

Занятие № 10

Исследование условий безопасности в зоне растекания тока в земле

Цель работы

Определение зоны растекания тока в земле и опасность этого тока для человека.

Теоретическая часть

Случайное электрическое соединение с землей, находящихся под напряжением частей электроустановок, называется замыканием на землю. При растекании тока в земле создается электрическое поле, а на поверхности земли образуется зона растекания тока. При протекании электрического тока через землю вблизи точки замыкания появляется разность потенциалов между отдельными точками поверхности земли. Допустив, что ток стекает в землю через одиночный металлический заземлитель полусферической формы (рис.10.1.) можно принять, что линии тока идут по радиусу от центра полусферы (заземлителя) во всех направлениях. При этом линии тока перпендикулярны к поверхности заземлителя, а также и к любой полусфере в грунте, концентричной с заземлителем.

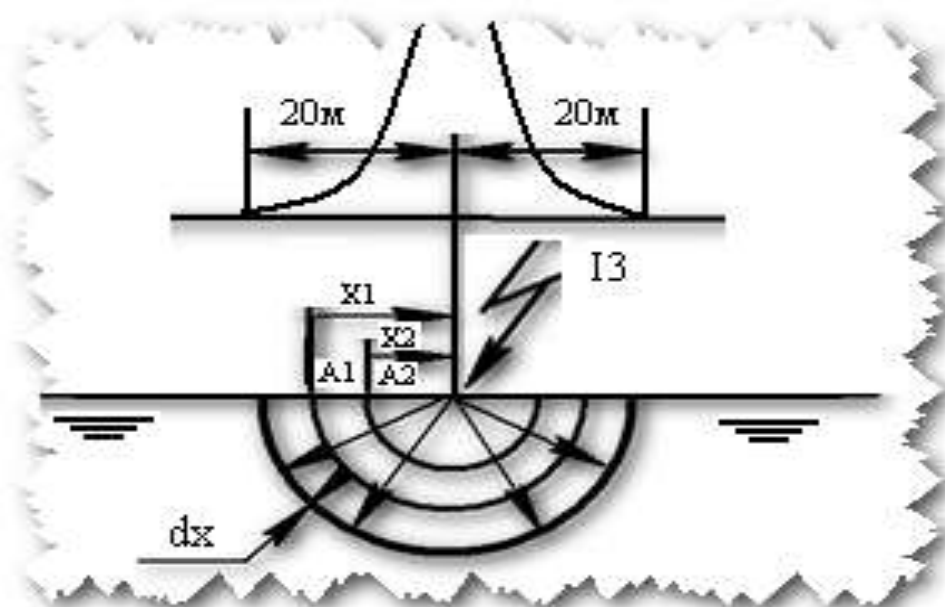


Рисунок 10.1. Зона распространения электрического тока

Если предположить, что грунт однородный, то ток будет растекаться в нем равномерно по всем направлениям. Плотность тока j уменьшается по мере растекания его в земле и на расстоянии x от центра заземлителя, определяется как отношение тока замыкания I_3 к площади поверхности полусферы с радиусом x

$$j = I_3 / 2\pi x^2 \quad (10.1.)$$

Эта поверхность называется эквипотенциальной поверхностью.

Падение напряжения на единицу длины вдоль линии растекания тока равно

$$\Delta E = j\rho \quad (10.2.)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта.

Для определения потенциала точки A , лежащей в зоне растекания тока на расстоянии x , выделим элементарный слой толщиной dx .

Падение напряжения в элементарном слое толщиной dx равно:

$$dU = \Delta E dx = j \rho dx = I_3 \rho dx / 2\pi x^2 \quad (10.3.)$$

На расстоянии, бесконечно удаленном от заземлителя, плотность тока равна нулю, а, следовательно, и потенциал равен нулю.

Разность потенциалов между точкой земли A , находящейся на расстоянии X от заземлителя, и бесконечно удаленной точкой будет равна

$$U_A = \int_x^\infty dU = I_3 \rho \int_x^\infty (dx / 2\pi x^2) = I_3 \rho / 2\pi x, \quad (10.4.)$$

По мере удаления от места замыкания потенциал уменьшается.

Измерения показали, что кривые распределения потенциалов, независимо от формы заземлителя и просто при падении провода на землю, имеют одинаковый характер и приближаются к гиперболе. Согласно многим измерениям было установлено, что падение напряжения на первом метре от заземлителя составляет около 70% и на расстоянии 20м оно настолько мало, что практически может быть принято равным нулю (рис.10.2).

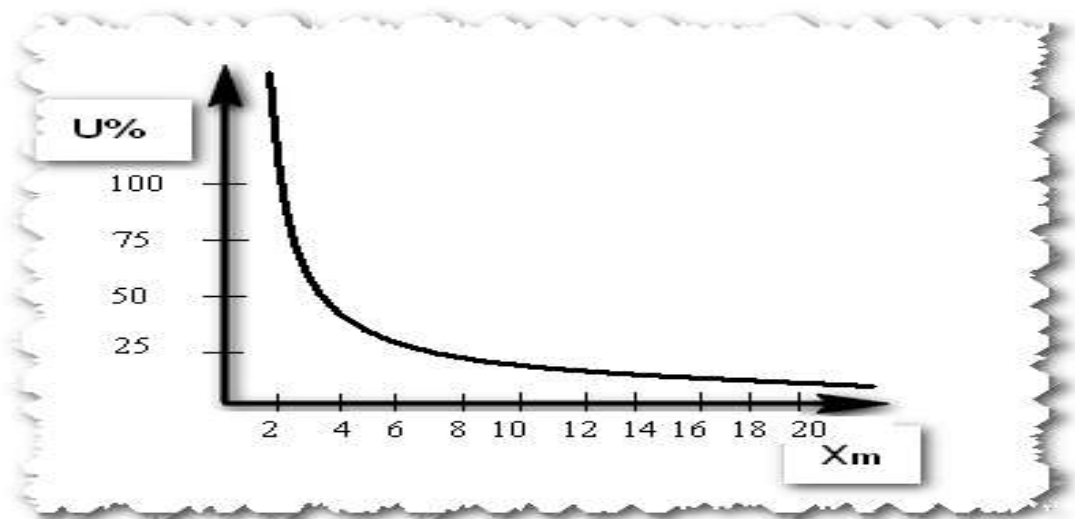


Рисунок 10.2. Падение напряжения

Эти точки земли, лежащие вне поля растекания тока, считаются точками с нулевым потенциалом, и называются "электротехнической землей".

Напряжение между какой-либо частью электроустановки и точками почвы, находящимися вне поля растекания тока, называется напряжением относительно земли U_3 .

Если человек стоит на поверхности земли в зоне растекания тока, то он может оказаться под напряжением.

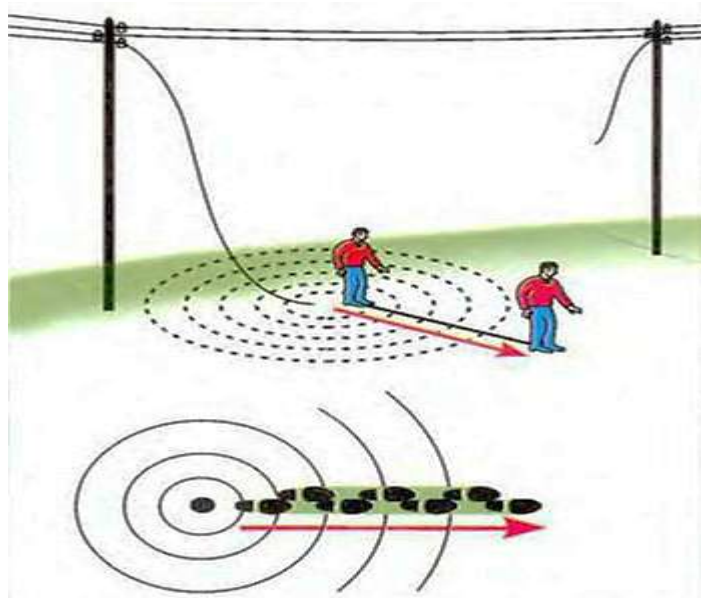


Рисунок 10.3. Шаговое напряжение - правила перемещения и радиус поражения

При протекании тока в земле потенциалы точек земли зависят от расстояния их до точек замыкания. Человек касается одной ногой точки земли, удаленной на расстоянии x , а другой ногой на расстоянии $x_1 + a$ от места замыкания, где a - величина шага человека (рис. 10.4).

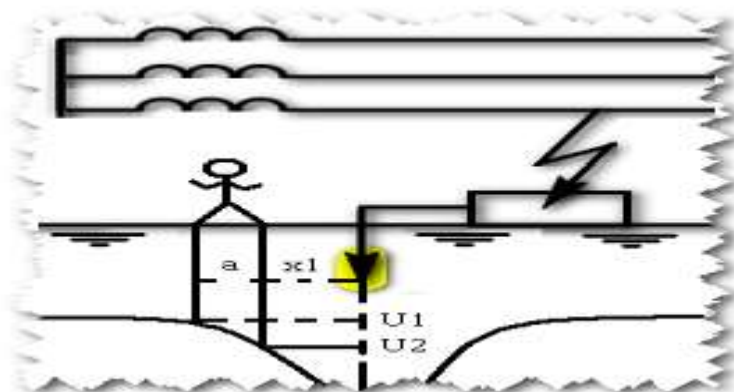


Рисунок 10.4. зависимость разности напряжения от величины шага

В этом случае одна нога приобретает потенциал:

$$U_2 = I_3 \rho /$$

$$2\pi x_1$$

$$U_1 = I_3 \rho /$$

$$2\pi(x+a)$$

В результате человек оказывается под разностью потенциалов

$$U_{\text{ш}} = U_1 - U_2 = I_3 \rho / 2\pi x_1 - I_3 \rho / 2\pi(x_1 + a) = I_3 \rho a / 2\pi(x_1 + a)$$

Эта разность потенциалов, под которой оказываются ноги человека, называется шаговым напряжением.

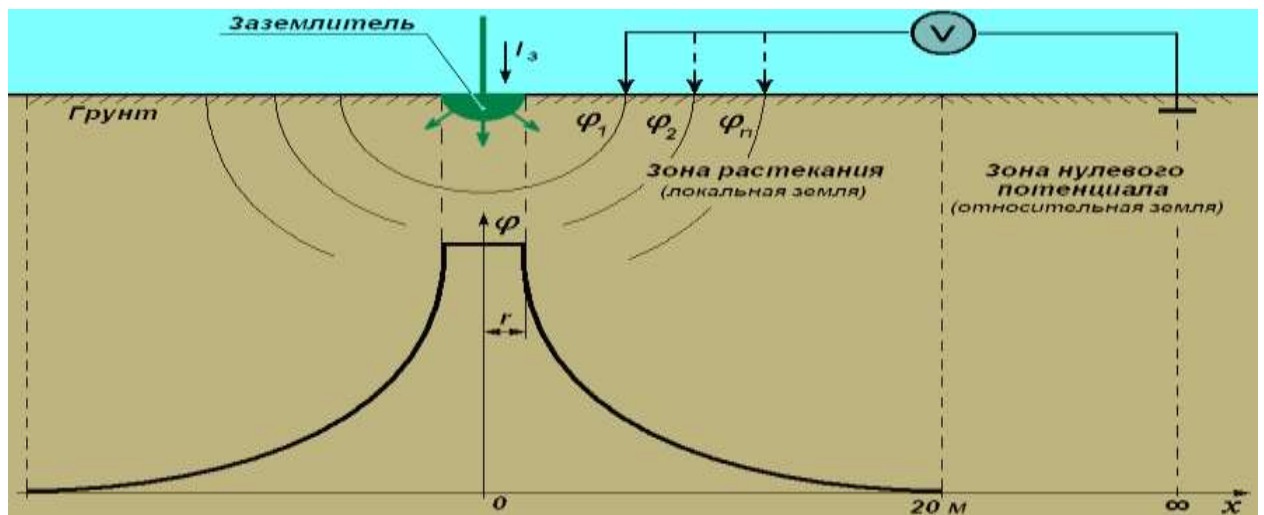


Рисунок 10.4. Заземление, зона растекания и зона нулевого потенциала

Шаговое напряжение уменьшается по мере удаления от места замыкания и по мере уменьшения шага. Правилами ни допускается приближение людей к упавшему проводу ближе, чем на 6-7 метров.

Контрольные вопросы

1. Что называется, током замыкания на землю?
2. Что такое зона растекания тока в земле?
3. Чему равен потенциал точек, находящихся в зоне растекания тока?
4. Что такое шаговое напряжение?
5. От чего зависит величина шагового напряжения?
6. На какое расстояние допускается приближаться к проводу, упавшему на землю?