

### 3.5 Сопротивление растеканию тока (сопротивление заземления)

Для обеспечения безопасной работы с электрооборудованием или на электроустановках, а также для обеспечения требуемого режима их работы или с целью их защиты от опасных электрических воздействий металлические (проводящие тела) части, которые могут оказаться под напряжением заземляют. Их соединяют проводниками с заземлителем.

Заземлитель – это проводник или группа проводников, находящихся в грунте и соединенных проводником с заземляемым объектом.

В зависимости от проводимости грунта и назначения заземлителя их выполняют в виде стержней, труб, листов, сфер и т.д.

Ток, протекающий через заземлитель, далее растекается в окружающую его среду (в грунт, землю).

Сопротивление среды (земли) растеканию тока называют сопротивлением заземления.

В случае плохой проводимости грунта при растекании больших токов вблизи заземлителя могут создаваться высокие потенциалы, следовательно, между отдельными точками поверхности земли появляются напряжения, опасные для жизни человека.

Рассмотрим конкретные примеры определения параметров электрического поля, сопротивления заземления  $R_z$  и тока утечки  $I_{ут}$ .

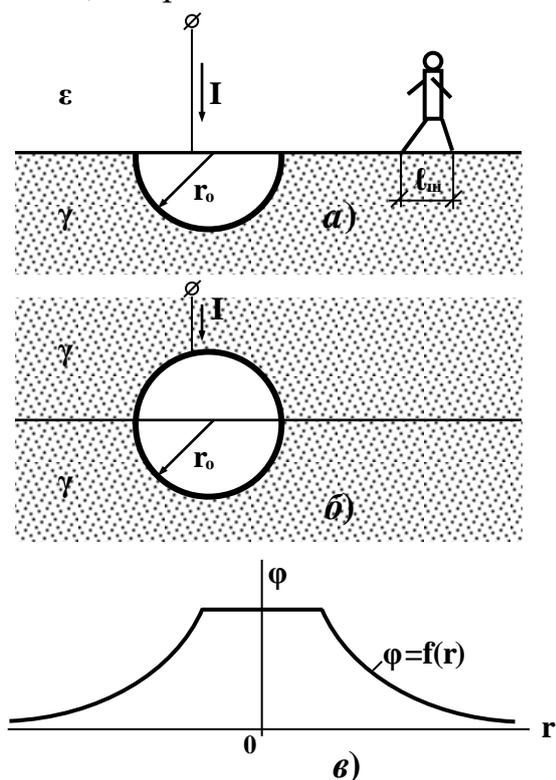


Рисунок 3.5.

1 Полусферический заземлитель (рис. 3.5, а). Дано:  $\gamma$ ,  $r_0$ ,  $I$ . Определить  $R_z$ ,  $\varphi=f(r)$ ,  $U_{шаг}$ .

Сопротивление заземления  $R_z$  определим используя метод зеркальных изображений (рис. 3.5, б) и метод электростатической аналогии с формулой (3.7).

По рис. 3.5, б  $\Rightarrow C_{шара} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r_0$ ;  $G_{шара} = 4\pi\gamma r_0$ ;

$$R_{ш} = \frac{1}{G_{шара}} = \frac{1}{4\pi\gamma r_0};$$

Площадь поверхности полусферы в два раза меньше площади поверхности сферы. Поэтому сопротивление полусферического заземлителя будет в два раза больше сопротивления сферического заземлителя.

$$R_z = 2R_{ш} = \frac{1}{2\pi\gamma r_0}. \quad (3.11)$$

По формуле  $\varphi = -\int \mathbf{E} d\mathbf{r}$  определим  $\varphi=f(r)$ .

$$\mathbf{E} = \frac{\delta}{\gamma}, \quad \delta = \frac{I}{S} = \frac{I}{2\pi r^2}. \quad (3.12)$$

Подставив значения  $\mathbf{E}$  и  $\delta$ , получим:

$$\varphi = -\int \frac{I}{2\pi\gamma r_0^2} dr = \frac{I}{2\pi\gamma r_0} + K.$$

При  $r = \infty \Rightarrow \varphi = 0$ , тогда и  $K = 0$ .

Получаем:  $\varphi = \frac{I}{2\pi\gamma r_0}$  (3.13)

График изменения  $\varphi=f(r)$  показан на рис.3.5, в.

Шаговое напряжение:  $U_{\text{шаг}} = \varphi_r - \varphi_{r+\ell_m} = \int_r^{r+\ell_m} E dr = \frac{I}{2\pi\gamma} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{r+\ell_m} \right);$  (3.14)

Напряжение заземлителя:  $U_{\text{заз}} = \varphi_0 = \frac{I}{2\pi\gamma r_0}.$

2 Трубчатый (стержневой) заземлитель (рис.3.6, а).

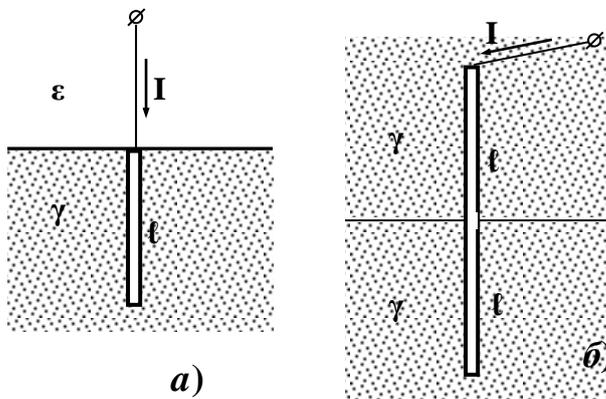


Рисунок 3.6.

Дано: проводимость среды -  $\gamma$ ; радиус,  $r_0$  и длина трубы -  $\ell$ .  
Определить сопротивление заземления,  $R_3$ .

Емкость цилиндра длиной  $2\ell$ :

$$C_{\text{ц}} = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 2\ell}{\ln \frac{2\ell}{r_0}} = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 \ell}{\ln \frac{2\ell}{r_0}}.$$

Проводимость цилиндра

(рис.3.6, б):  $G_{\text{ц}} = \frac{4\pi\gamma\ell}{\ln \frac{2\ell}{r_0}}.$

Проводимость и сопротивление заземлителя:

$$G_3 = \frac{G_{\text{ц}}}{2} = \frac{2\pi\gamma\ell}{\ln \frac{2\ell}{r_0}}; \quad R_3 = \frac{1}{G_3} = \frac{\ln \frac{2\ell}{r_0}}{2\pi\gamma\ell}.$$

Если заземлитель состоит из нескольких  $n$  труб (стержней), то общее сопротивление уменьшается не пропорционально количеству  $n$  труб.

$$R_{3,\text{общ}} = \frac{R_3}{n \cdot \eta}.$$

Здесь  $\eta$  – коэффициент использования одиночных заземлителей, чем больше расстояние между отдельными заземлителями, тем выше  $\eta$ . На практике  $\eta=(0,35\div 0,9)$ .

