

Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн

ОСНОВЫ ТЕОРИИ АНТЕНН

ЛЕКЦИЯ № 6



6.1. Излучение вибратора, находящегося над поверхностью земли.

В первом приближении считают, что поверхность земли - идеально проводящая бесконечная плоскость. В этом случае применяют метод зеркальных изображений.

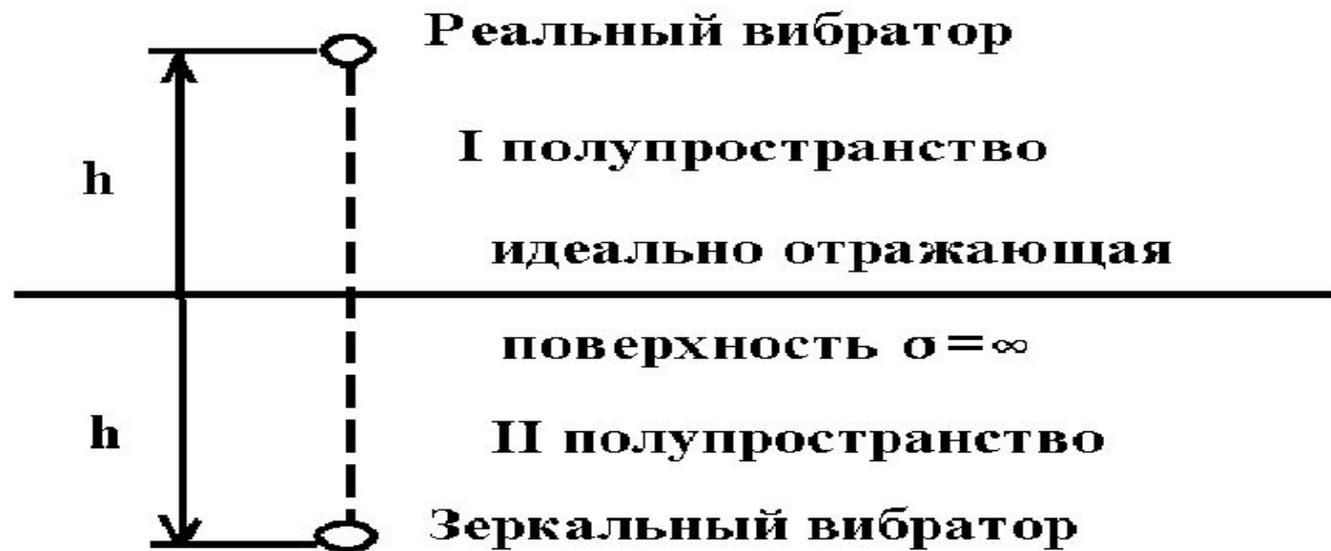


Рис.6.1.

Сущность метода. При определении электромагнитного поля, создаваемого излучателем, действие вторичных токов, протекающих на идеально проводящей плоскости, заменяется введением эквивалентного фиктивного излучателя, являющегося зеркальным изображением действительного излучателя, относительно плоскости. Фиктивный (зеркальный) излучатель располагается на продолжении нормали, проведённой от действительного излучателя к проводящей плоскости по другую сторону на том же расстоянии, что и действительный.

При этом размеры и амплитуда тока в фиктивном излучателе равны действительным, а фаза тока зависит от направления действительного излучателя относительно плоскости. Результирующее электромагнитное поле в новом рассмотрении также удовлетворяет граничным условиям на этой поверхности. Это говорит о том, что фиктивный излучатель создаёт точно такое же поле, как и вторичные токи на поверхности.

Рассмотрим горизонтальный электрический вибратор, который расположен на высоте h от идеально проводящей поверхности:

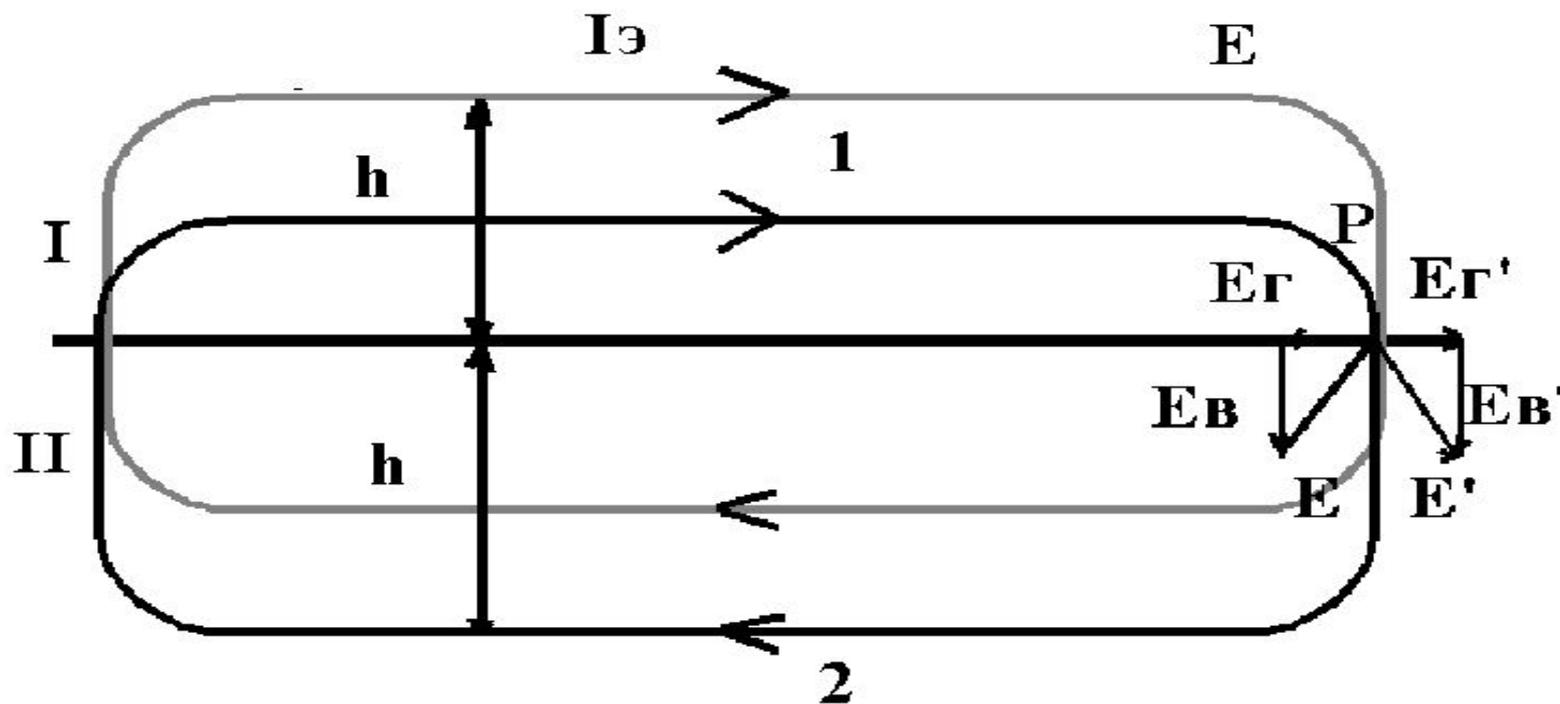


Рис.6.2.

На поверхности идеального металла тангенциальная составляющая электрического поля равна 0. Из рис. 6.2 следует, что фаза тока в зеркальном вибраторе должна быть сдвинута на 180 градусов т. е. ток во втором вибраторе должен быть в противофазе.



В случае вертикального электрического излучателя ток в зеркальном вибраторе должен быть одинаков по фазе и по величине с первичным.

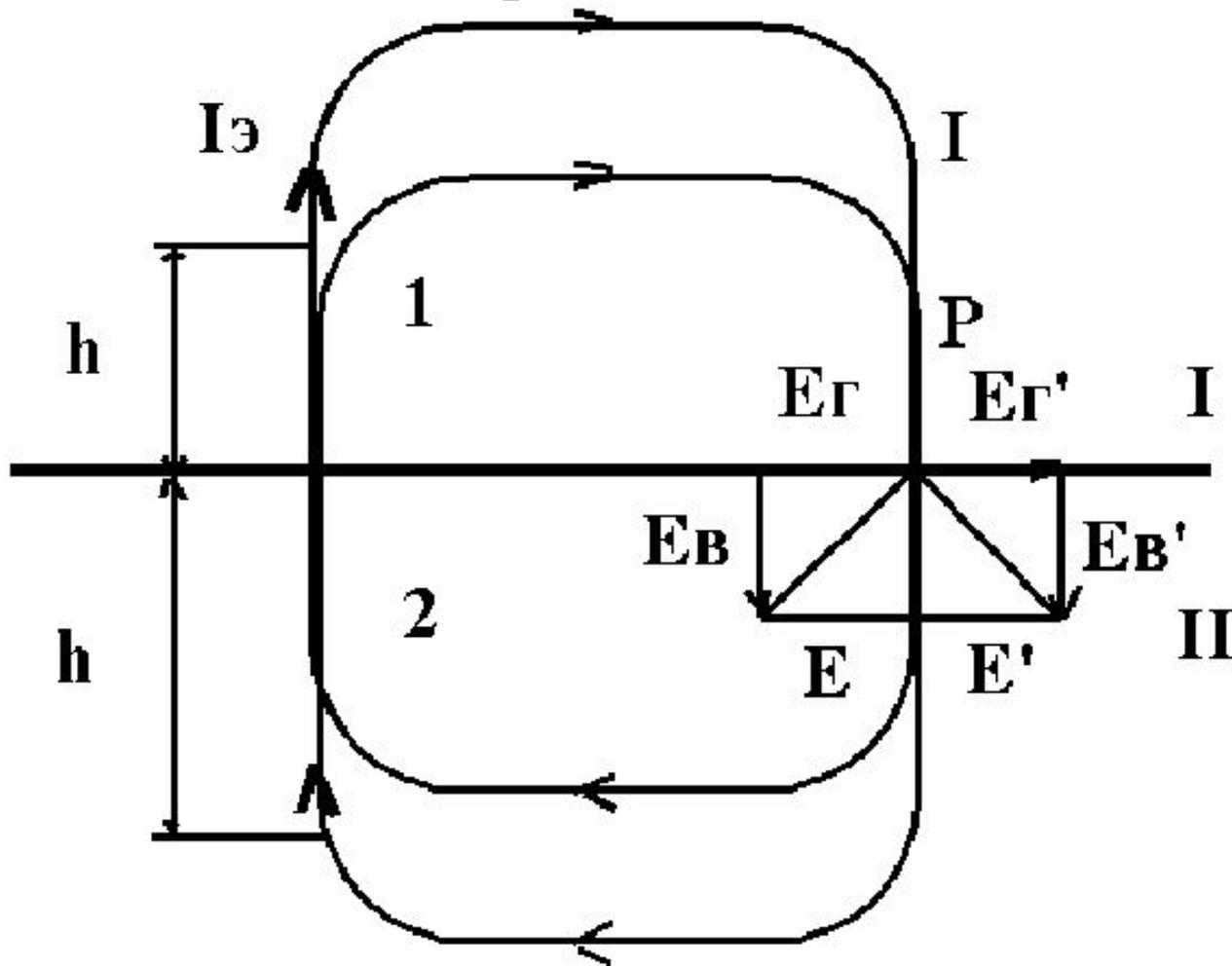


Рис.6.3.

В случае горизонтального электрического излучателя, горизонтальной электрической рамки и вертикального магнитного излучателя ток в фиктивном излучателе имеет направление, противоположное направлению тока в действительном излучателе.

При высоте источника над плоскостью $h = 0$ суммарное поле становится равным нулю и излучение отсутствует, сопротивление излучения равно нулю.



В случае вертикального электрического излучателя, горизонтальной магнитной рамки, горизонтального магнитного излучателя первичные и вторичные поля при $h = 0$ становятся равными между собой по величине и знаку так, что суммарное поле удваивается относительно поля того же источника в свободном пространстве. Происходит удвоение сопротивления излучения и КНД увеличивается вдвое.



6.2. Излучение симметричного вибратора, расположенного над поверхностью земли.

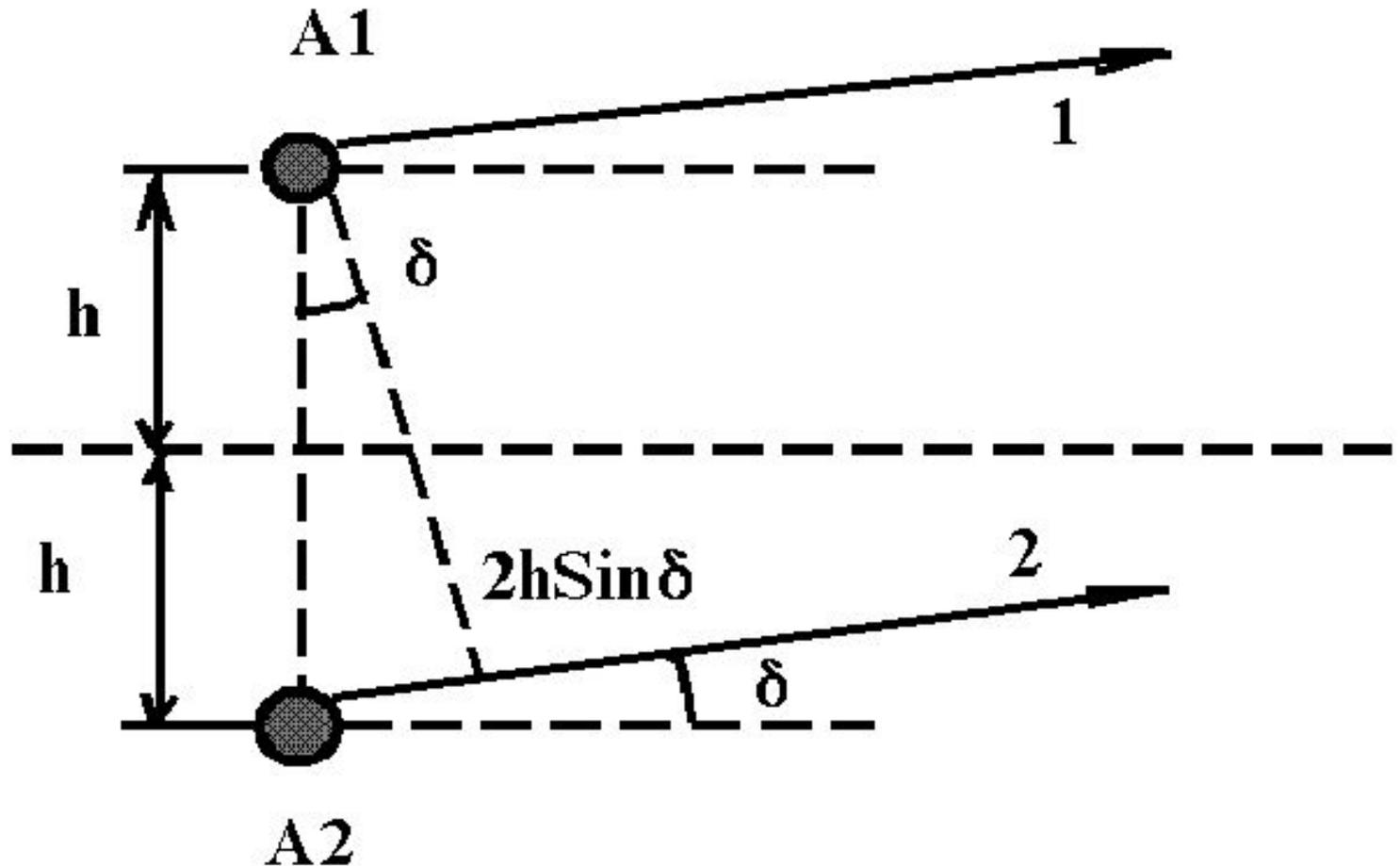


Рис.6.4.

Результирующее поле горизонтального вибратора, обобщённая формула для метода зеркальных изображений для случая когда поверхность не идеально проводящая:

$$E_{\perp} = \frac{60In}{r} (1 - \text{Cos}kl) \sqrt{1 + R_{\perp}^2 + 2R_{\perp} \text{Cos}(\Phi_{\perp} - 2kh \text{Sin}\delta)} \quad (6.1)$$

В случае идеально проводящей земли $R_{\perp} = 1$, $\Phi_{\perp} = 180^{\circ}$.

$$f(\delta) = E_{\perp} r / (60In) = 2(1 - \text{Cos}kl) \text{Sin}(kh \text{Sin}\delta) \quad (6.2)$$

Углы максимального излучения:

$$\text{Sin}\delta_{\max} = (2n+1)\lambda / (4h), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Углы наклона, при котором излучение отсутствует:

$$\text{Sin}\delta_{\min} = n\lambda / (2h), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$



Диаграммы направленности:

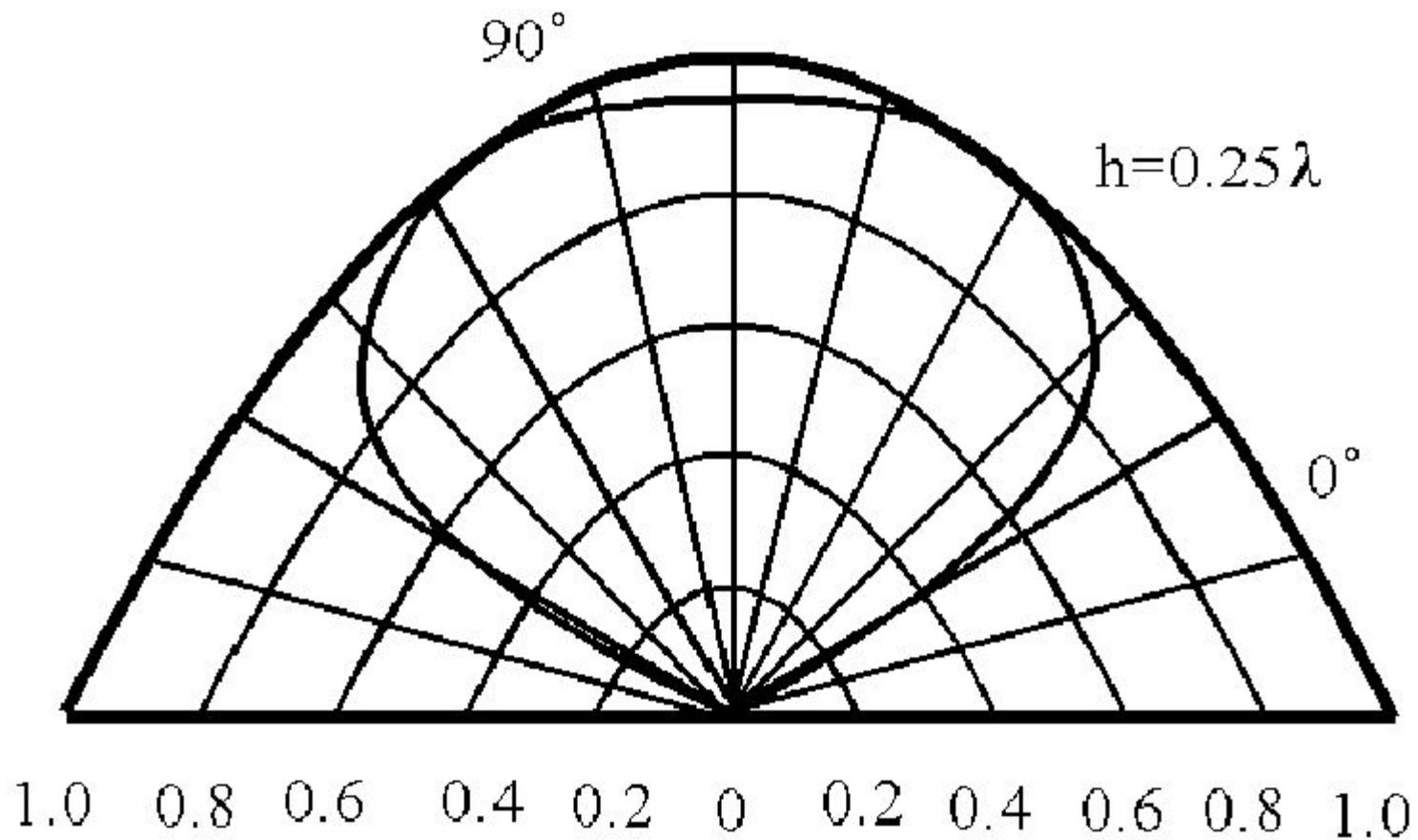


Рис. 6.5



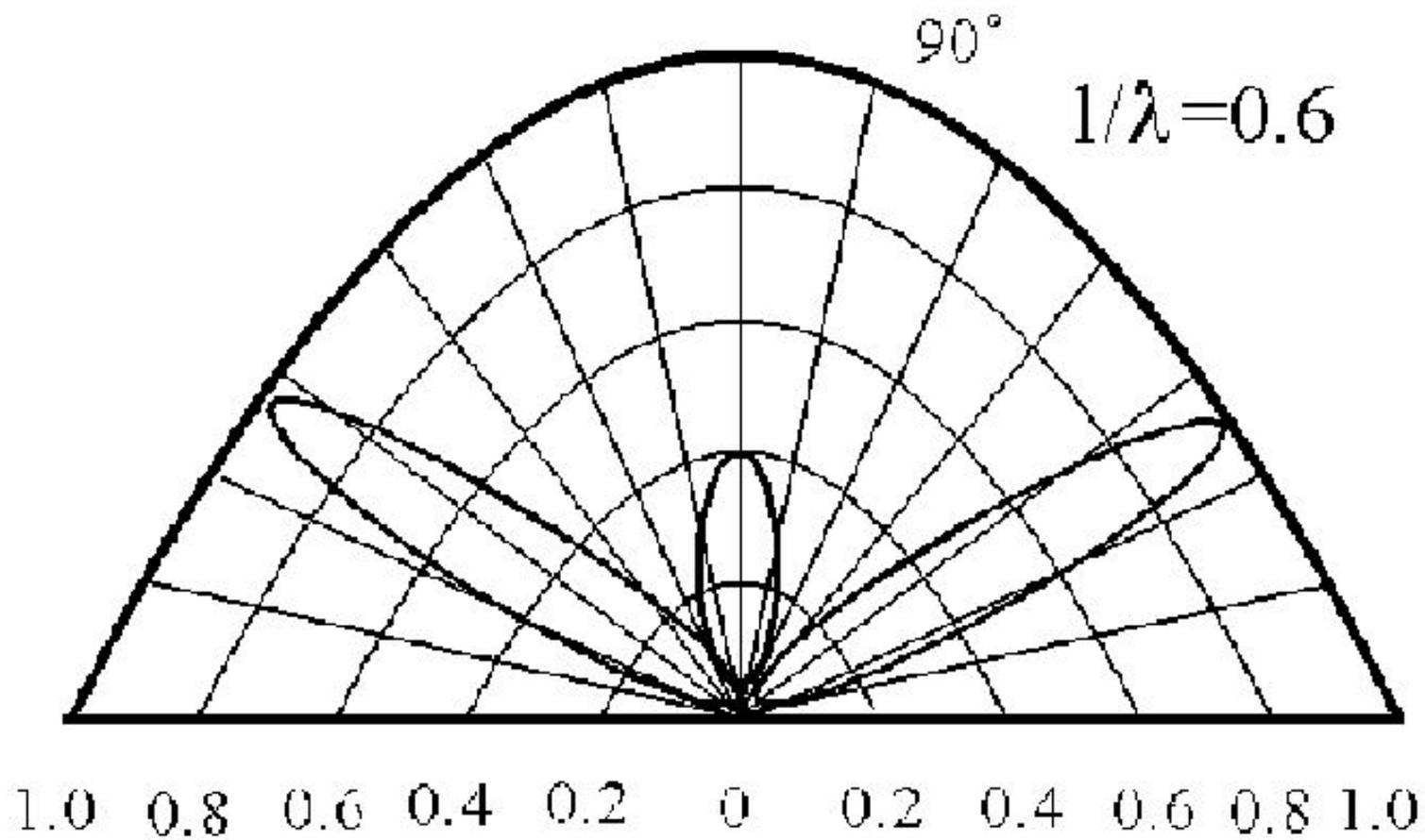


Рис. 6.6



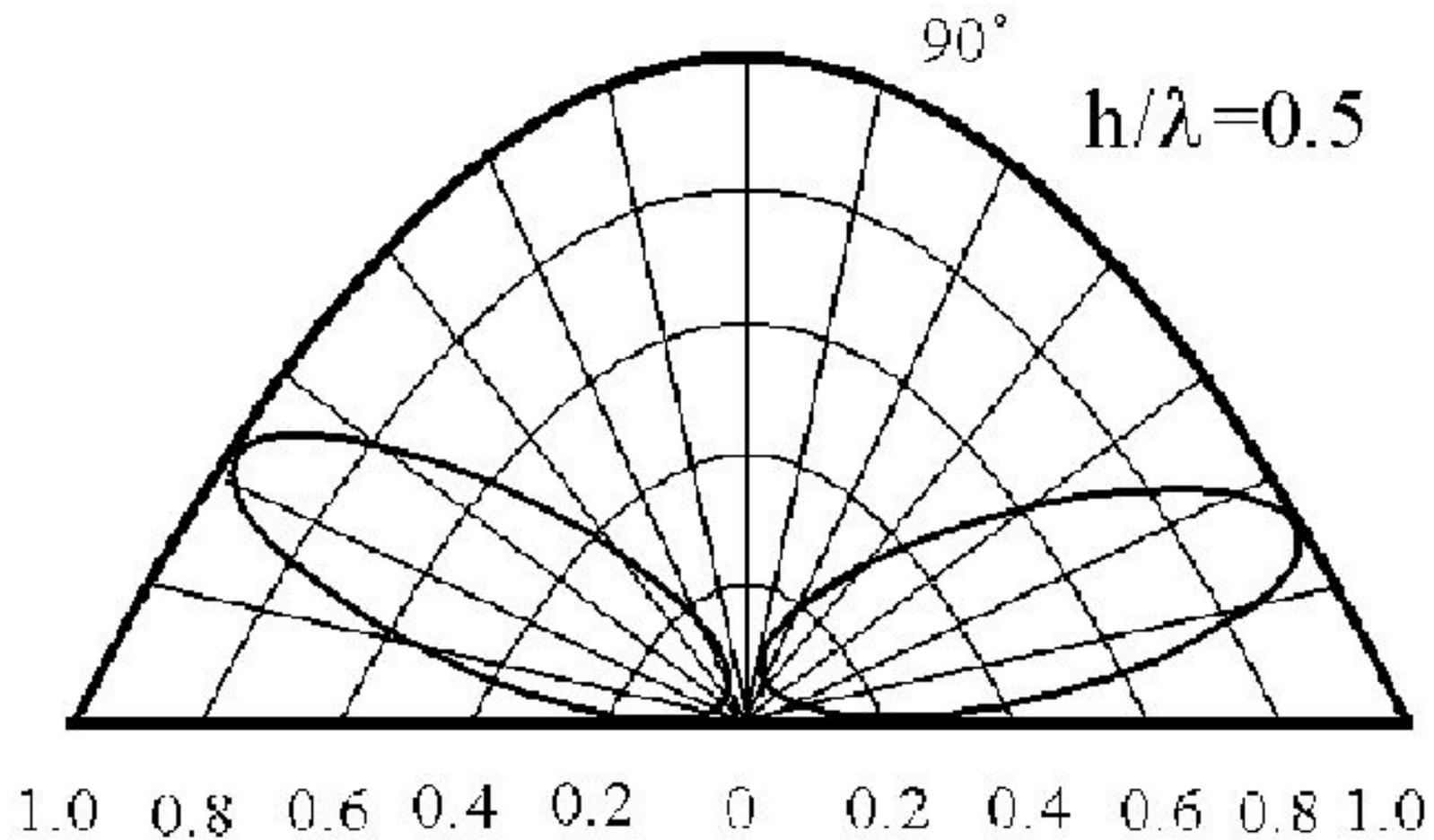


Рис. 6.7

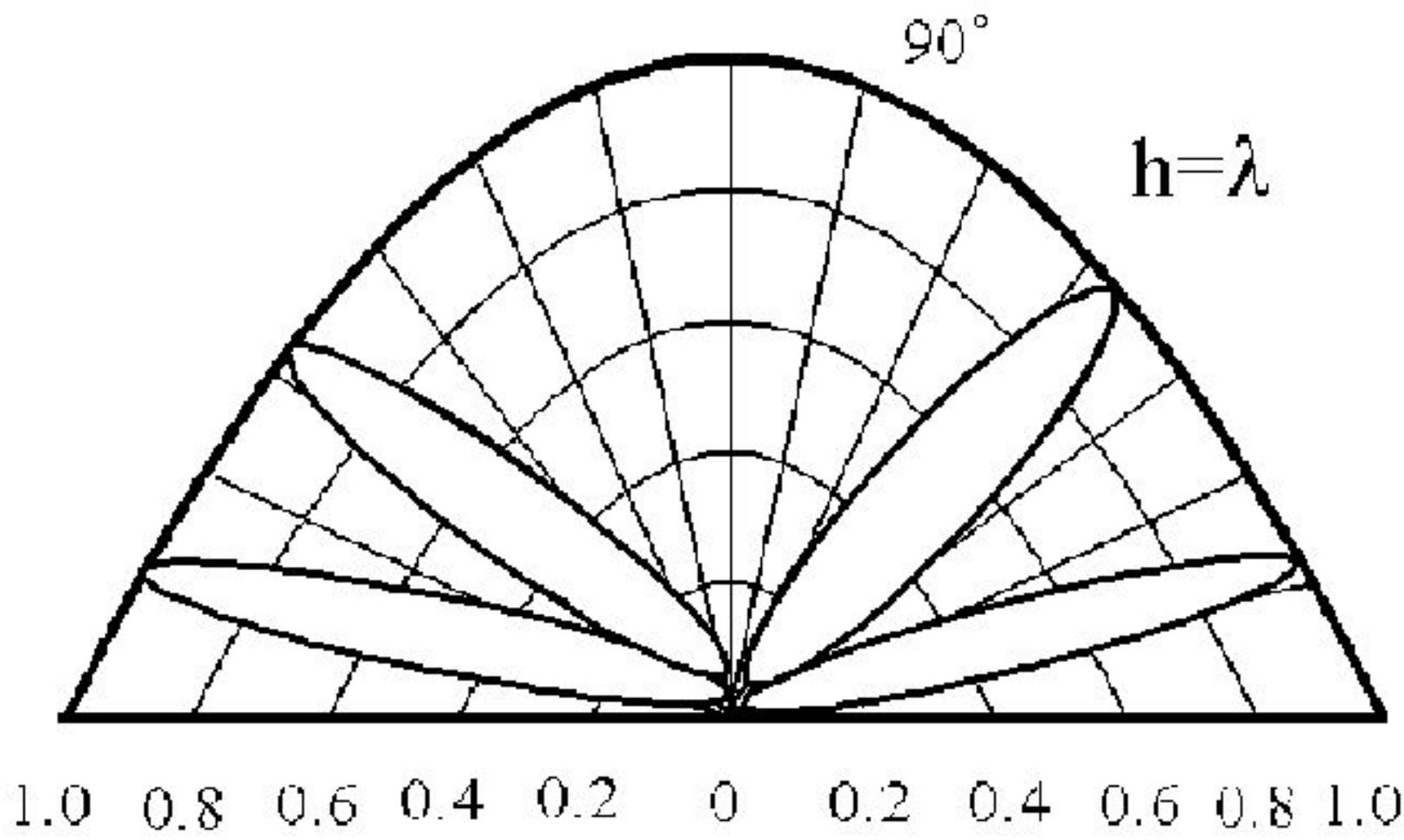


Рис. 6.8



Для вертикального вибратора в случае идеально проводящей земли $R_{\parallel}=1$, $\Phi_{\parallel}=0$ ДН:

$$f(\delta) = 2 \frac{\text{Cos}(kl\text{Sin}\delta) - \text{Cos}kl}{\text{Cos}\delta} \text{Cos}(kh\text{Sin}\delta) \quad (6.3)$$

$\text{Cos}(k \cdot h \cdot \text{Sin}(\delta))$ - множитель системы (множитель влияния земли).

Первый максимум диаграммы направленности получается при $\delta=0$. При этом $\text{Cos}(kh\text{Sin}\delta)=1$, множитель $\{\text{Cos}(kl\text{Sin}\delta)-\text{Cos}kl\}/\text{Cos}\delta$ - характеристика направленности одного вибратора так же максимальна при $l/\lambda \leq 0,7$. С увеличением l/λ растет количество лепестков.

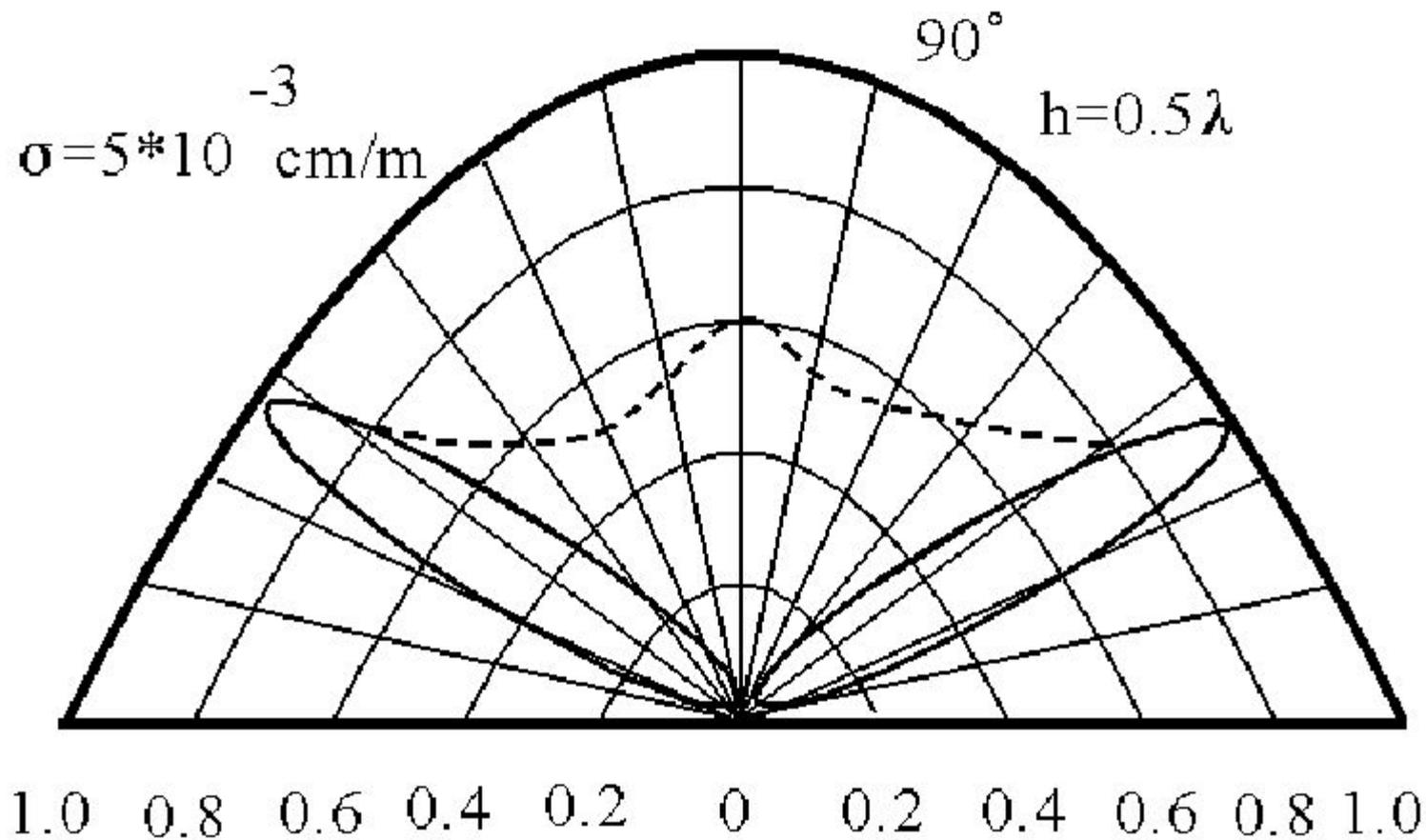


Рис. 6.9



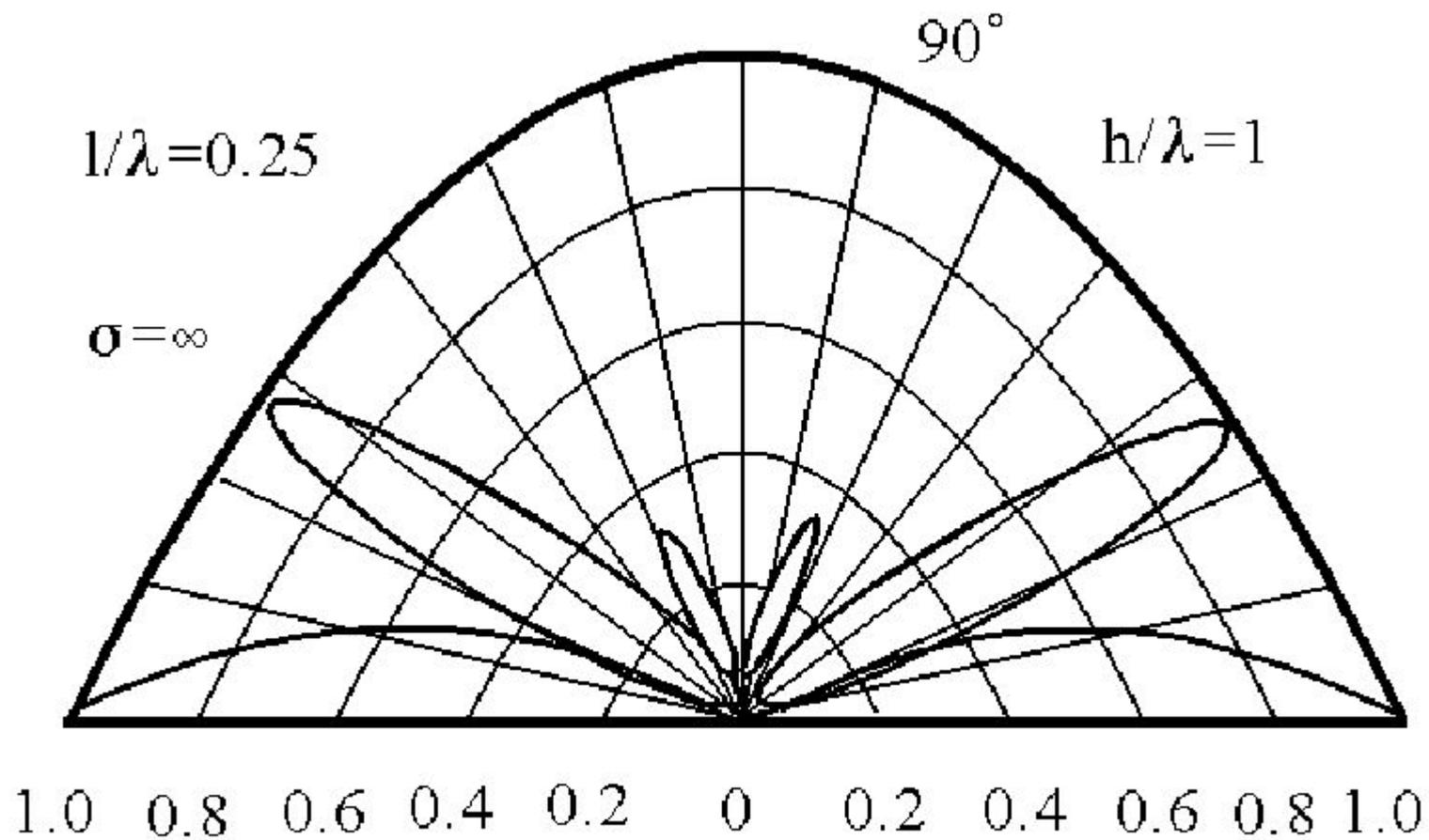


Рис 6.10



6.3. Несимметричный вертикальный заземленный вибратор.

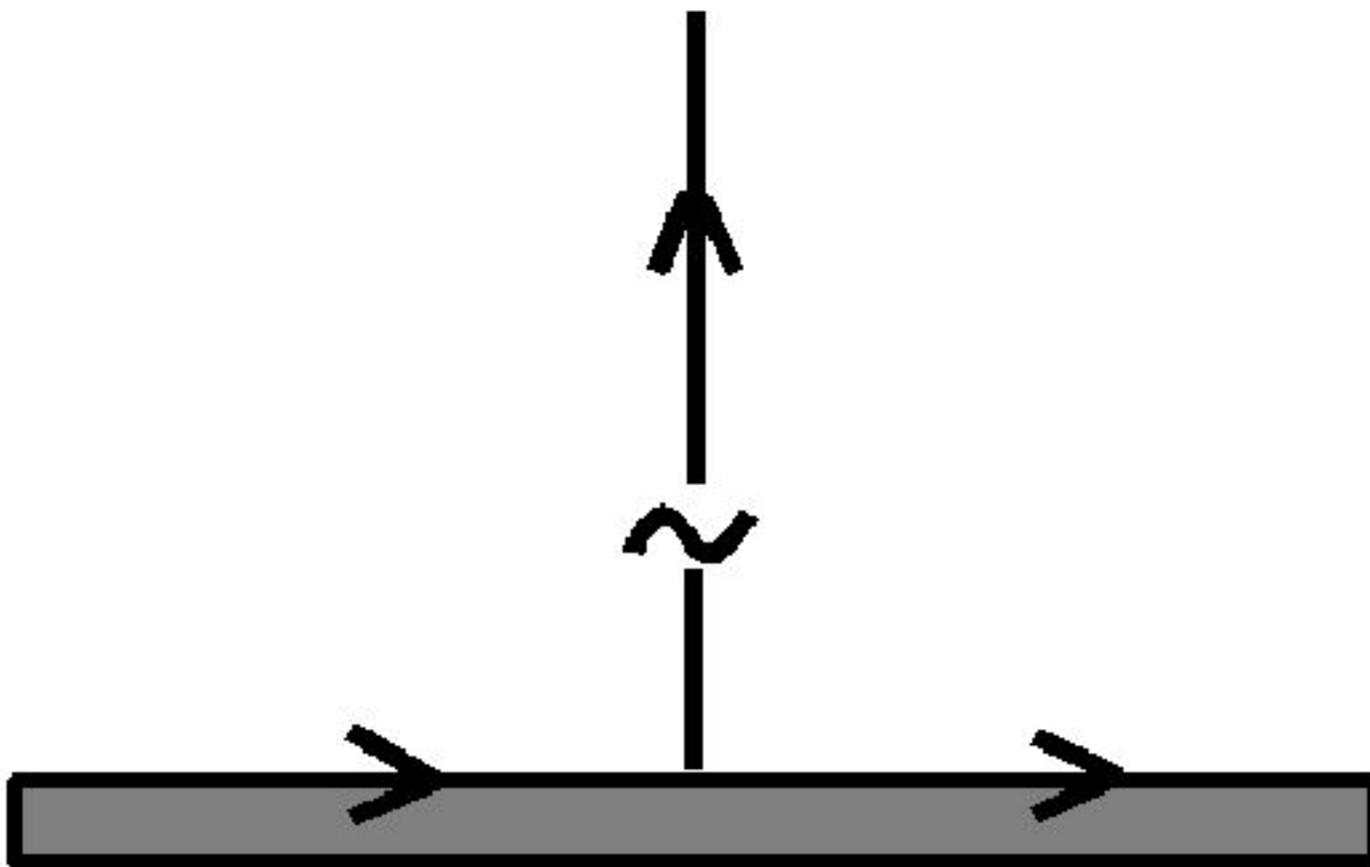


Рис. 6.11



Вертикальный по отношению к земле или к другой металлической поверхности проводник, к нижнему концу которого присоединён один зажим генератора, другой зажим генератора присоединён к земле или металлическому телу. Роль второго прелча излучателя (вибратора) играет земля или металлическая поверхность. Несимметричный вибратор применяется на километровых и гектометровых волнах, а также декаметровых и на метровых волнах (автомобильные, самолётные антенны). На километровых и гектометровых волнах земную поверхность можно считать идеальной и действие вторичных источников можно заменить зеркальным изображением.



В случае коротких волн следует учитывать действительные параметры почвы и определять ток в зеркальном излучателе с помощью коэффициента отражения.

В случае идеально проводящей земли замена её зеркальным изображением излучателя сводится к переходу от несимметричного излучателя длиной l к симметричному излучателю длиной $2l$. При этом токи в обоих излучателях одинаковы.



Диаграмма направленности:

$$F(\delta) = \frac{\text{Cos}(kl\text{Sin}\delta) - \text{Cos}kl}{(1 - \text{Cos}kl)\text{Cos}\delta} \quad (6.4)$$

Где δ - угол между нормалью к оси вибратора и направлением на точку наблюдения.

В случае несимметричного вибратора угол δ может изменяться в пределах $0^\circ \leq \delta \leq 180^\circ$.



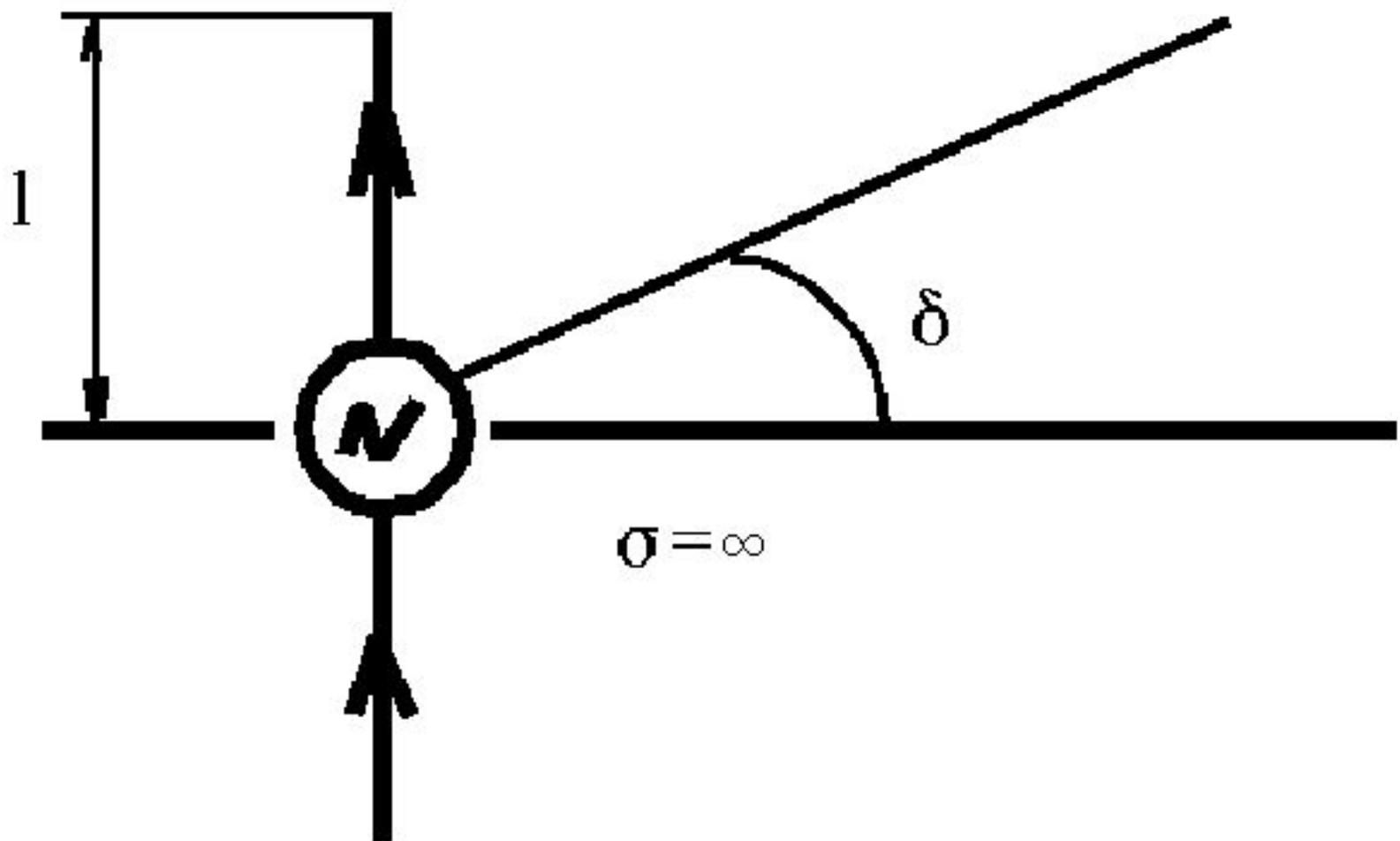


Рис 6.12



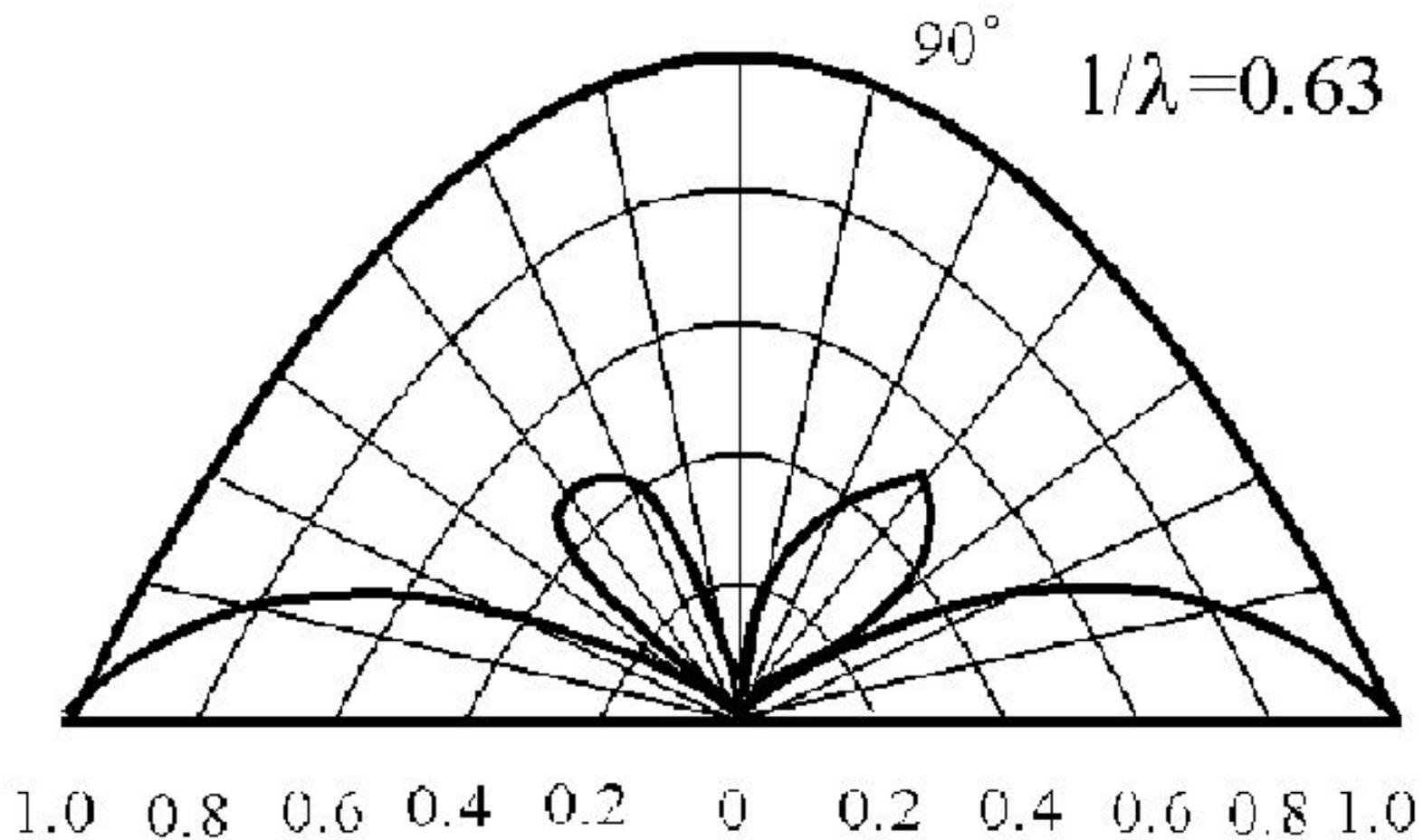


Рис 6.13



Для случая коротких вибраторов ($l/\lambda < 0.1$) в диапазоне километровых волн:

$$R_{\text{вх}} = R_{\Sigma 0} = 10(kl)^4 / \text{Sin}^2 kl \quad (6.5)$$

$$R_{\Sigma 0} = 10(kl)^4 \approx 400(l/\lambda)^2 \quad (6.6)$$

Реактивная составляющая входного сопротивления $X_{\text{вх}}$ несимметричного вибратора при $l/\lambda < 0.3$

$$X_{\text{вх}} = X_{\Sigma 0} = -W_a \text{ctg} kl \quad (6.7)$$

$W_a = 60 \ln(1/a - 1)$ - волновое сопротивление несимметричного вибратора.

Действующая длина несимметричного вибратора:

$$l_{\Delta} = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{1 - \text{Cos} kl}{\text{Sin} kl} \quad (6.8)$$



Рис. 6.14





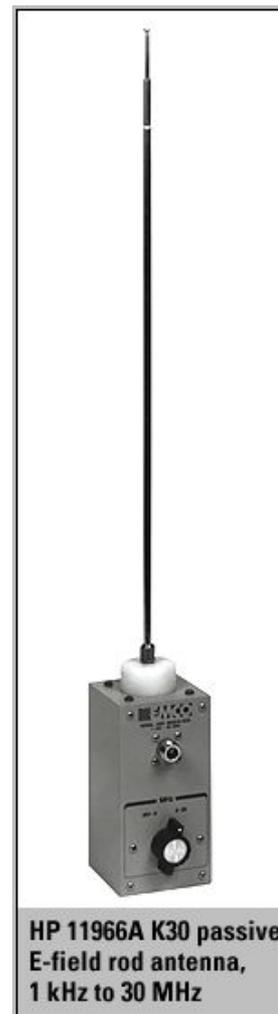
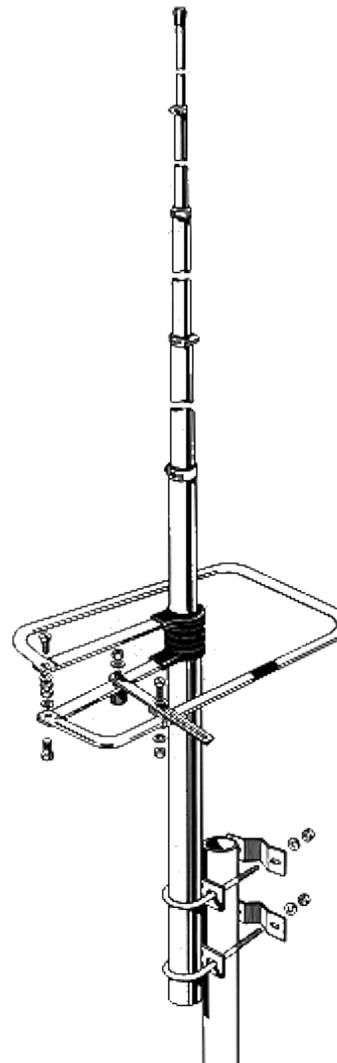
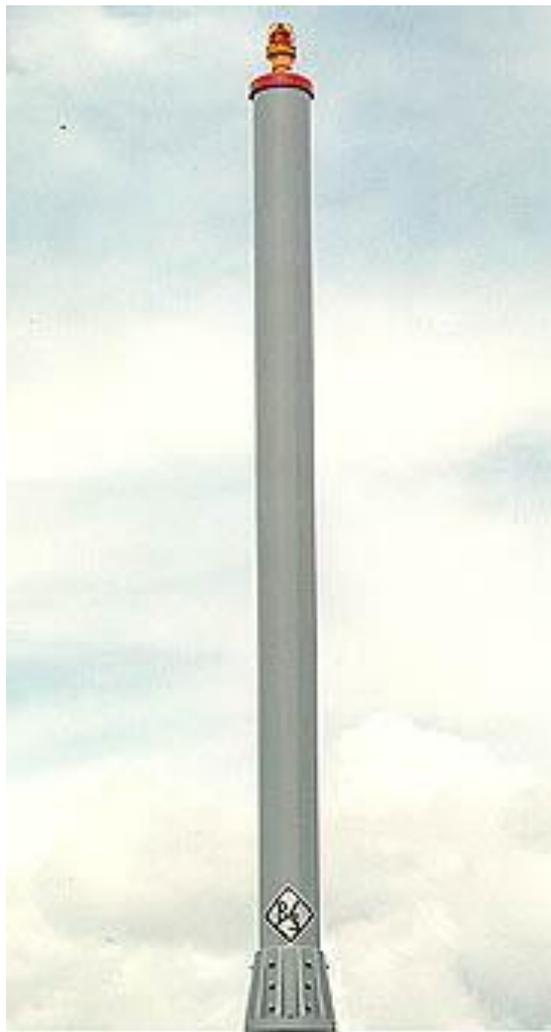
Рис. 6.15





Рис. 6.16





HP 11966A K30 passive
E-field rod antenna,
1 kHz to 30 MHz

Рис. 6.17





Рис. 6.19





Рис. 6.18

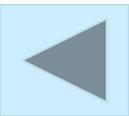




Рис. 6.19



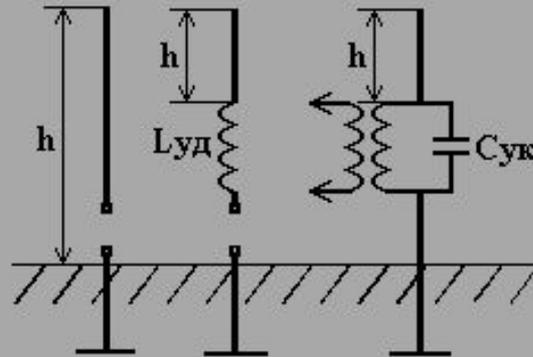


Рис. 6.20



ПРОВОЛОЧНЫЕ АНТЕННЫ

Несимметричный вертикальный вибратор



Несимметричный вертикальный вибратор характеризуется следующими параметрами :

$$W_a = 138 \lg(0.575h/r)$$

$$\lambda_0 = 4h$$

$$h_d = \lambda / 2\pi \operatorname{tg}^2(\pi / \lambda \cdot 0.5h)$$

$$R_{\Sigma a} = 1600(h_d / \lambda)^2$$

$$\text{КПД} = 1 / [1 + 1 / (R_a \cdot \pi / R_{\Sigma a})]$$

$$R_a = R_{\Sigma a} + R_{\pi}$$

$$L_{уд} = W_a / 1880 \operatorname{ctg}(kh) \quad \lambda > \lambda_0$$

$$C_{уд} = 530 \lambda / W_a \operatorname{tg}(kh) \quad \lambda < \lambda_0$$

$L_{уд}$, $C_{уд}$ - элементы, компенсирующие реактивные составляющие входного сопротивления антенны.

Предыдущий

Выход

Следующий

Рис. 6.21