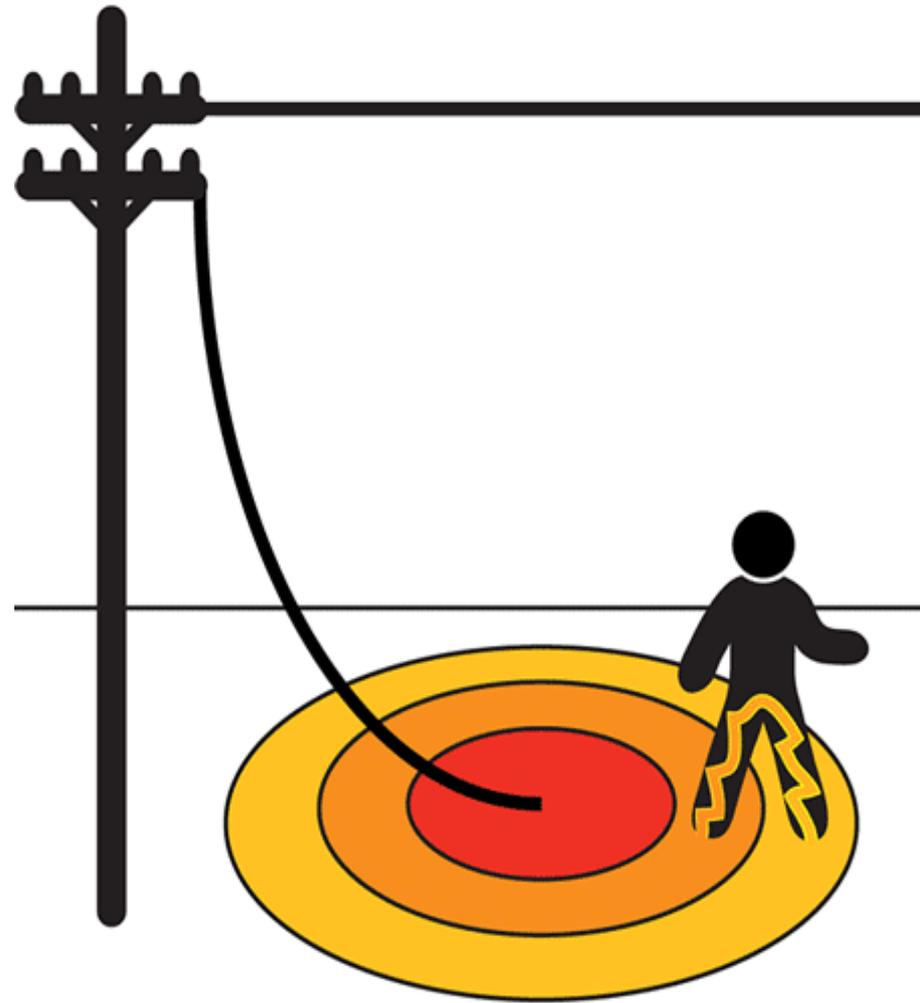


Зона растекания
тока в земле.
От каких факторов
зависит опасность
поражения
человека шаговым
напряжением?



05.10.23

Подготовлено студентом гр.
1181 Шишковым Д.А.

ГОСТ 12.1.009-76

- Зона растекания тока замыкания на землю - зона земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, может быть условно принят равным нулю
- Напряжение шага - напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек
- Электрическое замыкание на землю - случайное электрическое соединение токоведущей части непосредственно с землей или нетоковедущими проводящими конструкциями, или предметами, не изолированными от земли
- Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением

Растекание тока при замыкании на землю

Плотность тока растекания

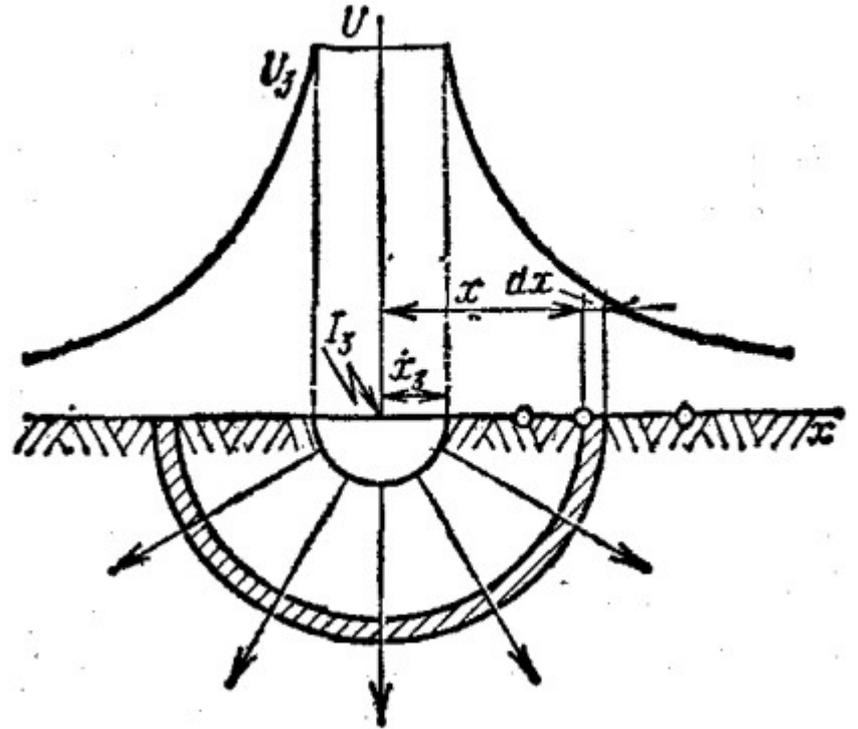
$$j = \frac{I_3}{2\pi x^2}$$

Потенциал в точке А

$$\varphi_A = \int_x^\infty j(x) \rho dx = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \frac{1}{x} = U_A$$

Сопротивление растеканию для полусферического проводника

$$R_{\text{раст}} = \frac{\rho}{2\pi x}$$



Тип заземлителя	Схема	Формула	Дополнительные указания
Трубчатый или стержневой у поверхности грунта		$R_s = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg d$
Трубчатый или стержневой в грунте		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{5H - l} \right)$	$H_0 > 0,5 \text{ м}$
Протяженный круглого сечения — труба, кабель и т. п. на поверхности грунта		$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$l \gg d$
Протяженный круглого сечения в грунте		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dH}$	$\frac{l}{H} \geq 5$
Протяженный полосовой на поверхности грунта		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{b}$	$l \gg b$
Протяженный — полоса в грунте		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bH}$	$\frac{l}{H} \geq 5$

Сопротивление растеканию

Тип заземлителя	Схема	Формула	Дополнительные указания
Круглая пластина в грунте		$R = \frac{\rho}{4D} \left(1 + \frac{2}{\pi} \times \arcsin \frac{D}{\sqrt{16H^2 + D^2}} \right)$	$D < 2H$
Пластинчатый в грунте		$R = \frac{\rho}{4\sqrt{\pi F}} \left(\frac{\pi}{2} + \arcsin \sqrt{\frac{F}{4\pi H^2 + F}} \right)$	$H > \sqrt{\frac{F}{\pi}}$ F — площадь пластины, м ²

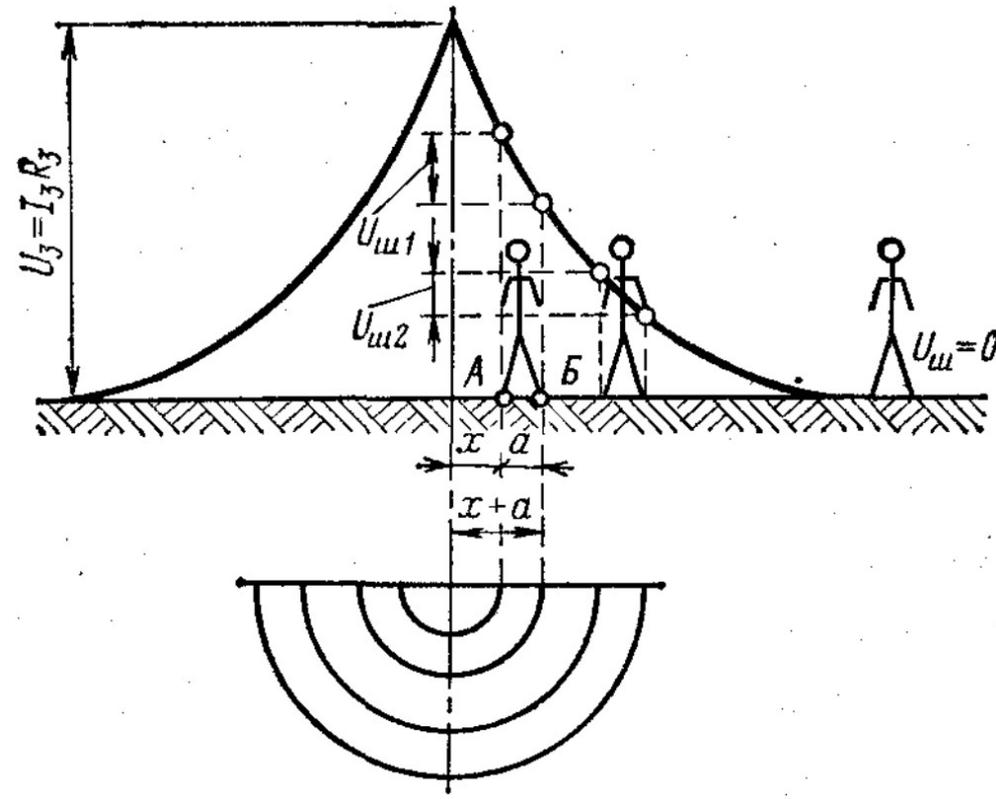
Сопротивление грунта

Параметр	Глина	Садовая земля	Песок	Торф	Скалы	Вода речная
ρ , Ом·м	8... 70	30... 60	400... 700	10... 30	$10^4 \dots 10^7$	10... 100

Шаговое напряжение

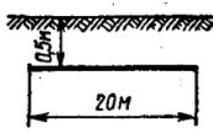
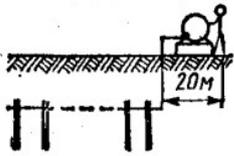
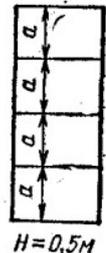
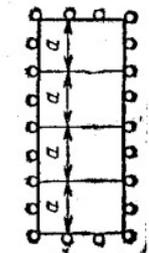
$$U_{\text{ш}} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{I_3 \rho}{2\pi x} - \frac{I_3 \rho}{2\pi(x+a)} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \frac{a}{x^2 + ax}$$

$$U_{\text{ш}} = U_3 \frac{a}{x^2 + ax} = U_3 \beta_1$$



Коэффициент напряжения шага

(и сравнение с аналогичным коэффициентом для напряжения прикосновения)

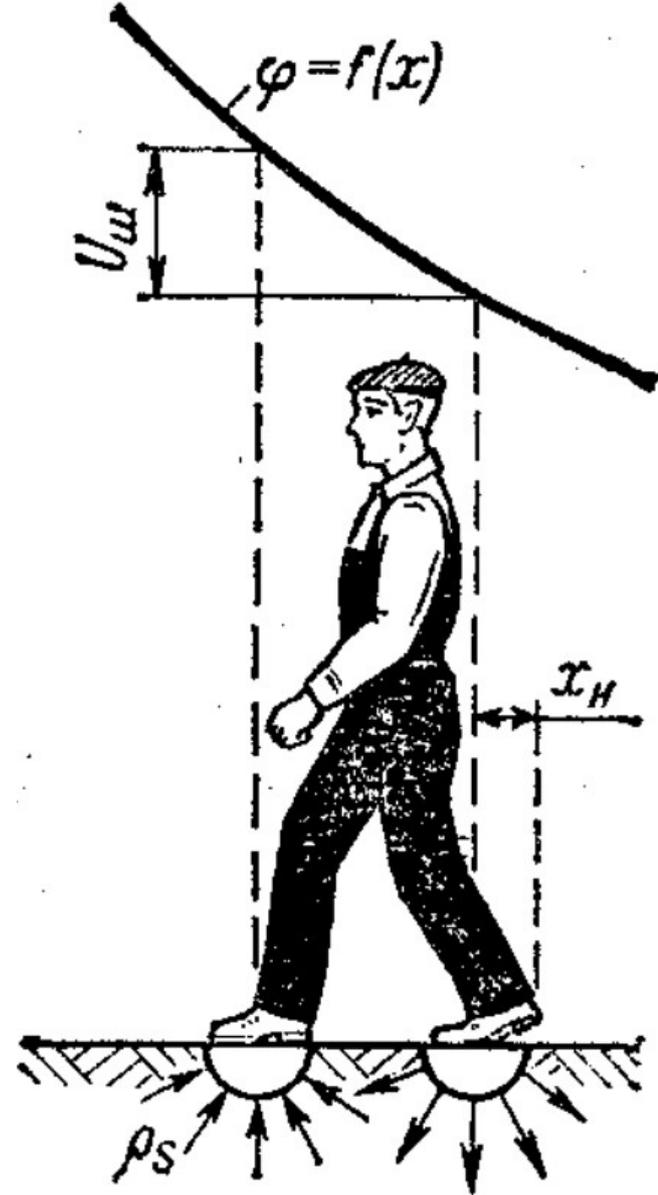
Исполнение заземления	Эскиз заземления	Расстояние между параллельными полосами, м	Число внутренних параллельных полос в контуре	Коэффициент напряжения	
				прикосновения α_1	шага β_1
Единичный протяженный заземлитель		—	—	1,0	0,14
Ряд стержней, соединенных полосой		—	—	1,0	0,10
Контур из полос с внутренними параллельными полосами		2,5	2	0,30	0,15
		5	2	0,35	0,15
		10	2	0,40	0,15
		15	2	0,45	0,15
		2,5	5	0,15	0,15
		5	5	0,20	0,15
		10	5	0,30	0,15
		15	5	0,35	0,15
Контур из стержней и полос с внутренними параллельными полосами		2,5	10	0,10	0,15
		5	10	0,15	0,15
		10	10	0,25	0,15
		15	10	0,30	0,15
		2,5	5	0,10	0,15
		2,5	10	0,75	0,15
		5	5	0,15	0,15
		5	10	0,10	0,15
		10	5	0,25	0,15
		10	10	0,20	0,15
		15	5	0,35	0,15
		15	10	0,25	0,15

Учёт дополнительных сопротивлений

$$U_{\text{ш}} = U_3 \beta_1 \beta_2 \quad \beta_2 = \frac{R_h}{R_h + R_{\text{обуви}} + R_{\text{пов.ног}}}$$

$$R_{\text{пов.ног}} = \frac{\rho_s}{4 \pi x_H}$$

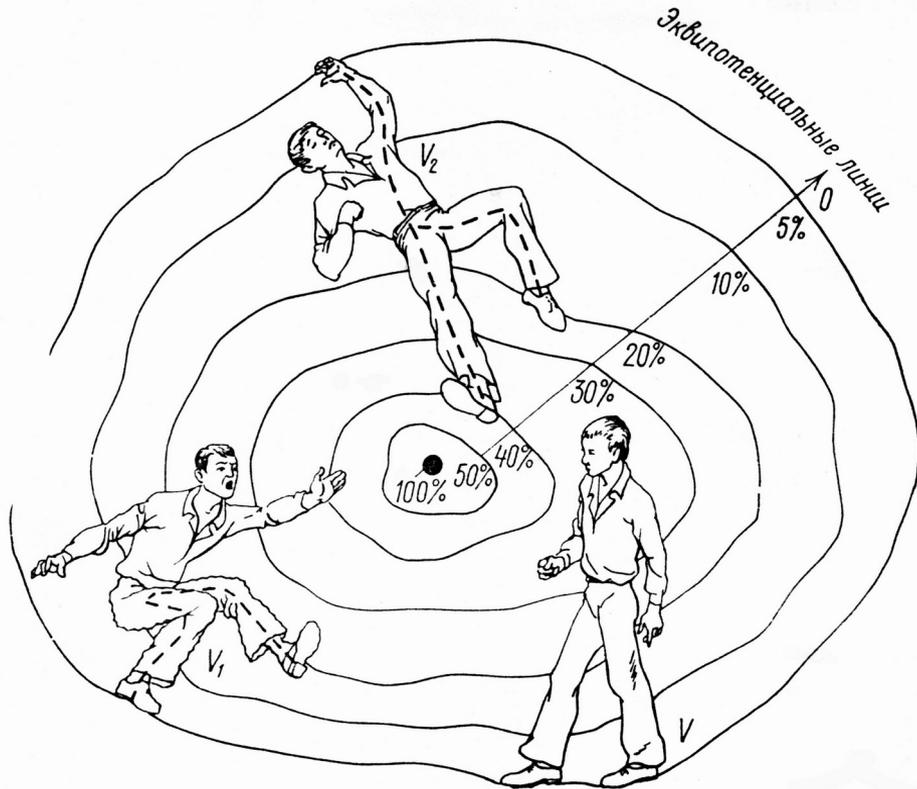
$$I_{\text{ш}} = I_3 \frac{R_3}{R_h} \beta_1 \beta_2$$



Как увеличить шансы погибнуть

- Хорошо проводящий грунт
- Широко расставленные ноги
- Большой градиент проводимости грунта
- Проводящая обувь
- Пострадавший упал
- Поблизости нет диэлектрической поверхности

Спасибо за внимание



Список литературы:

- 1) Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под ред. Б. А. Князевского. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 336 с., ил.
- 2) Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [В. Н. Павлов, В. А. Буканин, А. Е. Зенков и др.]. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 336 с.

Подготовлено студентом гр.
1181 Шишковым Д.А.