

# Лекция. **НАЗНАЧЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТЕНН**

Учебные вопросы:

- 1. Назначение и классификация антенн.**
- 2. Электрические характеристики антенн.**

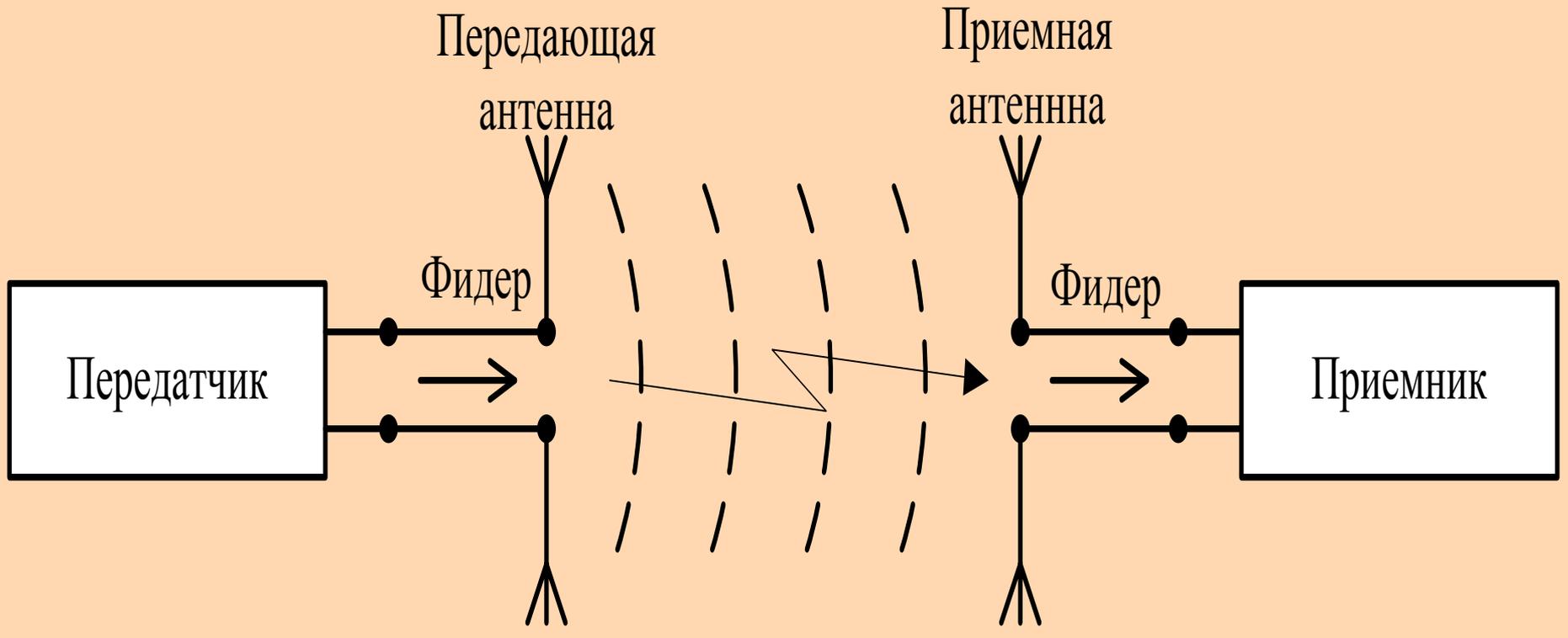
# 1. Назначение и классификация антенн

**Назначение передающей антенны** состоит в преобразовании (трансформации) направляемых ЭМВ, распространяющихся от передатчика по фидерной линии к входу антенны, в свободно распространяемые радиоволны.

**Передающая антенна** распределяет излучаемую мощность радиосигнала по определенному закону в окружающем пространстве.

**Приемная антенна**, напротив, преобразует падающие на нее свободные радиоволны в направляемые волны фидера, подводящие принятую мощность радиосигнала к входу приемника.

**Антенно-фидерные устройства (АФУ)** являются непременной составной частью любой радиотехнической системы (радиосвязи, радиовещания, телевидения, радионавигации и др.).



## ТИПЫ АНТЕНН:

1. Линейные антенны, антенны из провода;
2. Апертурные антенны, антенны излучают из раскрыва;
3. Антенные решетки, это система любых 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**

Одним из основных параметров излучения является функция или характеристика направленности (ХН).

Под ХН понимают угловое распределение поля  $E$  или мощности  $P$  в пространстве на одинаковом, достаточно большом расстоянии в режиме передачи.

Однако все электрические характеристики антенн, определенные в режиме передачи остаются такими же и для приемных антенн.

Качественные показатели приемной антенны оценивают мощностью сигнала на входе приемника ( $P_{пр}$ ) в зависимости от угловых координат.

Различают три типа характеристик:

амплитудную  $f$ ;

фазовую  $\Phi$ ;

Поляризационную  $p$ .

# Зависимость вектора напряженности поля антенны

**В дальней зоне:**

$$f(\dot{\theta}, \dot{\varphi}) = \dot{E}(\theta, \varphi) = |f(\theta, \varphi)| p(\theta, \varphi) e^{i\Phi(\theta, \varphi)}$$

**Комплексный вектор имеет 3 параметра:**

**1. Амплитудная характеристика направленности:**

$$|f(\theta, \varphi)| = E(\theta, \varphi)$$

**2. Фазовая характеристика:**

$$\Phi(\theta, \varphi) = \arg E(\theta, \varphi) - kr$$

**3. Поляризационная характеристика:**

$$p(\theta, \varphi) = E_{\theta}(\theta, \varphi) / E_{\varphi}(\theta, \varphi)$$

**Амплитудная характеристика нормируется таким образом, чтобы в направлении максимального излучения антенны:**

$$F(\theta_{\text{гл}}, \varphi_{\text{гл}}) = \frac{f(\theta_{\text{гл}}, \varphi_{\text{гл}})}{f(\theta, \varphi)_{\text{max}}} = 1.$$

**Нормированная амплитудная характеристика направленности описывается зависимостью**

**В относительных единицах:**

$$F(\theta, \varphi) = \frac{E(\theta, \varphi)}{E(\theta, \varphi)_{\text{max}}} \leq 1 \text{ раз,}$$

$$F_p(\theta, \varphi) = \frac{E^2(\theta, \varphi)}{E^2(\theta, \varphi)_{\text{max}}}.$$

**В децибелах:**

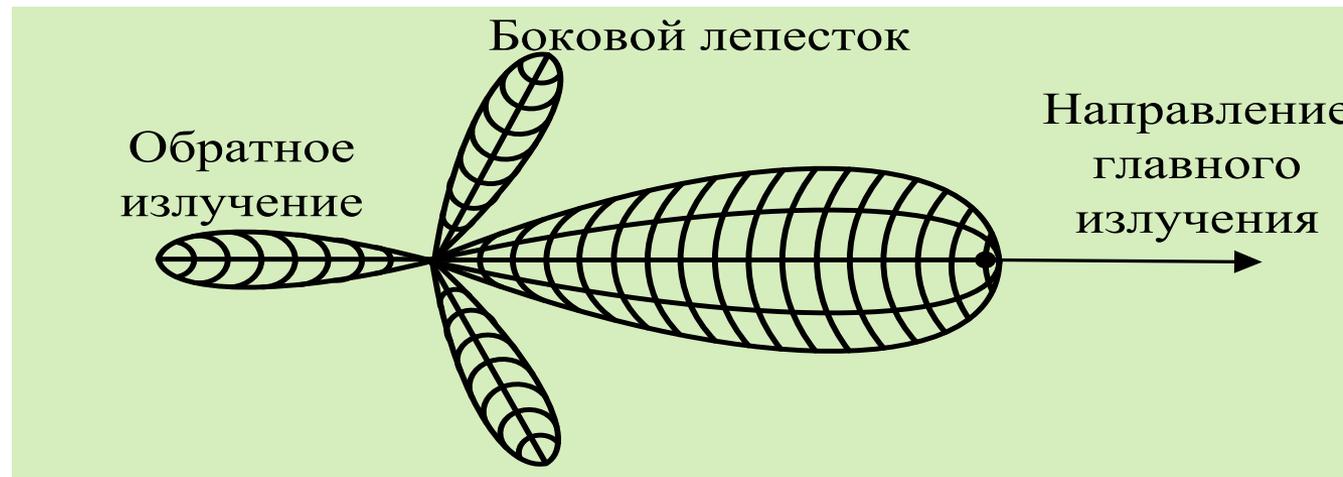
$$F(\theta, \varphi)_{[\text{дБ}]} = 20 \lg F(\theta, \varphi) = 10 \lg F_p(\theta, \varphi).$$

# Диаграмма направленности (ДН)

**Диаграмма направленности (ДН)** представляет собой графическое изображение нормированной характеристики в относительных единицах или в децибелльной мере.

Аналогично можно построить **поляризационную и фазовую** диаграммы.

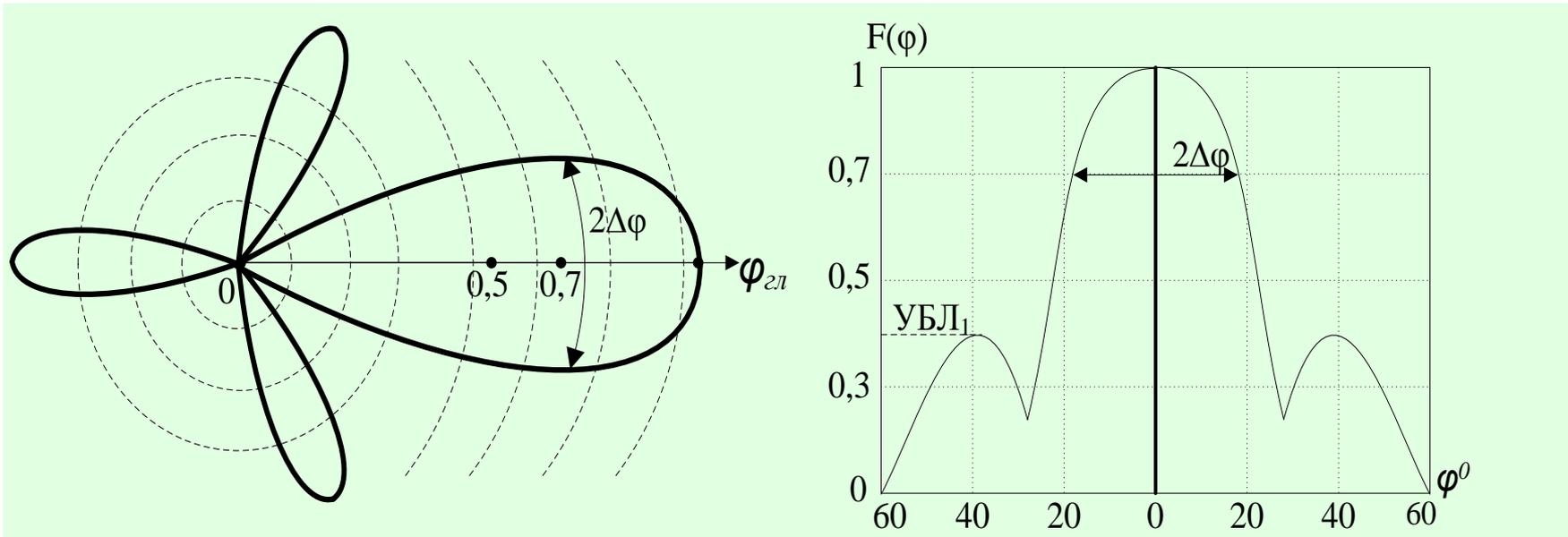
$$КЗД = \frac{F(180^0)}{F(0^0)}$$



**ДН - это зависимость нормированной ХН в полярной или прямоугольной декартовой системах координат.**

# Сечения пространственной ДН

№8



**Ширина ДН есть угол между двумя направлениями в пределах главного лепестка, вдоль которых напряженность поля уменьшается до определенного значения.**

Чаще ширину ДН определяют на уровне  $0,707 E_{max}$ , что соответствует уровню половинной мощности ( $0,5 P_{max}$ ) или  $-3$  дБ в логарифмическом масштабе.

**Уровень боковых лепестков (УБЛ)** нормируется относительно уровня излучения в главном направлении.

Он может выражаться в относительных единицах или в децибелльной мере. Обычно определяют уровень первого бокового лепестка (**УБЛ<sub>1</sub>**), который имеет наибольшее значение.

Уровень **обратного лепестка** или коэффициент защитного действия (**КЗД**).

$$\text{КЗД} = 20 \lg \frac{F(180^\circ)}{F(0^\circ)}.$$

Для оценки качества выполнения антенны вводят понятие коэффициента рассеяния излучаемой мощности .

$$\xi_p = \frac{P_{\Sigma \text{бок}}}{P_{\Sigma}}$$

# Коэффициент направленного действия (КНД) антенны

**Коэффициент направленного действия (КНД)** передающей антенны определяется сравнением данной антенны с некоторой эталонной антенной, направленные свойства которой известны.

$P_{\Sigma 0}$

$$D_{\max} = \frac{P_{\Sigma 0}}{P_{\Sigma}}, \quad \text{при } r = \text{const} \text{ и } |E_0| = |E_{\max}|. \quad D(\theta, \varphi) = D_{\max} F^2(\theta, \varphi).$$

В качестве **эталонных** могут быть: совершенно ненаправленный (**изотропный**) излучатель, у которого **КНД** равен **единице** или другие простейшие антенны (**вибраторы**).

Согласно этому **КНД** показывает, во сколько раз мощность излучения антенны в данном направлении отличается от мощности излучения гипотетической **изотропной антенны**, при условии равенства плотности потока мощности в точке приема.

**КНД – это численная единица, характеризующая направленные свойства антенны.**

# Коэффициент полезного действия (КПД) антенны

Наряду с **КНД** важными параметрами антенны являются коэффициент полезного действия (**КПД**) .

**КПД** называют отношение излучаемой мощности  $P_{\Sigma}$   
к подводимой мощности  $P_A$

$$\eta_A = \frac{P_{\Sigma}}{P_A} = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\Sigma} + P_n},$$

где –  $P_n$  суммарная мощность потерь.

КУ одновременно учитывает как потери в антенне, так и выигрыш за счет ее направленности.

Коэффициент усиления  $G$  показывает, во сколько раз должна быть увеличена мощность, подводимая к антенне при замене реальной антенны с потерями на гипотетическую ненаправленную антенну без потерь, при условии равенства плотности потока мощности в точке приема.

$$G = \frac{P_{\Sigma 0}}{P_A}, \text{ при } r = \text{const и } |E_0| = |E_m| \quad \text{или}$$

$$G = D \eta_A.$$

Кроме абсолютных значений КУ применяют относительные значения.

$$G_0 = \frac{G}{D_{\text{ЭТ}}} = \frac{D}{D_{\text{ЭТ}}} \eta_A.$$

Коэффициент усиления и коэффициент направленного действия также выражают в децибелах:

$$G = 10 \lg G_{\text{раз}}, \text{ дБ}; \quad D = 10 \lg D_{\text{раз}}, \text{ дБ}.$$

В режиме передачи **КУ** и **КНД** антенны наравне с мощностью передатчика определяют энергетику радиолинии.

Поэтому вводят параметр **эквивалентно-изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ)**:

$$\text{ЭИИМ} = P_{\Sigma} D = P_A G, \quad \text{ЭИИМ} = P_A + G, \text{ дБ}.$$

В режиме **приема** ВЧ сигналов важной характеристикой является добротность приемного тракта.

$$Q = G / T_{\text{эф. пр}}, \quad T_{\text{эф. пр}} = T_{\text{пр}} + T_0 (1 - \eta_{\phi}) + T_A \eta_{\text{АФТ}}.$$

# Входное сопротивление антенны, КПД

## Параметр линейных антенн:

Антенна в режиме **передачи** является нагрузкой для передатчика с фидером, поэтому она характеризуется **входным сопротивлением**.

**Входное сопротивление антенны** определяется отношением комплексных амплитуд напряжения и тока на ее входе.

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A} = R_A + iX_A,$$

$$Z_A = R_{\Sigma A} + R_n + iX_A.$$

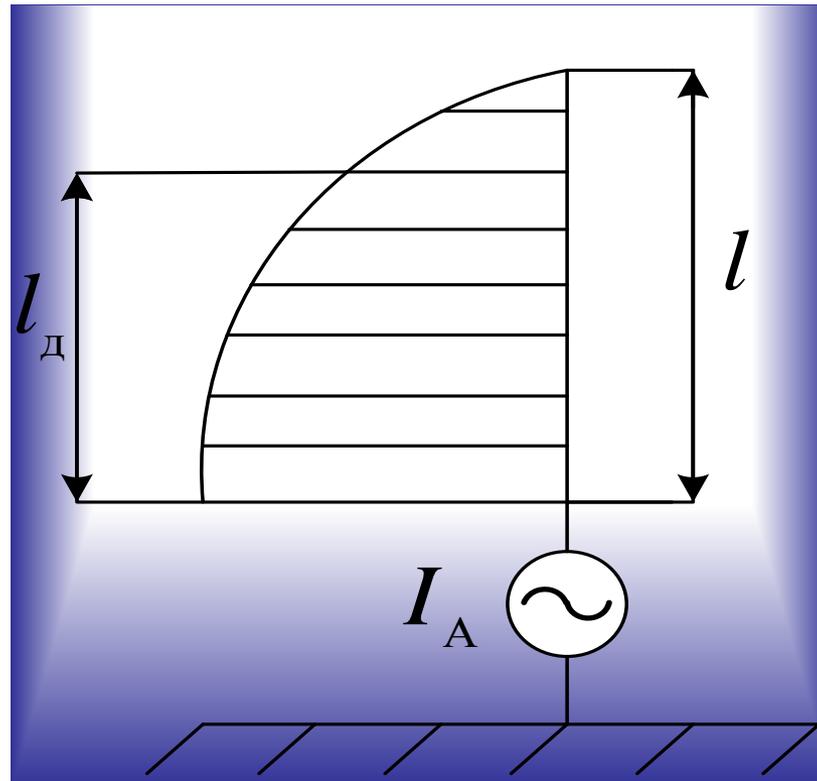
Активное входное сопротивление  $R_A$  является суммой сопротивлений излучения  $R_{\Sigma A}$  и потерь  $R_n$ , отнесенные к току на входе антенны.

$$Z_A = \frac{2P_{\Sigma}}{|I_A|^2} + \frac{2P_n}{|I_A|^2} + i \frac{2P_r}{|I_A|^2}. \quad \eta_A = \frac{R_{\Sigma A}}{R_A} = \frac{R_{\Sigma A}}{R_{\Sigma A} + R_n}.$$

# Действующая длина антенны

№15

**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 параметр проволочных антенн**

**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»**.**