

## §8. ТЕПЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ–ЛЕНЦА

Энергия направленного движения, приобретаемая электронами в проводнике под действием внешнего электрического поля, тратится на нагревание кристаллической решетки проводника. Процесс теплового действия тока можно представить следующим образом. Под действием электрического поля, приложенного к проводнику, электроны ускоряются в промежутках между столкновениями с ионами кристаллической решетки. При приближении к положительному иону электрон притягивается к нему, изменяя направление движения. Импульс электрона при этом изменяется с  $\vec{p}_0$  на  $\vec{p}$ . Соответственно ион притягивается к электрону, приобретая импульс  $\vec{p}_i$ . Из закона сохранения импульса  $\vec{p}_i = \vec{p}_0 - \vec{p}$ .

Получив дополнительный импульс от электрона, ион совершает колебательное движение около положения равновесия <sup>①</sup>. Последующие столкновения иона с другими электронами увеличивают амплитуду колебаний ионов, среднюю энергию решетки и соответственно температуру проводника <sup>②</sup>. Количество теплоты, получаемое кристаллической решеткой, т.е. выделяющееся в проводнике, определяет

*работа электрического тока — работа, совершаемая электрическим током при упорядоченном движении зарядов в проводнике.*

$$Q = A. \quad (1)$$

Работу по перемещению единичного положительного заряда характеризует разность потенциалов  $U$ . Для заряда  $q$

$$A = qU = qIR. \quad (2)$$

При постоянной силе тока  $I$  заряд, протекающий через поперечное сечение проводника за промежуток времени  $t$ , равен:

$$q = It. \quad (3)$$

Подставляя выражения (3) и (2) в формулу (1), получаем **закон Джоуля–Ленца**, полученный экспериментально английским ученым Дж. Джоулем и российским ученым Э.Х. Ленцем в 1831–1842 г. г.:

*Количество теплоты, выделяемое в проводнике с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения по нему тока <sup>③</sup>:*

$$Q = I^2Rt. \quad (4)$$

Выделение энергии в проводниках зависит от типа их соединения. В последовательно соединенных лампах <sup>④</sup> сила тока одинакова, поэтому количество теплоты, выделяемое в единицу времени, больше в лампе с большим сопротивлением. При параллельном соединении ламп <sup>⑤</sup> закон Джоуля–Ленца удобно представить в виде:

$$Q = \frac{U^2}{R}t, \quad (5)$$

так как напряжение  $U$  на проводниках одинаково. Из формулы (5) следует, что при параллельном соединении ламп количество теплоты, выделяемое в каждой лампе в единицу времени, обратно пропорционально ее сопротивлению.

**Мощность электрического тока** — работа, совершаемая в единицу времени электрическим полем при упорядоченном движении заряженных частиц в проводнике:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Q}{t} = I^2R = \frac{U^2}{R} = IU. \quad (6)$$