

что качество, или «чистота», поля излучения зависит ещё от одного безразмерного параметра, наз. параметром Френеля, $f = l^2/r\lambda$. При $f \approx 1$ волны, пришедшие от разных участков А., ещё различаются направлениями распространения и поэтому, складываясь, создают изрезанную картину распределения амплитуд, локально сходную с распределением в волноводных модах: поле является бегущим в радиальном направлении и, вообще говоря, стоячим по угловым координатам θ и φ (исключение составляют особые случаи мод, вращающихся по θ и φ). Эта область наз. зоной Френеля по аналогии с явлениями дифракции волн. По мере уменьшения f амплитудная изрезанность ослабевает, и мода превращается в локальную плоскую волну ТЕМ-типа по отношению к радиальному направлению. Это — зона Фраунгофера, её наз. также дальней зоной. В ней вектор излучения N^e становится ф-цией только углов и определяет ДН излучения А.:

$$N^e(\theta, \varphi) = \int_V j^e \exp(-ikr' \cos \psi) dV,$$

$$E_\theta = -H_\varphi = -(i\omega\mu/4\pi r) \exp(-ikr) N_\theta,$$

$$E_\varphi = H_\theta = -(i\omega\mu/4\pi r) \exp(-ikr) N_\varphi. \quad (6)$$

Следовательно, средняя за период колебаний радиальная компонента вектора Пойнтинга Π равна

$$\Pi_r = (\omega^2 \mu^2 / 128 \pi^2 r^2) (|N_\theta|^2 + |N_\varphi|^2).$$

В волновой зоне амплитуды полей убывают $\sim r^{-1}$, а плотность потока энергии — как r^{-2} , что есть следствие закона сохранения энергии, ибо суммарный поток энергии через поверхность, охватывающую источник, должен (в средах без поглощения) оставаться постоянным:

$\oint \Pi_r dS = \text{const.}$ Исключение составляют неоднородные среды и нек-рые особые направления в однородных анизотропных средах, в частности волноводы и разл. линии передачи, где вектор Пойнтинга может вообще не изменяться с удалением от источника. Иногда в неоднородности, и анизотропии возникают в результате нелинейного воздействия излучения на первоначально однородную и изотропную среду (явления самофокусировки, самовоздействия и т. п.).

Любая передающая А., помимо преобразования подводимых к ней эл.-магн. колебаний в поле излучения, ещё и формирует определ. характеристики этого излучения, гл. обр. заданную ДН — угловое распределение амплитуды поля излучения. Это формирование основано на принципе суперпозиции полей, создаваемых разными,

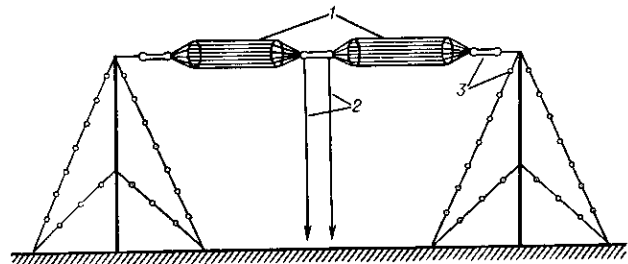


Рис. 8. Диполь Надененко: 1 — диполь; 2 — линии питания; 3 — мачта с оттяжками.

но когерентными источниками. Подбором излучателей (дипольных и мультипольных) и пассивных элементов-рассеивателей, на к-рых дифрагируют поля излучателей, можно создать любую физ. допустимую ДН, однако обычно предпочитают находить оптим. компромисс между точностью воспроизведения ДН и простотой изготовления и регулировки А., её стоимостью, кид и т. п. Выбор излучателей и рассеивателей, а следовательно, и конструкции А., существенно зависит от диапазона волн. Так, напр., для КВ и ДВ ($\lambda = 10-75$ м и $\lambda = 2 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^4$ м) естественным и технологичным

оказывается использование А., близких к диполям — вибраторам с $l \ll \lambda$ (рис. 8 и 9) или их сочетаниями в виде т. н. антенных «полей» и решёток с размерами $D \gg \lambda$.

Структура поля системы излучателей зависит от их взаимного расположения, общей конфигурации системы, фазовых и амплитудных соотношений между токами в излучателях и в пассивных элементах и т. д.

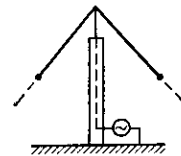


Рис. 9. Антенна-мачта Айсенберга.

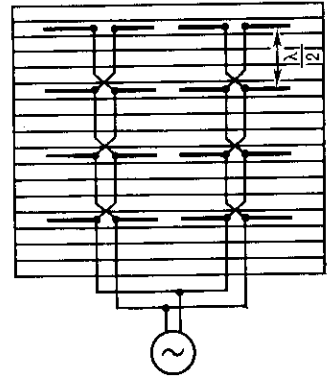


Рис. 10. Фазированная антенная решётка.

Рассмотрим для простоты А., питаемые синфазно. На расстоянии неск. λ от поверхности фазированной антенной решётки (ФАР) (рис. 10) формируется синфазное распределение поля на широкой поверхности (линейный размер $D \gg \lambda$). Эта поверхность наз. излучающим раскрывом или апертурой А. Аналогичная картина имеет место и для синфазно питаемых А. СВЧ-диапазона ($\lambda = 10^{-3} - 10$ м), в частности для А. т. н. оптич. типа, в к-рых элементарный вибратор с $l \ll \lambda$ (или его аналог в виде щели, рупора, открытого конца волновода и т. п.) помещается в фокус линзы (линзовая А.) или отражателя (зеркальная А.), формирующих практически синфазные поля на своём раскрыве (плоской поверхности, ограниченной, напр., кромкой зеркала) (рис. 11).

Дальнейшая эволюция, к-рую претерпевает поле т. н. волнового пучка, создаваемого широким синфазным раскрывом, показана условно на рис. 12 в парааксиальном приближении, т. е. в предположении достаточной угловой «узости» ДН. На близких расстояниях в волновой зоне (практически в пределах $\lambda < r < D^2/\lambda$, где $f \sim 10-20$) синфазность фронта ещё не нарушается



Рис. 11. Однозеркальная параболическая антенна.

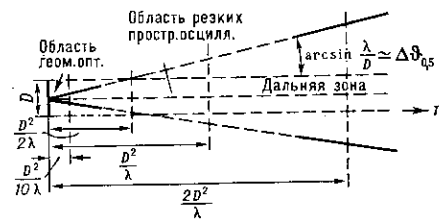


Рис. 12.

и волна ведёт себя почти как плоская. Это зона геом. оптики, или т. н. проекторный луч, в к-ром сосредоточена практически вся мощность, излучаемая А.

Затем в интервале расстояний $r \sim D^2/\lambda$ происходит существ. нарушение синфазности, сопровождаемое резкими пространственными осцилляциями амплитуд поля, в т. ч. и в направлении распространения, накладывающимися на монотонную зависимость $\sim r^{-1}$. Это, как уже говорилось, промежуточная френелевская область, для каждой точки к-рой на раскрыве А. укладывается неск. зон Френеля.