Доклады Академии Наук СССР
1939. Том XXIV, № 9

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. Г. АРЕНБЕРГ

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭНЕРГИИ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ВИБРАТОРА

(Представлено академиком М. В. Шулейкиным 12 VII 1939)

1. В сообщении о сопротивлении излучения вибратора Герца ([1] было показано, что если это сопротивление R_Σ определять путем интегрирования потока вектора Пойнтинга $\overline{S}$ через сферу, охватывающую диполь, то достаточно ограничиться учетом влияния лишь одного векторного потенциала $\overline{A}$; в то время как для определения величины R_Σ по методу «наведенных эдс» необходимо учитывать также и влияние скалярного потенциала φ.

Однако можно показать, что если поток вектора $\overline{S}$ проинтегрировать не по сфере, а по цилиндру ([2], то тогда при определении R_Σ уже необходимо учитывать оба потенциала $\overline{A}$ и φ, в результате чего получаются выражения, полностью совпадающие с выражениями (15,I), полученными ранее с помощью метода наведенных эдс.

2. В самом деле, ориентируя вибратор по оси z и рассматривая вектор Пойнтинга в виде суммы двух слагаемых $\overline{S}_V$ и $\overline{S}_S$ (первое из которых зависит только от векторного потенциала $\overline{A}$, а второе только от скалярного потенциала φ), для радиальной составляющий вектора $\overline{S}_V$ имеем:

$$S_{VR} = -\frac{1}{4\pi}\left[\frac{\partial \overline{A}}{\partial t},\ \operatorname{rot}\overline{A}\right]_R = -\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{\partial A}{\partial t}\cdot\frac{\partial A}{\partial R}, \tag{1}$$

где: $A=\frac{f'}{cr}$ и $R=\sqrt{x^2+y^2}$.

Далее, задаваясь случаем гармонических колебаний и интегрируя среднее значение S_{VR} по боковой поверхности бесконечно длинного цилиндра (фиг. 1), после перехода к практическим единицам получаем выражение

$$P_{\Sigma V_1} = 60\pi^2\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 I_0^2 \mathrm{W}, \tag{2}$$

соответствующее мощности, излучаемой диполем, «заимствованной» из его магнитного поля.

([1] См. ДАН, XXIII, № 4, (1939). Все обозначения этой статьи сохраняются. Ссылки на формулы этой статьи отмечаются цифрой I.

([2] Эти вычисления выполнены Р. И. Поповым.

Определяя аналогичным путем радиальную составляющую вектора $\overline{S}_S$, получаем:

$$S_{SR} = -\frac{c}{4\pi}[\mathrm{grad}\,\varphi,\ \ \mathrm{rot}\,\overline{A}]_R = -\frac{c}{4\pi}\cdot\frac{\partial A}{\partial R}\left(\frac{\partial\Psi}{\partial R}\cdot\frac{z^2}{R}+\Psi\right), \tag{3}$$

где: $\Psi = \frac{f'}{cr^2}+\frac{f}{r^3}$.

При гармонических колебаниях интегрирование среднего значения S_{SR} по боковой поверхности указанного цилиндра приводит к выражению

$$P_{\Sigma S} = -20\pi^2\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 I_0^2\,\mathrm{W}, \tag{4}$$

соответствующему мощности, «возвращаемой» обратно электрическому полю диполя.

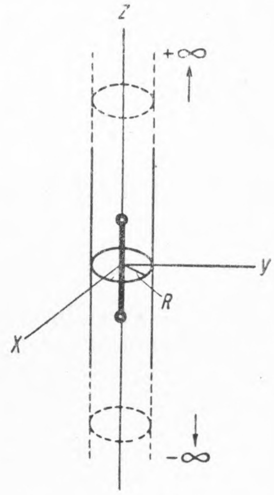
Очевидно, что, определяя из выражений (2) и (4) составляющие сопротивления излучения вибратора, обусловленные потенциалами $\overline{A}$ и φ, получаем формулы (15.I)

$$R_{\Sigma V} = 120\pi^2\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2\Omega \quad \text{и} \quad R_{\Sigma S} = -40\pi^2\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2\Omega, \tag{5}$$

алгебраическая сумма которых дает обычную формулу (6.I) для R_Σ.

3. Далее, легко показать, что в направлении оси z вектор Пойнтинга имеет лишь одну составляющую:

$$S_{SZ} = -\frac{c}{4\pi}[\mathrm{grad}\,\varphi,\ \ \mathrm{rot}\,\overline{A}]_Z = \frac{c}{4\pi}\,\frac{\partial A}{\partial R}\cdot\frac{\partial\Psi}{\partial R}\cdot z. \tag{6}$$



Фиг. 1

При этом легко убедиться, что сумма проекций средних значений S_{SZ} и S_{SR} на направление радиуса—вектора r — равна нулю, что соответствует результатам, полученным в вышеуказанной работе. Стоит также отметить, что интегрирование среднего значения S_{SZ} по безграничной плоскости, перпендикулярной к оси вибратора, дает (при $|z|>0$) величину, равную половине всей излучаемой мощности.

Вопрос о роли векторного и скалярного потенциалов в электромагнитном излучении был поставлен акад. М. В. Шулейкиным [1], которому автор сообщения весьма благодарен за ряд ценных советов и указаний.

Секция электросвязи
Отделения технических наук
Академии Наук СССР

Поступило
13 VII 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. В. Шулейкин, Электросвязь, № 3 (1938).