

Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн

Симметричный вибратор



Распределение тока на симметричном вибраторе

Для получения симметричного распределения токов необходимо:

- * **обе половины вибратора должны быть зеркально симметричны относительно середины;**
- * **питающий двухпроводной фидер должен подключаться к разрыву вибратора.**

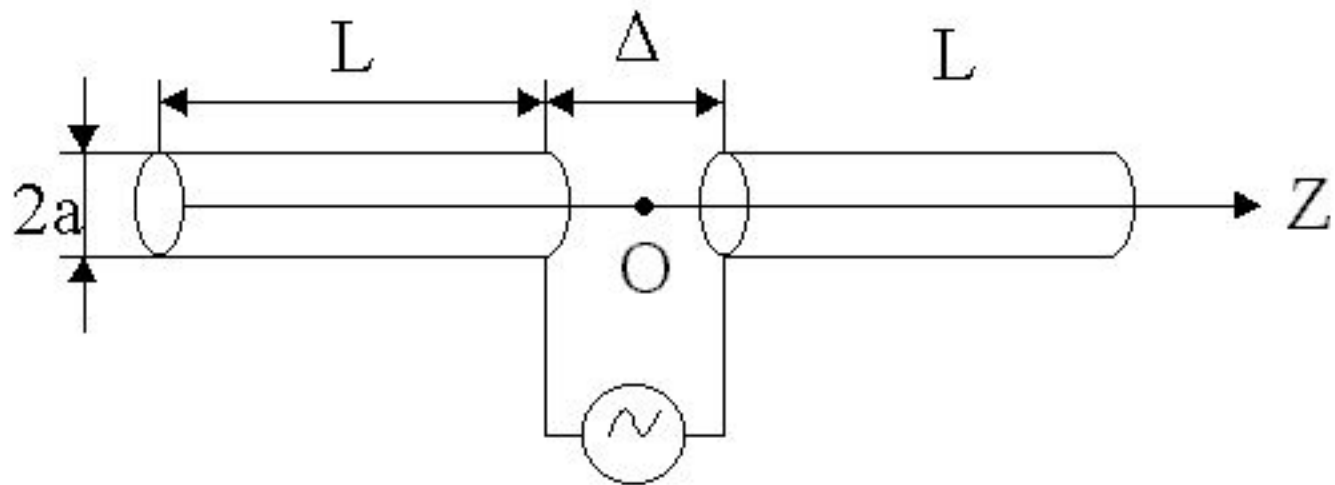
$$I(z) = I_{\Pi} \sin k(l - z) \quad (3.1)$$

- выражение для амплитуды тока в произвольном сечении

где k - волновое число,

I_{Π} - амплитуда тока в пучности тока

Фаза тока во всех сечениях вибратора одинакова (синфазное распределение).



$$i(z,t) = I_{\Pi} \operatorname{Sink}(l - |z|) \operatorname{Cos} \omega t \quad (3.2)$$

- МГНОВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТОКА

Графики распределения тока в очень тонких вибраторах различной длины

$$l/\lambda=0,25$$



$$l/\lambda=0,625$$



$$l/\lambda=0,5$$



$$l/\lambda=1$$



Стрелками показано направление тока в некоторый момент времени

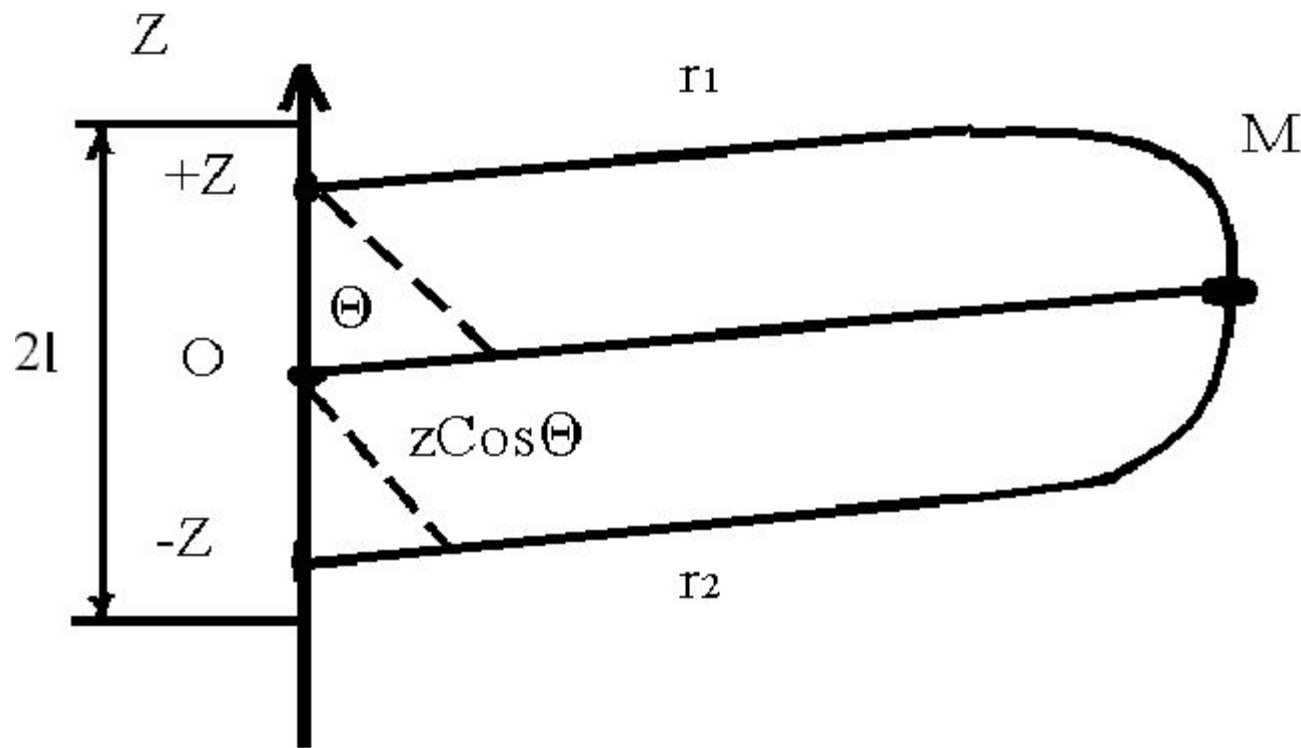
Распределение тока в вибраторах конечной толщины отличаются от синусоидального тем сильнее, чем толще вибратор:

- **отсутствие четких нулей;**
- **уменьшение расстояния между минимумами полуволн;**
- **эквивалентное укорочение длины волны;**
- **синфазность тока по длине в пределах полуволн.**

Волновое сопротивление
симметричного вибратора:

$$W_a = 120(\ln(l/a) - 1) \quad (3.3)$$

Поле излучения симметричного вибратора.



$$r_1 = r - z \cos \Theta$$

$$r_2 = r + z \cos \Theta$$

$$r_2 - r_1 \ll r$$

Мгновенные значения напряженности поля, возбуждаемого в точке М элементарными участками вибратора

$$\begin{aligned} dE_1 &= dE_m \sin(\omega t - kr_1) = \\ &= dE_m \sin(\omega t - kr + kz \cos\Theta) \quad (3.4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dE_2 &= dE_m \sin(\omega t - kr_2) = \\ &= dE_m \sin(\omega t - kr - kz \cos\Theta) \quad (3.5) \end{aligned}$$

где $\omega t - kr = \xi$.

Определим
результатирующее поле

$$\begin{aligned} d\mathbf{E} &= d\mathbf{E}_1 + d\mathbf{E}_2 = \\ & dE_m \{ \mathit{Sin}(\xi + kz \mathit{Cos}\Theta) + \\ & \quad + \mathit{Sin}(\xi - kz \mathit{Cos}\Theta) \} = \\ & = 2dE_m \mathit{Sin}\xi \mathit{Cos}(kz \mathit{Cos}\Theta) \quad (3.6) \end{aligned}$$

при токе с амплитудой I_{mz}

$$dE_m = \frac{60 I_{mz} \pi dz}{r \lambda} \sin \Theta \quad (3.7)$$

Поле двух элементарных электрических излучателей:

$$dE = \frac{120 \pi I_{mz} \sin \Theta}{r \lambda} \sin \xi \cos(kz \cos \Theta) dz \quad (3.8)$$

Результирующее поле всего симметричного вибратора:

$$E = \frac{120\pi}{r\lambda} \sin\theta \sin\zeta \int_0^{l/2} \text{Im } z \cos(kz \cos\theta) dz \quad (3.8)$$

решая это уравнение получаем:

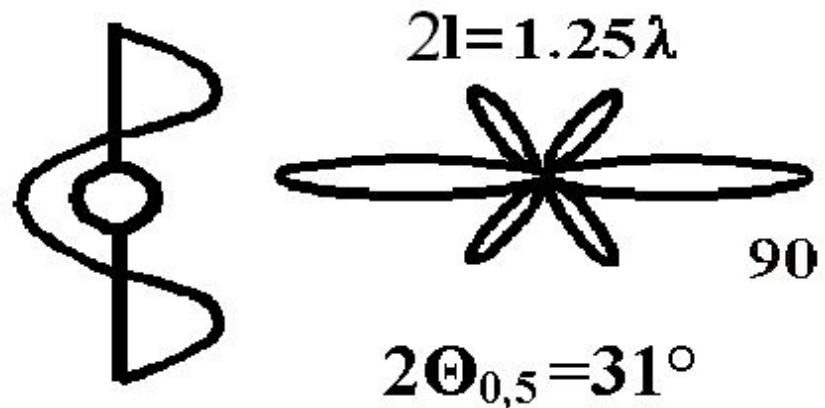
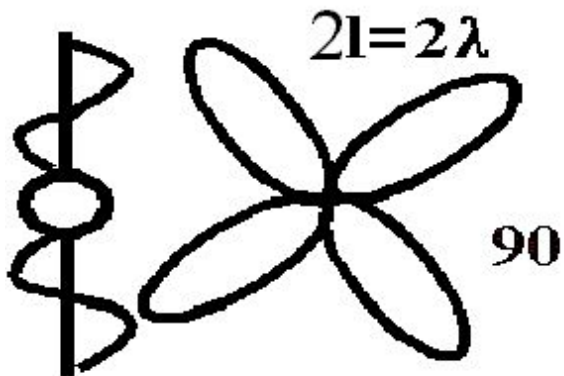
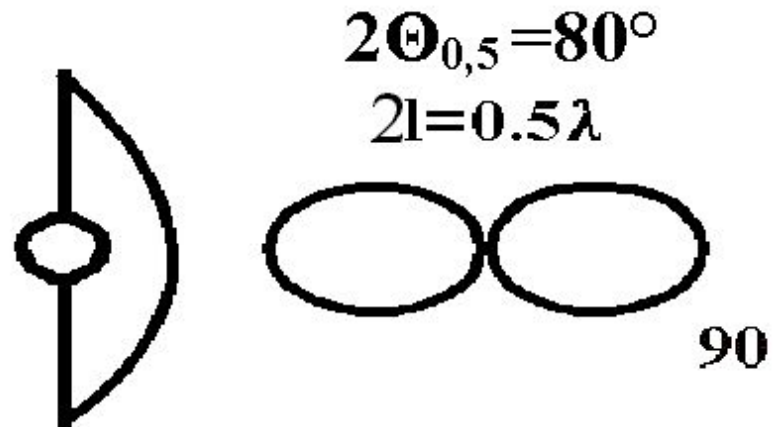
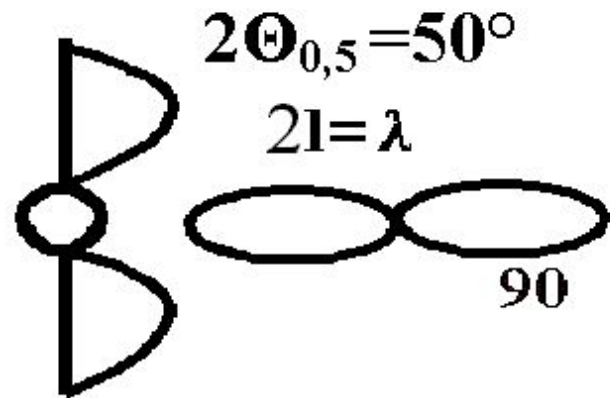
$$E = 60 I_m / r F(\Theta) \sin(\omega t - kr) \quad (3.9)$$

где I_m - ток в пучности

Нормированная диаграмма направленности антенны

$$F(\Theta) = \frac{\cos\left(\frac{2\pi l}{\lambda} \cos\Theta\right) - \cos\left(\frac{2\pi l}{\lambda}\right)}{\sin\Theta}$$

Диаграмма направленности симметричного вибратора в меридиональной плоскости



Краткие выводы

1. Симметричный вибратор любой длины не излучает вдоль своей оси (так как элементарные излучатели не создают излучения в этом направлении).

2. При увеличении длины вибратора до $0,5\lambda$, происходит рост излучения в направлении перпендикулярном оси вибратора, при этом главные лепестки становятся уже.

3. ДН при $l < 0,5\lambda$ состоит из двух главных лепестков

4. При $l > 0.5\lambda$ излучение в главном направлении продолжает возрастать, но появляются боковые лепестки.

5. При $l > 0.625\lambda$ излучение в главном направлении уменьшается и возрастают боковые лепестки

6. При $l < 0.75\lambda$ поле в экваториальной плоскости максимально

7. При $l \approx 0.75\lambda$ излучение в бокового лепестка направлении превосходит излучение в главном направлении.

8. При $l=\lambda$ участки со встречными направлениями тока равны по длине, поэтому излучение в экваториальной плоскости отсутствует.

9. Фаза напряженности поля в пределах от одного лепестка не зависит от угла Θ . Фаза изменяется на π при переходе напряженности через ноль.

10. При $2l = \lambda, 2\lambda, 3\lambda \dots$ число лепестков в ДН приходящееся на каждую полусферу равно числу длин волн укладывающихся по длине вибратора.

11. По мере увеличения длины вибратора ($l > \lambda$) направление главного лепестка все более приближается к оси вибратора

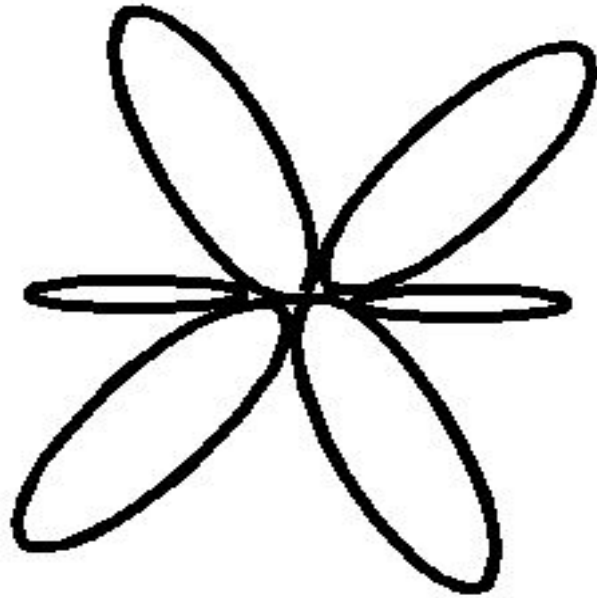
12. Симметричный вибратор излучает сферические волны и обладает фазовым центром, совпадающим с центром вибратора.

Для полуволнового
вибратора $2l = \lambda/2$

ДН имеет следующий вид:

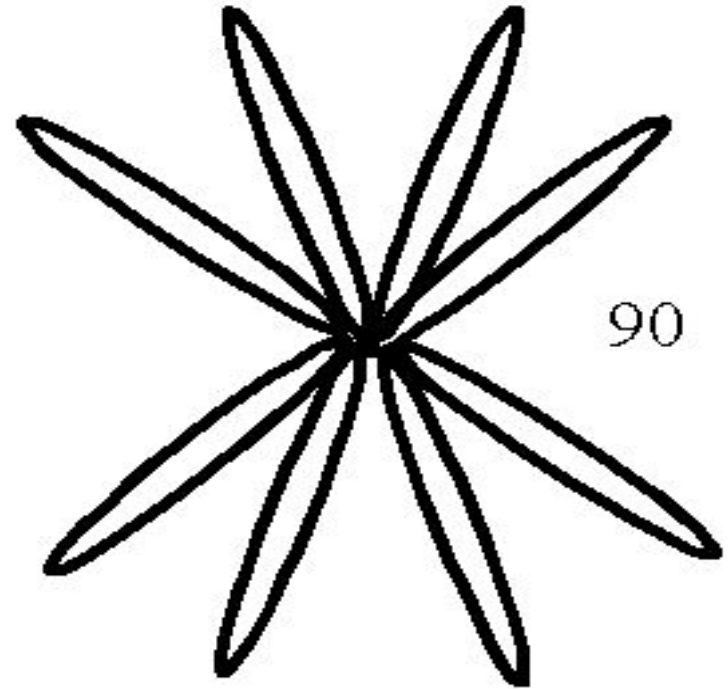
$$F(\Theta) = \frac{\cos(\pi/2 \cos\Theta)}{\sin\Theta} \quad (3.12)$$

$$2l = 1.5\lambda$$



90

$$2l = n\lambda$$



90

КНД симметричного вибратора:

$$D_0 = \frac{4\pi}{\int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} F^2(\Theta, \varphi) \sin\Theta d\Theta d\varphi}$$

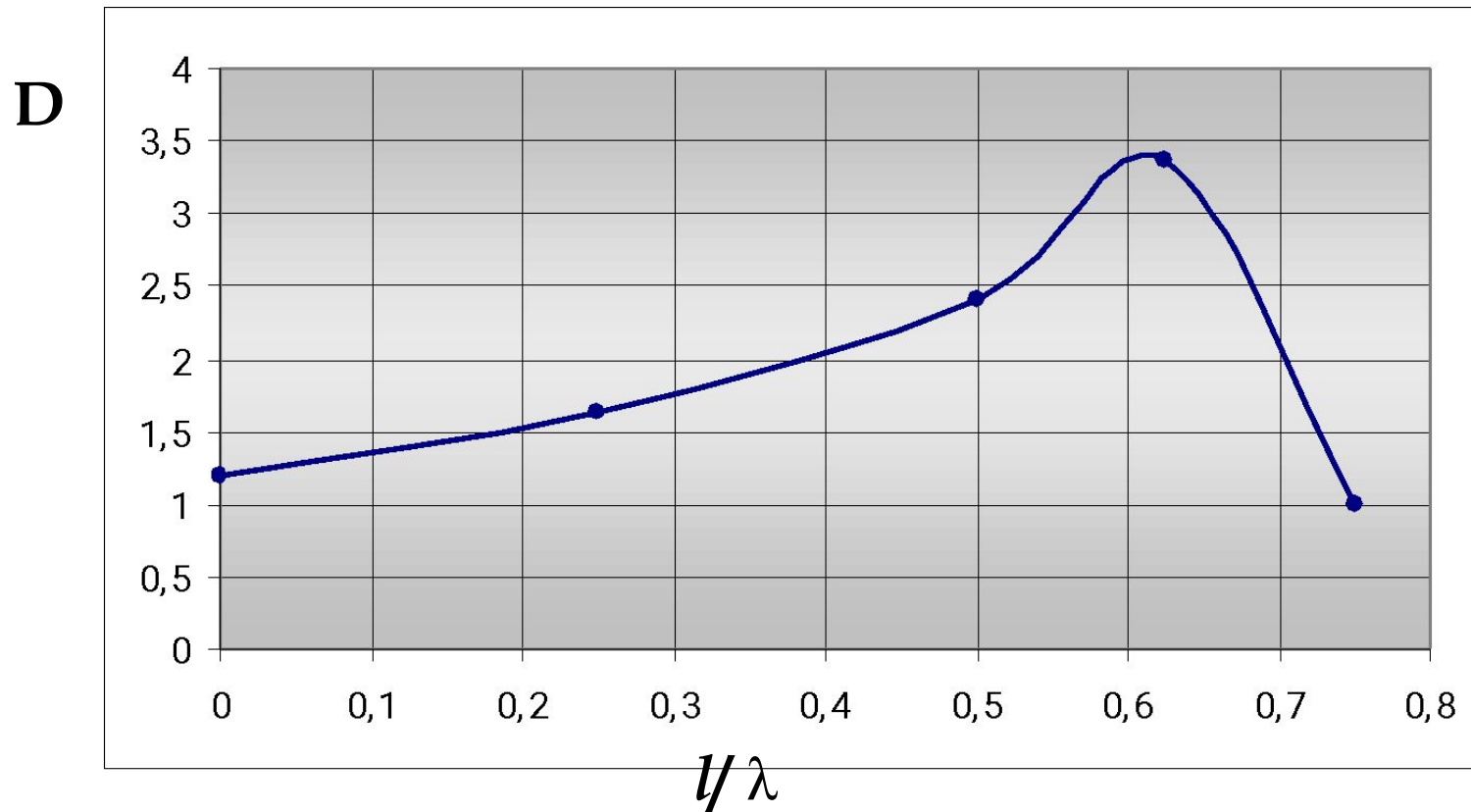
(3.13)

$$D_0 = 2 \left[\int_0^{\pi} \left(\frac{\cos(kl \cos \Theta) - \cos kl}{1 - \cos kl} \right)^2 \frac{1}{\sin \Theta} d\Theta \right]^{-1}$$

(3.14)

**Для полуволнового вибратора $l = \lambda/2$,
 $kl = \pi/2$, $F_m = 1$, $D = 1.64$.**

График зависимости КНД от длины вибратора



$$l=\lambda/4; D=1,64$$

$$l=\lambda/2; D=2,41$$

$$l=0,625\lambda; D=3,36$$