

РАСЧЕТ УГЛО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ДОППЛЕРА

М. С. АЛЕЙНИКОВ, Е. П. КОЛЬЦОВ, В. И. ЛУКОВНИКОВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры электрооборудования АЭМФ)

Известны источники когерентного излучения, диаграмма направленности которых представляет собой ряд полых конусов с углами раскрытия θ относительно оси порядка $1^\circ \div 5^\circ$ [1, 2]. Причем угол θ связан с частотой излучения, распространяющегося в данном конусе, то есть между пространственной и частотной характеристиками источника излучения существует определенная связь, называемая нами далее угло-частотной характеристикой.

При изучении новых источников излучения данного типа появляется необходимость определения их угло-частотной характеристики.

Так как существующие приемники излучения не реагируют на мгновенное значение несущей частоты в оптическом и ИК-диапазоне [3], то при решении задачи приема используется гетеродинный метод приема. Роль гетеродина при этом играет источник анализируемого излучения, роль сигнала — излучение источника, сдвинутое относительно исходного на частоту $\Delta\nu$.

Создать сдвиг $\Delta\nu$ можно, например, с помощью эффекта Доплера, используя отражение исследуемого излучения от подвижного отражателя.

Настоящая работа посвящена нахождению и анализу зависимости $\Delta\nu(0)$ при различных параметрах отражателя, что в конечном итоге определяет угло-частотную характеристику излучателя.

Как известно, явление Доплера в оптике подчиняется закону

$$\nu = \nu_0 (1 + VC^{-1} \cos \beta)^{-1} \cdot (1 - V^2 C^{-2}), \quad (1)$$

где

ν и ν_0 — наблюдаемые оптические частоты при подвижных и неподвижных источнике и приемнике соответственно;

V — абсолютная скорость относительного движения источника;

β — угол между линией наблюдения и направлением движения источника.

Добавку от эффекта Доплера $\Delta\nu = \nu_0 - \nu$ определим коэффициентом $K_D = \Delta\nu \cdot \nu_0^{-1}$, который при $V \cdot C^{-1} \ll 1$, что справедливо для большинства анализируемых случаев, будет определен выражением согласно (1)

$$K_D = (1 + \xi^{-1})^{-1}, \quad (2)$$

где

$$\xi = VC^{-1} \cos \beta.$$

Для плоского отражателя, вращаемого со скоростью n , величина линейной скорости в каждой точке эллиптической границы отражения конической поверхности излучения

$$V = \frac{1}{30} \pi n a b (b^2 \cos^2 \varphi + a^2 \sin^2 \varphi)^{-0.5}, \quad (3)$$

где

$a = L \sin \theta \sin^{-1}(\gamma + \theta)$ и $b = L \operatorname{tg} \theta$ — полуоси эллипса, φ — угловая координата данной точки эллипса, 2θ — угол конуса излучения при вершине, γ — угол между направлением излучения и плоским отражателем, L — расстояние между отражателем (рис. 1) и излучателем.

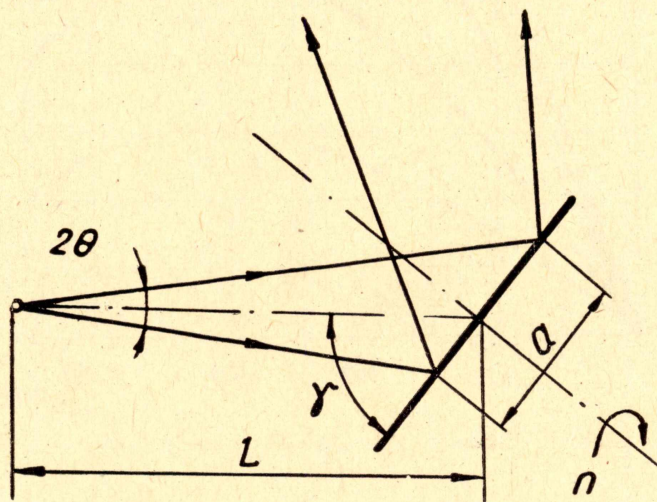


Рис. 1. К выводу расчетных соотношений

Используя законы геометрической оптики и учитывая, что направление скорости V в каждой точке эллипса отражения перпендикулярно к «радиусу» ρ эллипса, проведенному в данную точку, выражение для $\cos \beta$ можно получить в следующем виде (при малых θ и $\gamma \approx 45^\circ$):

$$\cos \beta = \frac{L^2 \sin^2 \theta \pm L \cos \theta \sqrt{\rho^2 - L^2 \sin^2 \theta}}{\rho \operatorname{ctg} \varphi (L \cos \theta \pm \sqrt{\rho^2 - L^2 \sin^2 \theta})}. \quad (4)$$

Считая $C = 3 \cdot 10^8$ м/сек, после перемножения соотношений (3) и (4) и преобразований найдем, что

$$\xi = 3,49 \cdot 10^{-10} \cdot n \cdot L \cdot K_\varphi, \quad (5)$$

где

$$K_\varphi = \sin \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg}(\theta - \delta), \quad (6)$$

причем

$$\delta = \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin^2 \varphi \sin^2 \theta + \cos^2 \varphi \cos^2(\gamma - \theta)}{\sin^2 \varphi \cos^2 \theta + \cos^2 \varphi \sin^2(\gamma + \theta)} \right]^{0.5}. \quad (7)$$

В формуле размерность $[n] = \text{об./мин.}$, $[L] = \text{м}$; а коэффициент K_φ показывает, как меняется доплеровская добавка при вариациях θ и γ

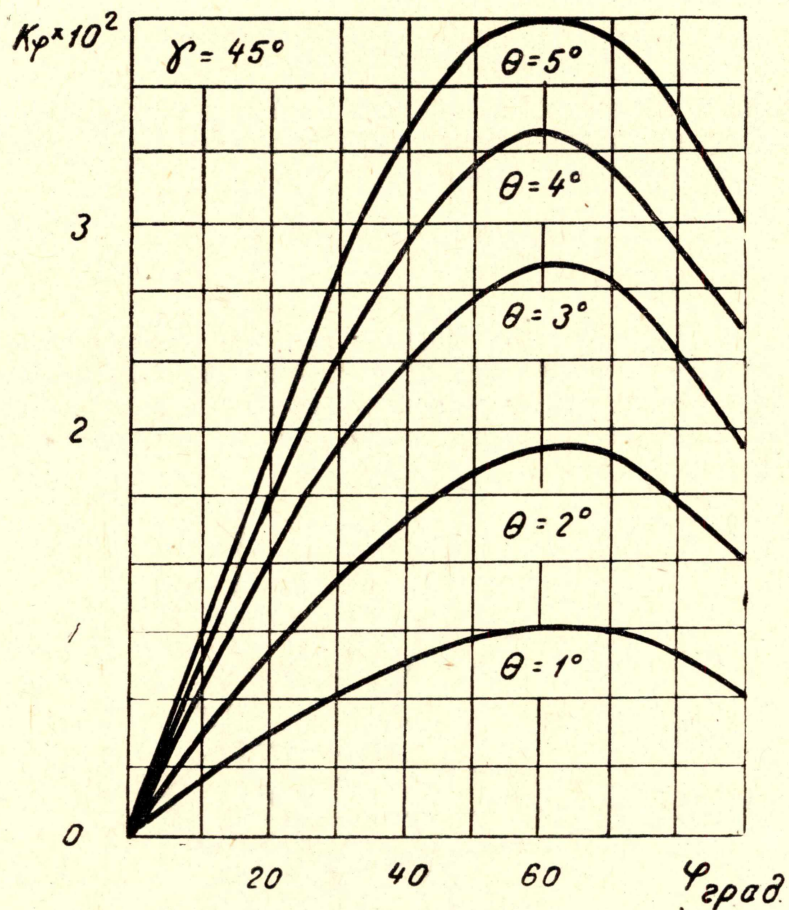


Рис. 2. Зависимости $K_\varphi(\varphi)$ для различных θ

по всему контуру отражения $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ конической поверхности излучения.

На рис. 2 приводятся зависимости $K_\varphi(\varphi)$ при различных θ , которыми можно пользоваться при расчете или измерении угло-частотных характеристик конического излучения на основе эффекта Доплера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник статей под редакцией Ф. В. Бункина. Оптические квантовые генераторы. М., «Мир», 1966.
2. Сборник статей под редакцией Ю. П. Райзера. Действие лазерного излучения. М., «Мир», 1968.
3. М. Росс. Лазерные приемники. М., 1970.