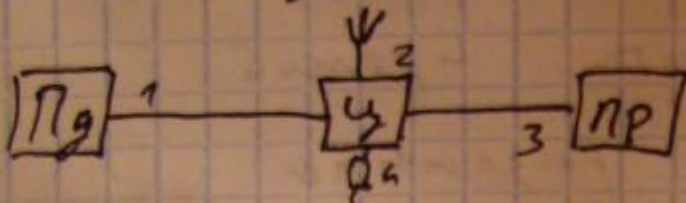
Циркуляторы

У. - наз. устр. (кот. надл.

отр. после обратности

переходу ЭМВ от входа

к выходу

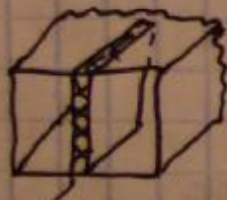


$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$

Причины работы У. осн

на невязаных кадете

болты в болн. с ферр.



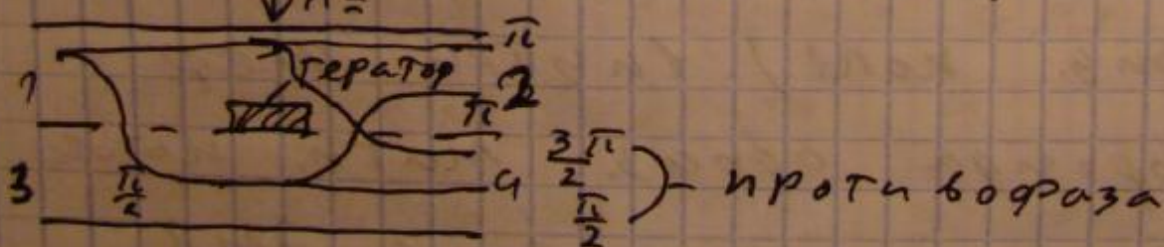
Феррит
(генератор)

$\downarrow H =$

Подобрав разн.
длинах чтоб
разности кадетов

УР. и обр болн.

была равна π



Г. и Р. кадет
только в 1 сторону

В пор. 1 - противофаз.