

Лекция №6



- Волноводные линии передачи энергии
- Скорость распространения энергии в волноводе
- Прямоугольный волновод
- Круглый волновод

Волноводные линии передачи энергии

- С увеличением частоты потери энергии во внутреннем проводнике и диэлектрике коаксиального фидера возрастают и его КПД становится малым. В коротковолновой части дециметрового диапазона, в диапазоне сантиметровых и более коротких волн в качестве фидеров применяются волноводы прямоугольного, круглого и эллиптического сечения.
- В отличие от двухпроводной и коаксиальной линий с воздушным диэлектриком, в которых электромагнитное поле, как и в плоской волне, не имеет продольных составляющих, распространяется со скоростью света и обладает в направлении распространения периодичностью с длиной волны λ , в волноводах волны такого типа - их называют поперечными или Т-волнами, распространяться не может.

- В волноводах лишь один из векторов, электрический или магнитный, расположен в плоскости, перпендикулярной направлению распространения. Вторым вектором поля (соответственно магнитный или электрический), для обеспечения выполнения граничных условий, обязательно будет иметь продольную составляющую.
- Другой особенностью волноводов является то, что в плоскости поперечного сечения напряженности того и другого вектора обладают пространственной периодичностью, подобной стоячим волнам в короткозамкнутой линии. Вдоль каждого из двух взаимно перпендикулярных размеров сечения волновода должно укладываться целое число таких полуволн - m, n ($0, 1, 2, \dots, k$). Значения m и n не могут быть равны нулю одновременно.

- Таким образом, в волноводах могут распространяться электромагнитные волны лишь определенных типов: поперечно-магнитные (Е-волны), в которых продольную составляющую имеет вектор E , и поперечно-электрические (Н-волны), в которых продольную составляющую имеет вектор H . В каждом из этих типов волн будут различаться волны, имеющие различную периодичность в поперечной плоскости, обозначаемые H_{mn} , E_{mn} . Периодичность поля в направлении распространения, т.е. длина волны λ_v вдоль волновода, будет определяться периодом продольной составляющей поля.
- Использование волновода в условиях, когда в нем возможно распространение нескольких типов волн, обычно является нежелательным, так как вследствие различия фазовых и групповых скоростей возможны искажения передаваемых сигналов.

Скорость распространения энергии в волноводе

- Групповая скорость волны в волноводе равна проекции вектора скорости плоской волны на ось волновода

фазовая скорость

$$V_{\phi} = \frac{c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2a}\right)^2}}$$

групповая скорость

$$V_{gp} = c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2a}\right)^2}$$

- Фазовая и групповая скорость и длина волны в волноводе отличаются от скорости света и длины волны в свободном пространстве.
- Когда длина волны в волноводе близка к критической, то величина под корнем стремится к 0 и это невозможно.

Прямоугольный волновод

- Основной для прямоугольного волновода является волна типа Н10, которая характеризуется постоянством амплитуд поля E по оси y и изменением по закону $\sin(\Gamma x/a)$ по оси x . Фазовая скорость и длина волны типа Н10 в прямоугольном волноводе определяются внутренним размером широкой стенки волновода и соответственно равны:

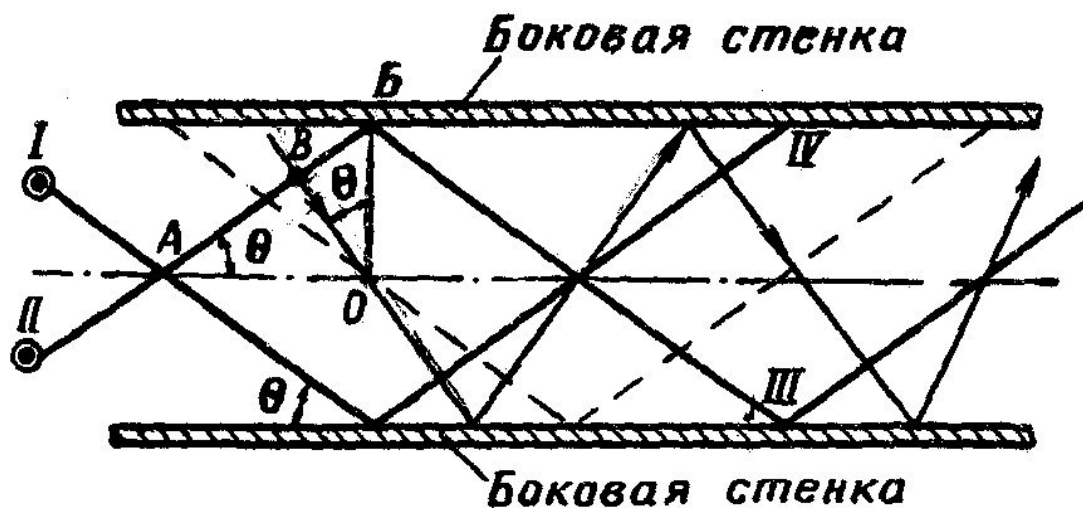
$$v_{\Phi} = c / \sqrt{1 - (\lambda / 2a)^2} \quad \lambda_{\text{В}} = \lambda / \sqrt{1 - (\lambda / 2a)^2}$$

- Групповая скорость волны Н10 в волноводе:

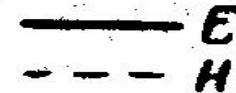
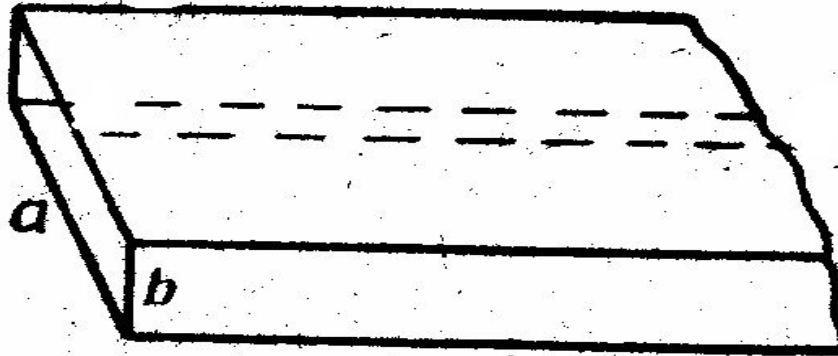
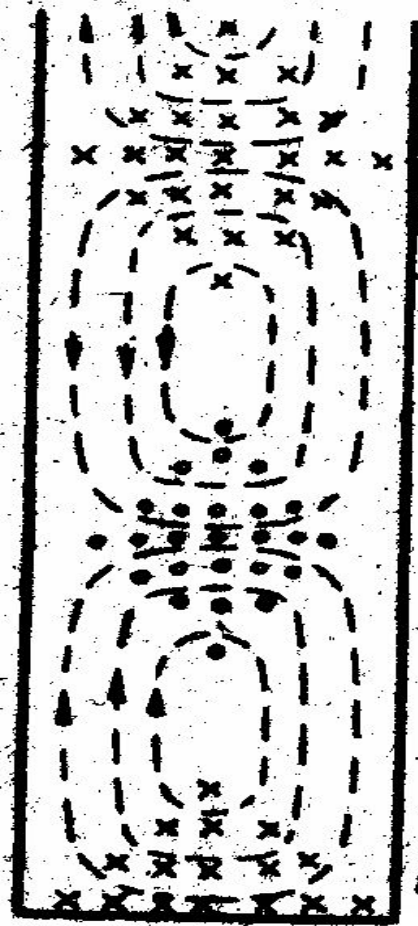
$$v_{\text{ГР}} = c \sqrt{1 - (\lambda / 2a)^2}$$

ПРЕДЕЛЬНАЯ ВОЛНА

Волна H_{10} возникает в результате сложения двух плоских волн.



Структура поля волны Н10 в прямоугольном волноводе

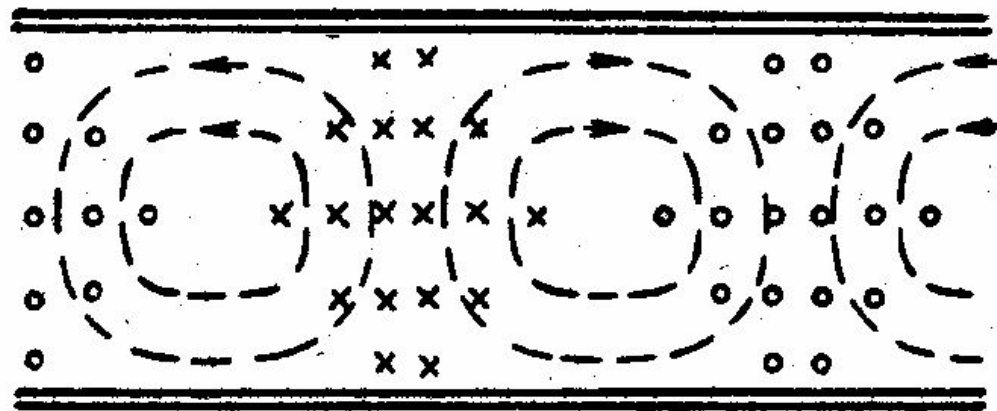
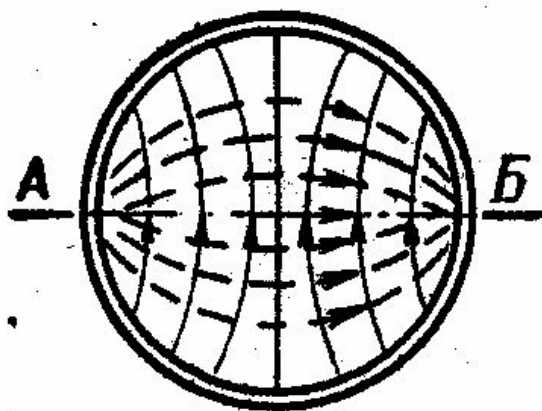


Круглый волновод

- Кроме волноводов прямоугольного сечения применяются круглые волноводы, особенно в случаях, когда антенна одновременно используется на прием и передачу и работает с полями, имеющими вертикальную и горизонтальную поляризации.
- Полям с вертикальной и горизонтальной поляризациями в антенне будут соответствовать в волноводе волны типа H_{11} с взаимно перпендикулярными направлениями вектора E . Работа с взаимно перпендикулярными поляризациями позволяет улучшить развязку между приемниками и передатчиками за счет поляризационной избирательности антенно-волноводного тракта. Последняя будет эффективной только в том случае, когда отсутствует перекрестная поляризация.

- Перекрестной поляризацией называется явление, когда за счет поля с основной поляризацией появляется поле с перпендикулярной поляризацией. Перекрестная поляризация ухудшает развязку между передающим и приемным трактами. Перекрестная поляризация вызывается эллиптичностью волновода, т.е. отличием сечения волновода от круглого, а также изгибами, вмятинами и небрежным монтажом.
- При изготовлении круглых волноводов всегда имеется некоторая эллиптичность сечения. При диаметре 70 мм неточность медных волноводов достигает 200 мкм. Для увеличения точности выполнения волноводы такого диаметра изготавливают из стали с медным покрытием, т.е. биметаллическим. Толщина стали биметаллического волновода 3,7 мм, меди 0,3 мм. В таком волноводе отклонение поперечного сечения от расчетной величины не превышает 500 мкм.

Структура поле волны Н11 в круглом волноводе



Поле волны E_{01} в круглом волноводе

