

## Урок №24 (6.12.2007)

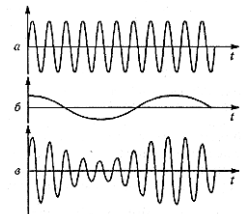
### Применение электромагнитных волн. Начало волновой оптики.

Исправить ошибку с прошлого урока: большие антенны, типа Шуховской радиобаши, используются для излучения волн в метровом радиодиапазоне (ДВ:  $\lambda = 10^4 \div 10^3$  м, СВ:  $\lambda = 10^3 \div 10^2$  м). Телевидение передается в УКВ диапазоне  $\lambda = 10 \div 10^{-3}$  м. Телевизионные антенны делаются высокими и ставятся на возвышенностях, чтобы находится в прямой видимости приёмников. Аналогично работают коротковолновые передатчики, КВ:  $\lambda = 10^2 \div 10$  м.

#### 1. Принцип радиосвязи (по Бутикову)

Основная проблема – нельзя передавать непосредственно звуковой диапазон. Человек слышит в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц ( $\lambda = 10^{10} \div 10^7$  м). Это очень низкие частоты, а плотность энергии излучаемого сигнала пропорциональна  $\omega^4$ .

Поэтому используются высокочастотные колебания, которые изменяют колебаниями звуковой частоты (модуляция). На принимающей стороне эти колебания «расшифровываются» или демодулируются (детектируются). Модуляция бывает амплитудной, частотной и фазовой. Мы рассмотрим лишь простейшую – амплитудную.



Пусть колебания тока *несущей частоты* в антенне имеют вид  $I(t) = I_0 \cos \omega t$ . Тогда при наложении звукового сигнала (на рис. б) они принимают вид  $I(t) = I_0 [1 + f(t)] \cos \omega t$ , где  $f(t)$  – модулирующая функция, выражающая передаваемую информацию, для которой  $|f(t)| < 1$ .

В простейшем случае передачи монохроматического тона  $f(t) = m \cos \Omega t$ , где  $m < 1$  называется *глубиной модуляции*. При этом  $\Omega \ll \omega$ .

Колебания тока в антенне в этом случае будут  $I(t) = I_0 [1 + m \cos \Omega t] \cos \omega t$ . График такого амплитудно-модулированного сигнала показан на рис. в.

Учитывая, что  $\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$ , мы можем выражение для тока в антенне переписать в виде:

$$I(t) = I_0 \cos \omega t + \frac{1}{2} m I_0 \cos [(\omega - \Omega)t] + \frac{1}{2} m I_0 \cos [(\omega + \Omega)t].$$

Таким образом, модулированный сигнал имеет частотный спектр ненулевой ширины. Поэтому для того, чтобы передать модулированный сигнал, требуется приёмник, имеющий колебательный контур ограниченной добротности (т.е. приёмник должен выделять из всех радиоволн не строго колебания частоты  $\omega$ , а диапазон частот от  $\omega - \Omega$  до  $\omega + \Omega$ ).

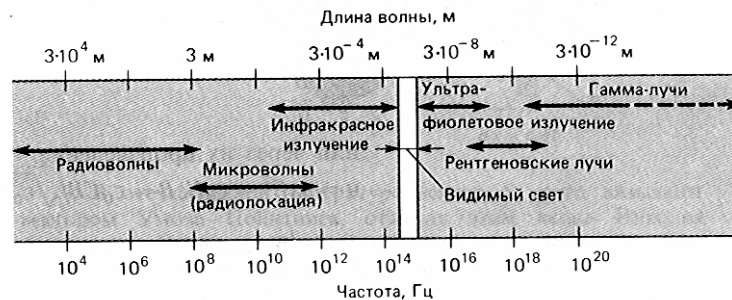


В приёмнике происходит следующая последовательность событий: в приёмной антенне возбуждаются колебания разных частот; далее с помощью колебательного контура с переменным конденсатором, выделяется нужная частота (резонанс); с помощью диода из полученной волны вырезается половина; с помощью низкочас-

тотного фильтра выделяется низкочастотная составляющая, которая усиливается и воспроизводится.

## 2. Свет как электромагнитная волна

Максвелл получил, что электромагнитные волны движутся со скоростью света... Правда, сами электромагнитные волны были открыты Генрихом Герцем в 1887 г. через восемь лет после смерти Максвелла. Опыты Герца подтвердили, что электромагнитные волны ведут себя точно так же, как свет (отражение, преломление и т.д.).



Интервал от 0,40 до 0,76 мкм – видимый свет;  $10^{-5} \div 10^{-7}$  м – область, рассматриваемая классической оптикой.

Отличие между радиоволнами и оптическим диапазоном: способ излучения. Радиоволна излучается передатчиком длительное время, поэтому ее можно с очень высокой точностью считать монохроматической (т.е. со строго определенной длиной волны). Световая волна излучается огромным количеством атомов. Каждый возбужденный атом излучает *волновой цуг* независимо от других.

Когерентность:

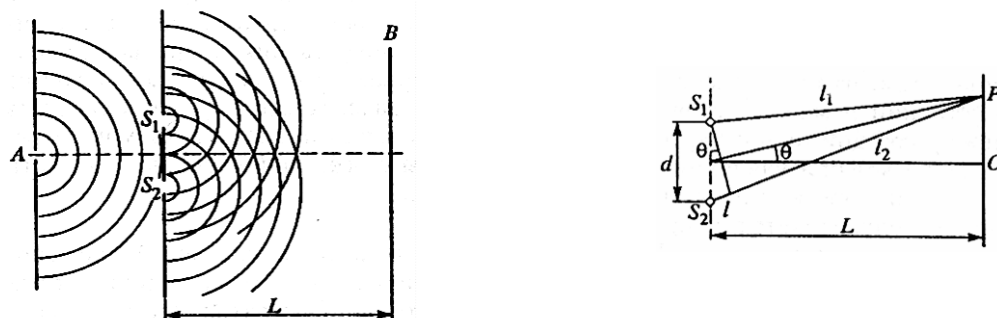
- временная
- пространственная.

## 3. Интерференция света

**Опыт Юнга.**

Опыт Юнга (1802). Т.к. источники некогерентны, то интерференцию можно наблюдать лишь при разделении и сведении одного и того же пучка, причем разность хода лучей должна быть меньше длины одного цуга.

*Принцип Гюйгенса: каждую точку прохождения волны можно считать вторичным точечным излучателем.*



Интерференция в опыте Юнга будет усиливающей, если разность хода волн между двумя лучами будет кратна длине волны света. Считая расстояние между отвер-

ствиями  $d \ll L$ , при малых  $\theta$  получим для разности хода  $l$ :  $l = d\theta$ . Максимумы будут наблюдаться при углах  $\theta_{\max} = n \frac{\lambda}{d}$ ,  $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ , соответственно минимумы:

$$\theta_{\min} = \left( n + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda}{d}, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Угловое расстояние  $\Delta\theta$  между соседними минимумами или максимумами будет  $\lambda/d$ , а расстояние  $h$  между ними на экране равно  $h = L\Delta\theta = \lambda L/d$ .

*Оценим максимальный ход лучей, при которых еще возможно наблюдать явление интерференции. Время излучения атома  $\sim 10^{-8}$  с. Следовательно, длина цуга  $\delta = 10^{-8} \times 3 \cdot 10^8 \approx 3$  м.*

Трудность наблюдения интерференции света заключается в том, что длина волны света очень мала: при  $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$  см и расстоянии между источниками, равном всего  $d = 0,5$  мм, расстояние между максимумами будет составлять только 1 мм при расстоянии до экрана 1 м.