

*Тема № 2*

*ОСНОВЫ ТЕОРИИ АНТЕННО ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ*

# Занятие 9

*Назначение и электрические характеристики антенн*

# Учебные вопросы

1. Назначение и классификация антенн
2. Электрические характеристики антенн в режиме передачи
3. Принцип взаимности и его применение при анализе приемных антенн

# Вопрос 1

Назначение  
и классификация антенн



## 2. Электрические характеристики антенн

Несмотря на многообразие принципов построения, способов и областей применения антенных устройств, их свойства описываются общими электрическими характеристиками, которые иногда называют параметрами.

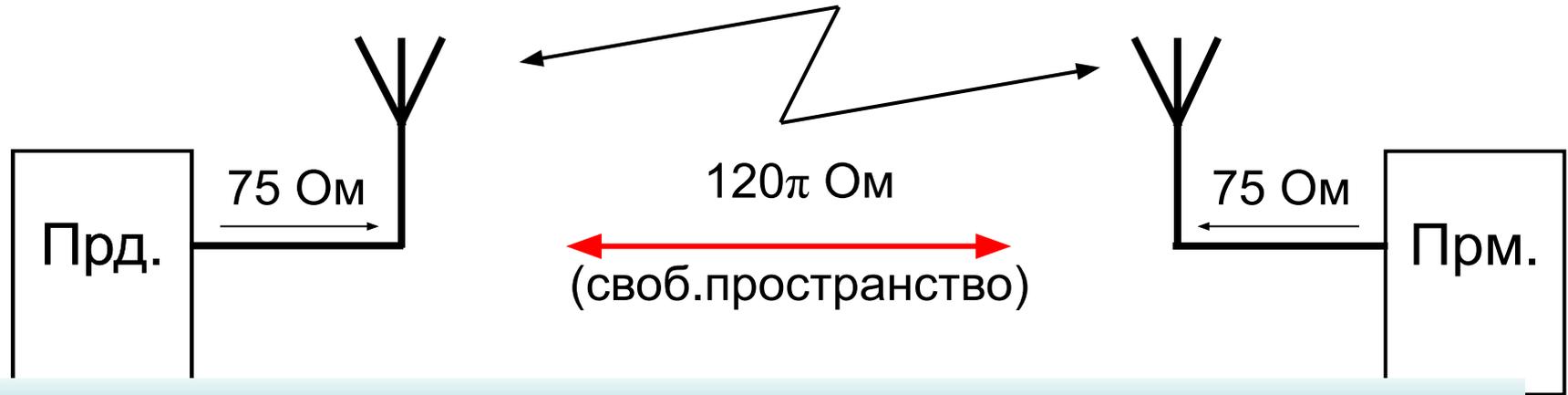
Принципиально любая пассивная антенна, в соответствии с принципом обратимости (взаимности), может работать как в качестве передающей, так и в качестве приемной.

В конструктивном отношении приемные и передающие антенны могут быть различными, поскольку они работают с разными уровнями мощности.

Электрические характеристики антенн могут рассчитываться или измеряться как в режиме передачи, так и в режиме приема.

**Рассмотрим основные электрические параметры антенн**

# Роль и предназначение антенн



Функции антенн: – преобразование энергии:

передающие

высокочастотного  
тока в энергию  
ЭМП

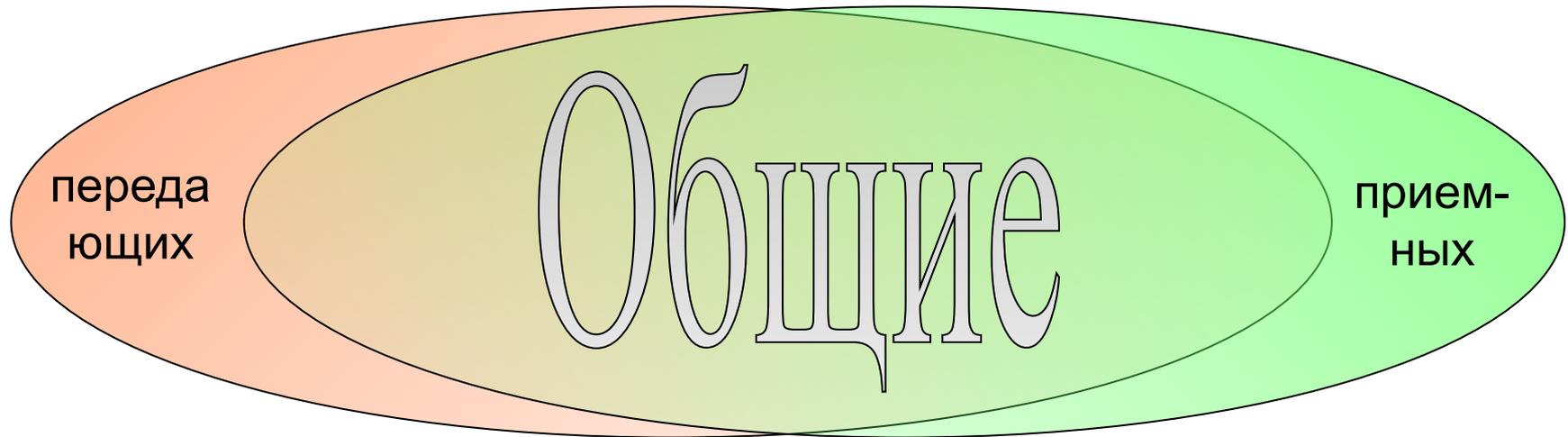
приемные

ЭМП в энергию  
высокочастотного  
тока

- согласование сопротивлений

$$Z_{\text{прд. А}} = Z_{\text{среды распр.}} = Z_{\text{прм. А}}$$

# Параметры антенн



коэффициент  
усиления.

обратимость;  
входное сопротивление (активное  
и реактивное);

коэффициент  
направленного  
действия;

мощность излучения;

КПД;

эффективная  
поверхность  
антенн.

характеристика направленности;

диаграмма направленности;

поляризация;

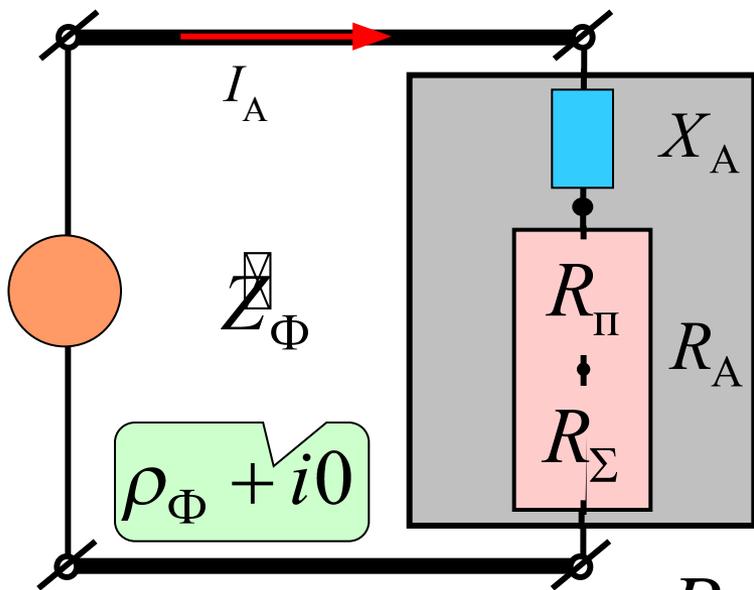
диапазон рабочих частот.

## *Вопрос 2*

*Электрические характеристики антенн в  
режиме передачи*

# ОБЩИЕ

## параметры антенн



Входное сопротивление  
антенны

$$Z_A = R_A + iX_A = (R_\Sigma + R_\Pi) + iX_A$$

$$P_A = \frac{I_A^2 R_A}{2} = \frac{I^2 R_\Sigma}{2} + \frac{I^2 R_n}{2}$$

Согласование:

$$Z_A = Z_\Phi$$

Мощность  
излучения

$P_\Sigma$

$P_n$

Мощность  
потерь

КПД:

$$\begin{cases} R_A = \rho_\Phi \\ X_A = 0 \end{cases}$$

$$\frac{P_\Sigma}{P_A} = \eta = \frac{P_\Sigma}{P_\Sigma + P_n} = \frac{R_\Sigma}{R_\Sigma + R_n}$$

# ОБЩИЕ

# параметры антенн

## Характеристика направленности

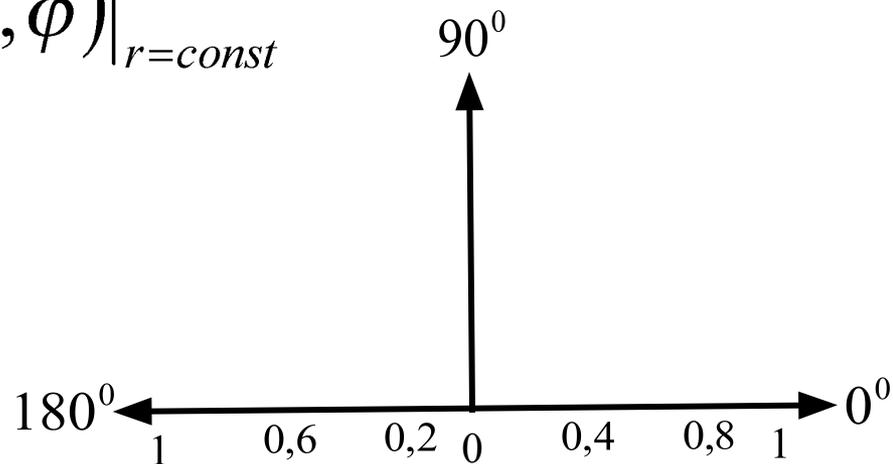
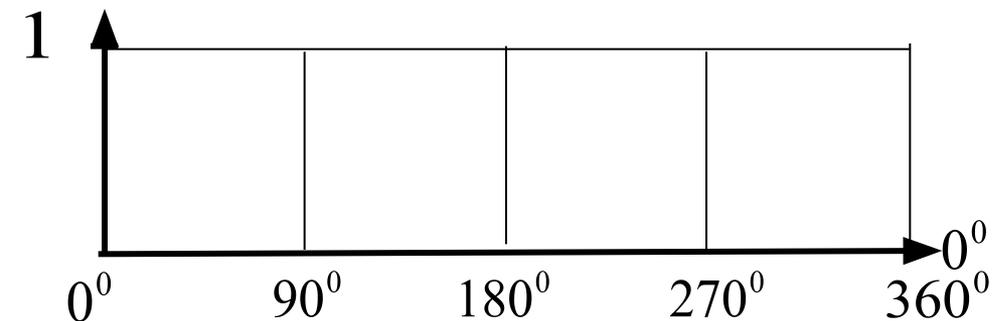
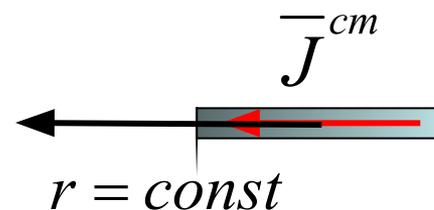
зависимость амплитуды напряженности поля от направления на одинаковом расстоянии от антенны

ненормированная

$$f(\Theta, \varphi) = E(\Theta, \varphi) \Big|_{r=const}$$

нормированная

$$F(\Theta, \varphi) = \frac{f(\Theta, \varphi)}{f_{\max}(\Theta, \varphi)} = \frac{E(\Theta, \varphi)}{E_{\max}(\Theta, \varphi)} \Big|_{r=const}$$



# ОБЩИЕ

## параметры антенн

Ширина диапазона рабочих частот

$$\frac{\Delta f}{f_{cp}} = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{max} + f_{min}} 100\% \quad - \text{определяется по постоянству } Z_A$$

Поляризация ЭМВ

линейная

эллиптическая  
(круговая)

## Коэффициент направленного действия

показывает во сколько раз большую мощность нужно подвести к ненаправленной антенне по сравнению с мощностью, подводимой к направленной антенне для получения на равном расстоянии равной напряженности поля

$$D = \frac{P_{\Sigma 0}}{P_{\Sigma}} \bigg|_{\substack{r=\text{const} \\ E=|E_{\max}|}}$$

## Эффективная поверхность антенн

показывает какая часть поверхности антенны участвует в сборе энергии проходящей волны

$$A = \frac{30\pi}{R_A} (l_d)^2 = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$$

## Коэффициент усиления

показывает во сколько раз большую мощность необходимо подвести к эталонной антенне без потерь по сравнению с мощностью, подводимой к реальной антенне для получения на равном расстоянии равной напряженности поля

$$G = \frac{P_{A0}}{P_A} \Bigg|_{\substack{r=const \\ E=|E_{max}|}} = D\eta$$

Варианты обозначений:

$G = 30 \text{ дБи}$  - по отношению к изотропному излучателю  $(30 \text{ dBi})$

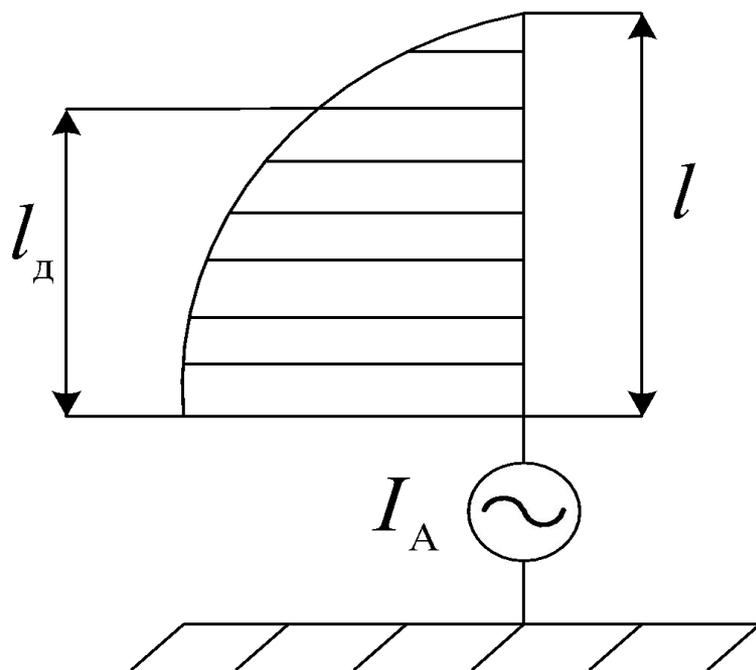
$G = 30 \text{ дБс}$  - по отношению к симметричному вибратору  $(30 \text{ dBs})$



# Действующая длина антенны

№17

Действующая длина антенны, т.е. длина антенны с равномерным распределением тока, равным току на ее зажимах, создающая в направлении максимального излучения ту же напряженность поля, что и рассматриваемая антенна. Это в режиме передачи.



В режиме приема:

$$l_d = \varepsilon_{A \max} / |\bar{E}|.$$

Это параметр проволочных антенн

# *Вопрос 3*

*Поляризационные характеристики*

*антенн*



### 3. Поляризационные характеристики антенн

№18

Существуют **антенны**, рассчитанные на излучение или прием **линейной** или **вращающейся** поляризации поля.

Электромагнитные волны линейной и вращающейся поляризации можно представить в виде суперпозиций двух составляющих векторов  $\vec{E}_\theta$  и  $\vec{E}_\phi$  или  $\vec{E}_v$  и  $\vec{E}_g$  в определенном сочетании их амплитуд и фаз.

**Поляризацию поля** в плоскости, проходящей через направление максимального излучения называют **главной или основной** поляризацией, например меридиальная составляющая при линейной поляризации  $E_\theta$ .

В других плоскостях обычно имеется составляющая перпендикулярная основной, например составляющая  $E_\phi$ .

Тогда эту составляющую поля вектора  $\vec{E}$  называют поперечной, паразитной, вредной или **кроссполяризацией**.



$$\bar{\mathbf{E}} = \bar{\mathbf{E}}_{\theta} + \bar{\mathbf{E}}_{\varphi}$$

$$\bar{E}(\theta, \varphi) = \bar{\theta}_{\theta} E_{\theta}(\theta, \varphi) + \bar{\varphi} E_{\varphi}(\theta, \varphi) e^{i\psi}.$$

При наличии двух компонентов вектора  $\bar{\mathbf{E}}$  поляризация в общем эллиптическая и как частный случай может быть линейной или круговой. Поэтому относительно содержание составляющих  $\mathbf{E}_{\theta}$  или  $\mathbf{E}_{\varphi}$  и  $\mathbf{E}_{\Sigma\theta}$  или  $\mathbf{E}_{\Sigma\varphi}$  характеризуют **поляризационными коэффициентами**:

$$p_{\theta} = \frac{E_{\varphi}}{E_{\theta}} = \sqrt{\frac{P_{\Sigma\varphi}}{P_{\Sigma\theta}}} \quad \text{или} \quad p_{\varphi} = \frac{E_{\theta}}{E_{\varphi}} = \sqrt{\frac{P_{\Sigma\theta}}{P_{\Sigma\varphi}}}.$$

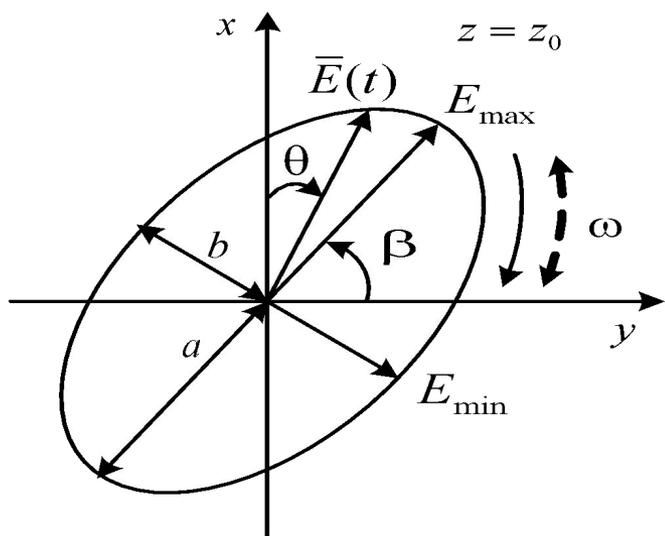
$$\bar{p}(\theta, \varphi) = \bar{\theta}_{\theta} p_{\theta}(\theta, \varphi) + \bar{\varphi} p_{\varphi}(\theta, \varphi).$$



Наряду с поляризационной характеристикой вида  $p(\theta, \varphi)$  пользуются коэффициентом эллиптичности  $m_e$ .

Величина  $m_e = b / a$  определяется отношением амплитуд напряженности поля поляризационного эллипса вдоль малой ( $b$ ) и большой ( $a$ ) полуосей. В случае линейной поляризации  $m_e = 0$ , а при круговой поляризации  $m_e = 1$ .

Зависимость коэффициента эллиптичности  $m_e(\theta, \varphi)$  от направлений в пространстве определяет поляризационную характеристику и соответственно поляризационную диаграмму.



$$m_e = b/a = E_{\min} / E_{\max} .$$



## Поляризационное согласование антенны и сигнала

№21

$$E(\theta, \varphi) = \sqrt{E_{\theta}^2(\theta, \varphi) + E_{\varphi}^2(\theta, \varphi)},$$

$$l_{\text{д}} = l + l_{\varphi} e^{i\psi_A}, \quad \varepsilon_{\text{д}\theta} = E l + E_{\varphi} l_{\varphi} e^{i(\psi_A + \psi_B)}.$$

**Коэффициент согласования антенны по поляризации  $\xi_{\text{пол}}$ .**

$$P_{\text{пр}} = \left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2 \frac{|E|^2 D}{960} \eta_A \xi_{\text{п}}, \quad \xi_{\text{пол.}} = \frac{P_{\text{пр}}}{P_{\text{пр max}}} = \frac{|\varepsilon_A|^2}{|\varepsilon_A|_{\text{max}}^2} \leq 1.$$

**Коэффициент  $\xi_{\text{п}}$  может изменяться от нуля до единицы.**

Антенна, имеющая  $\xi_{\text{п}} = 1$  полностью согласована с поляризацией принимаемой радиоволны.

Если  $\xi_{\text{п}} = 0$ , то приемная антенна полностью поляризационно развязанная с принимаемым сигналом.



# ВЫВОДЫ

Таким образом, передающая антенна распределяет излучаемую мощность радиосигнала по определенному закону в окружающем пространстве.

Приемная антенна выполняет функции преобразования свободно распространяемых радиоволн, пришедших в пункт приема, в направляемые электромагнитные волны, воздействующие на входное устройство приемника.

Антенные устройства осуществляют непосредственный контакт с окружающим пространством, поэтому они не должны экранироваться.

Другие элементы радиолинии (передатчик, приемник, фидерный тракт) в некоторых случаях также могут излучать или принимать ЭМВ. Однако, в них эффект излучения или приема радиоволн является вредным, а такое излучение называют **«антенным эффектом»**.