

## 50 Энергия электрического поля

### 2.4. Энергия и плотность энергии электрического поля

Система заряженных тел является носителем определенного запаса энергии. Эта энергия сообщается системе внешними источниками в процессе образования зарядов и может быть вновь возвращена источникам или преобразована в другие виды энергии при уменьшении зарядов.

Для получения выражения энергии, запасенной в системе заряженных проводящих тел, рассмотрим работу, совершаемую внешними источниками при образовании зарядов системы.

Пусть конденсатор с емкостью  $C$  через резистор с сопротивлением  $R$  подключен к источнику энергии. Часть элементарной работы, производимой источником энергии при увеличении заряда конденсатора на  $dq$ , равна  $u_C dq$ . Эта работа идет на создание запаса энергии в электрическом поле конденсатора, обозначим ее  $dW_s$ :

$$dW_s = u_C dq.$$

Для конденсаторов с диэлектриком, у которого диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_r = \text{const}$ , имеем соотношение  $q = Cu_C$ . Следовательно,  $dq = Cdu_C$ , поэтому энергию, запасенную в электриче-

ском поле конденсатора, при изменении напряжения на конденсаторе от 0 до  $U_C$  найдем из выражения

$$W_3 = \int_0^{U_C} C u_C du_C = \frac{C U_C^2}{2}. \quad (2.6)$$

Каждая единица объема диэлектрика, который помещен между электродами конденсатора, является носителем определенного запаса энергии, поэтому можно говорить об объемной плотности энергии электрического поля:

$$\frac{W_3}{V} = \frac{C U^2}{2V},$$

где  $V$  – объем диэлектрика, в котором заключена электрическая энергия  $W_3$ .

Энергия электрического поля измеряется в джоулях (Дж), а объемная плотность энергии – в джоулях на кубический метр (Дж/м<sup>3</sup>).

Объемную плотность энергии электрического поля рассмотрим на примере плоского конденсатора.

Емкость плоского конденсатора

$$C = \epsilon_a \frac{S}{d},$$

где  $S$  – поверхность пластины,

$d$  – расстояние между пластинами.

Поле между пластинами равномерное, поэтому  $U_C = Ed$ . Используем эти соотношения в уравнении (2.6) и получим

$$W_3 = \epsilon_a \frac{S E^2 d}{2} = \epsilon_a \frac{E^2 V}{2},$$

где  $V = Sd$  – объем диэлектрика, в котором сосредоточено электрическое поле.

Энергия, отнесенная к единице объема поля,

$$\frac{W_3}{V} = \epsilon_a \frac{E^2}{2} = \frac{DE}{2}, \quad (2.7)$$

где  $D = \epsilon_a E$ .