

Глава V

§5. Квазистационарные процессы.

Под квазистационарными процессами понимаются такие электромагнитные процессы, в которых можно пренебречь токами смещения по сравнению с токами проводимости. Критерием отнесения процесса к квазистационарным явлениям является неравенство

$$\left| \frac{\mathbf{r}}{j_{\text{пров}}} \right| \gg \left| \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right|. \quad (5.1)$$

Для количественной оценки квазистационарности, рассмотрим наиболее практически важный случай гармонической зависимости вектора $\mathbf{D}$ от времени. Будем (для удобства) выражать вектор $\mathbf{D}$ в комплексной форме

$$\mathbf{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \mathbf{E} = \varepsilon \varepsilon_0 \mathbf{E} e^{i\omega t}. \quad (5.2)$$

Тогда

$$\frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = \varepsilon \varepsilon_0 E i \omega e^{i\omega t}. \quad (5.3)$$

С другой стороны

$$\frac{\mathbf{r}}{j_{\text{пров}}} = \sigma \mathbf{E} = \sigma \mathbf{E} e^{i\omega t}. \quad (5.4)$$

Составим условие квазистационарности (5.1)

$$\left| \frac{\frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}}{\frac{\mathbf{r}}{j}} \right| = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E_0 \omega}{\sigma E_0} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \omega}{\sigma}. \quad (5.5)$$

Для численной оценки воспользуемся характеристиками меди:

$$\varepsilon \approx 1; \quad \varepsilon_0 \approx 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}; \quad \sigma \approx 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}; \quad \omega = 10^6 \text{ Гц}.$$

Тогда

$$\left| \frac{\frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}}{\frac{\mathbf{r}}{j}} \right| \approx 10^{-12} \ll 1. \quad (5.6)$$

Из этого результата численной оценки условия квазистационарности следует, что к таким процессам относятся все явления электротехники.

Для технического переменного тока $\omega = 314 \text{ Гц} \ll 10^6 \text{ Гц}$ и большая часть практической радиотехники вплоть до сантиметровых волн (если в таких процессах можно пренебречь токами смещения!).

Для описания квазистационарных процессов необходимо применять все уравнения Максвелла, отбрасывая лишь в 1-ом уравнении член, характеризующий ток смещения.

Данный раздел достаточно подробно рассматривается на лекционных занятиях, включая подробное решение уравнения закона Ома для квазистационарных процессов. Поэтому мы применим несколько отличную методику решения задач. В §5.1. будут представлены 17 вариантов начальных условий для решения уравнения закона Ома и студентам представляется возможность выбора 1-2 вариантов для самостоятельного решения. Помимо консультаций преподавателя, студенты могут обратиться к рекомендуемой литературе.

Обращаем внимание, что задачи необходимо решить в единицах СИ.

§5.1. Варианты начальных условий для решения уравнения закона Ома для квазистационарных процессов.

$$L \frac{dI}{dt} - (\varphi_1 - \varphi_2) + IR = \mathcal{E}^{cmp}$$

№ варианта	Начальные условия	Литература
1	$\mathcal{E}^{cmp} = e^{i\omega t}, L \neq 0, C \neq 0, R \neq 0$	I
2	$\mathcal{E}^{cmp} = const, L \neq 0, C \neq 0, R \neq 0$	I
3	$\mathcal{E}^{cmp} = 0, L \neq 0, C \neq 0, R \neq 0$	I
4	$\mathcal{E}^{cmp} = e^{i\omega t}, L \neq 0, C = 0, R \neq 0$	I
5	$\mathcal{E}^{cmp} = e^{i\omega t}, L \neq 0, C \neq 0, R = 0$	I
6	$\mathcal{E}^{cmp} = e^{i\omega t}, L = 0, C \neq 0, R \neq 0$	I
7	$\mathcal{E}^{cmp} = const, L \neq 0, C = 0, R \neq 0$	II
8	$\mathcal{E}^{cmp} = const, L \neq 0, C \neq 0, R = 0$	II
9	$\mathcal{E}^{cmp} = const, L = 0, C \neq 0, R \neq 0$	III

10	$\mathcal{E}^{cmp} = 0, L \neq 0, C = 0, R \neq 0$	I
11	$\mathcal{E}^{cmp} = 0, L \neq 0, C \neq 0, R = 0$	II
12	$\mathcal{E}^{cmp} = 0, L = 0, C \neq 0, R \neq 0$	I
13	$\mathcal{E}^{cmp} = e^{i\omega t}, L \neq 0, C = 0, R = 0$	I
14	$\mathcal{E}^{cmp} = e^{i\omega t}, L = 0, C = 0, R \neq 0$	I
15	$\mathcal{E}^{cmp} = e^{i\omega t}, L = 0, C \neq 0, R = 0$	I
16	$\mathcal{E}^{cmp} = const, L \neq 0, C = 0, R = 0$	I
17	$\mathcal{E}^{cmp} = const, L = 0, C \neq 0, R = 0$	I

Литература:

1. Измайлов С. В. Курс электродинамики.
2. Матвеев А. Н. Классическая электродинамика и СТО.
3. Мултановский В. В., Василевский А. С. Классическая электродинамика.