

Практическая работа № 3

Расчет защитного заземления

Цель работы: Изучить принцип действия защитного заземления и методики расчета сопротивления заземляющих устройств

Основные понятия

Назначение и принцип устройства защитного заземления. При обслуживании производственного оборудования, использующего электроэнергию, работающие прикасаются к его нетоковедущим металлическим частям. Такой контакт обычно является нормальной операцией. В процессе эксплуатации может происходить повреждение изоляции электрооборудования. Повреждение изоляции, как правило, сопровождается замыканием на корпус электроустановки, т.е. случайным соединением токоведущих частей с металлическими нетоковедущими частями электроустановки. В результате чего корпус электроустановки, а через него все оборудование и обслуживающий персонал могут оказаться под напряжением, что приводит к поражению электротоком.

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции и замыкании на корпус «Правилами устройства электроустановок» предусматривается ряд защитных мер, одним из них является применение защитного заземления.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциалов, разряд молнии, наведение статического электричества и др.).

Принцип действия защитного заземления можно рассмотреть на примере схемы питания электроустановки (рис. 1). Человек, с сопротивлением тела касаясь корпуса электроустановки, на которой произошел пробой изоляции, оказывается под защитой сопротивления заземления r_3 , которое включено параллельно $R_{чел}$. Так как $R_{чел} \gg r_3$, то ток короткого замыкания, протекает по пути наименьшего сопротивления, т. е. через заземлитель и ток $I_{чел} \ll I_{к.з}$.

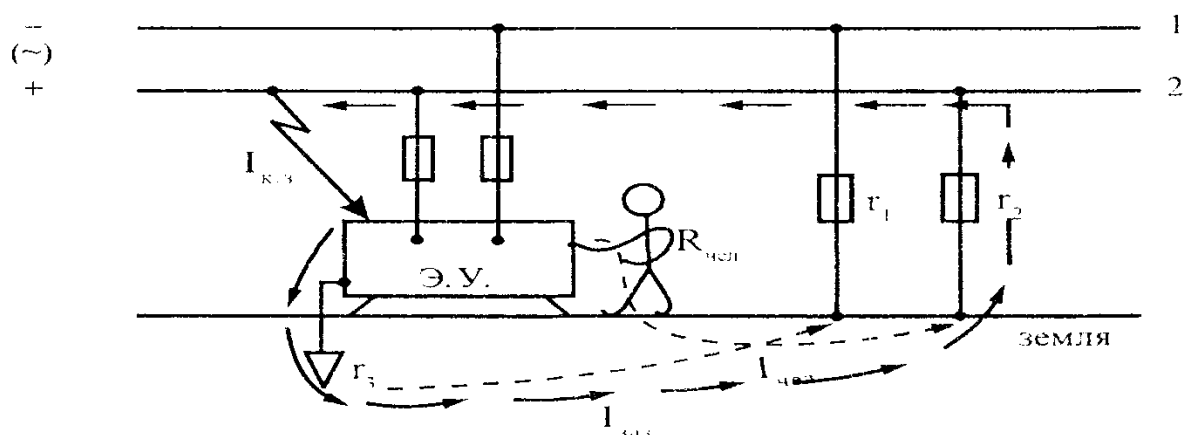


Рис.1. Принцип действия защитного заземления

$R_{ч}$ – электрическое сопротивление человека; r_3 – сопротивление заземлителя; r_1 и r_2 – сопротивление изоляции проводов 1 и 2, соответственно; $I_{кз}$ – ток короткого замыкания; $I_{заз}$ – ток, протекающий через заземлитель; $I_{чел}$ – ток, протекающий через тело человека $I_{кз} = I_{заз} + I_{чел}$.

При замыкании одной фазы на корпус электроустановки, корпус окажется под напряжением, в случае отсутствия соединения корпуса с землей, прикосновение к нему также опасно, как и прикосновение к фазе.

Защитное заземление, как мера защиты людей от поражения электрическим током, при возникновении напряжения на нетоковедущих частях электроустановок в результате повреждения изоляции и замыкания на корпус заключается в электрическом соединении корпусов электроустановок с заземляющим устройством. Защитное действие заземления состоит в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения и тока протекающего через человека, обусловленных замыканием на корпус.

Эффективность заземления зависит от его сопротивления, чем меньше сопротивление, тем выше его защитная эффективность.

Область применения защитного заземления:

- В трехфазных трехпроводных сетях напряжения до 1000В переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, а также в сетях постоянного тока с изолированной средней точкой обмоток источника тока;
- В сетях напряжения выше 1000В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтрали или средней точки.

В соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» заземлению подлежат:

- все электроустановки при напряжении 380В и выше переменного тока и 440В и выше постоянного тока при эксплуатации в любых помещениях;
- наружные электроустановки напряжением 42В и выше переменного тока и 110В и выше постоянного тока, работающих в условиях с повышенной опасностью и в особо опасных условиях;
- электроустановки любого напряжения, работающие во взрывоопасных помещениях.

В заземляющее устройство входит заземлитель (металлический проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с грунтом) и заземляющие проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Заземлителем называется металлический проводник или совокупность металлических соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей.

В зависимости от расположения заземлителей по отношению к заземляемому оборудованию заземления бывают выносные

(сосредоточенные) и контурные (рис.2). Заземлители выносных заземлений располагают сосредоточенно на расстоянии свыше 20 м от заземляемого оборудования, т. е. вне зоны растекания тока замыкания на землю. Заземлители контурного заземления располагают по периметру и внутри площадки, на которой установлено заземляемое оборудование. Все эти заземлители электрически соединены друг с другом.

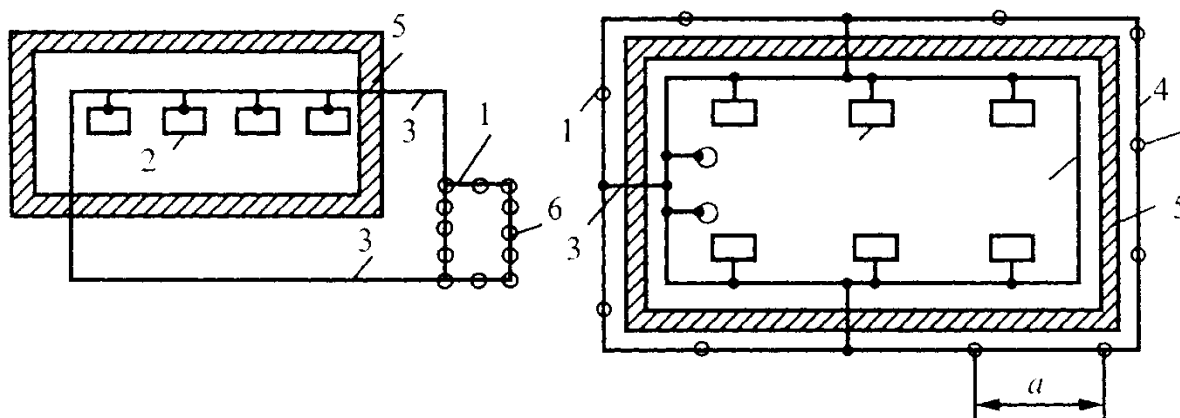


Рис. 2. Схема защитного заземления

1 – заземлители; 2 – электроустановки;
3 – заземляющие проводники (внутренний контур); 4 – внешний контур заземления; 5 – электропомещение или площадка с размещенным электрооборудованием;
6 – заземлители.

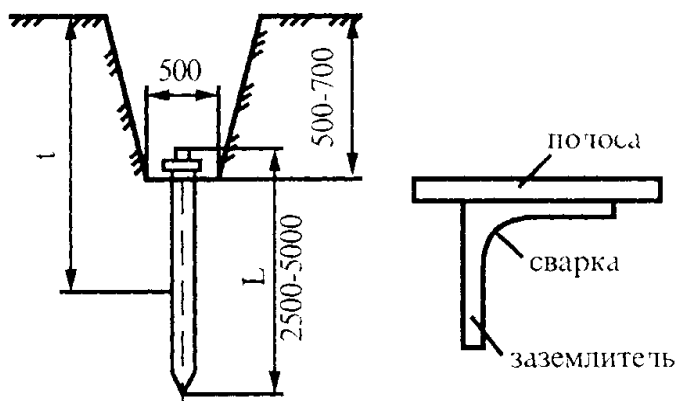


Рис. 3. Заземлители

Заземлители могут быть естественными и искусственными. Искусственные заземлители выполняются в виде электродов. По расположению в грунте и по форм электродов заземлители делятся на углубленные, состоящие из полос или круглой стали, укладываемых глубоко на дно котлована горизонтально по периметру фундаментов, вертикальные, состоящие из электродов, верхний конец которых заглубляется на 0,5-0,7 м от поверхности земли; в качестве их используют стальные вертикальные заложённые стержни диаметром 10-16 мм, (или отрезки стальных труб, различного диаметра), длиной 3-5 м, а также уголовая сталь длиной 2,5-3м (рис.3); горизонтальные (протяженные), состоящие из электродов, применяемых для связи между собой вертикальных заземлителей, соединяемых сваркой. В качестве таких заземлений используется круглая сталь диаметром не менее 10 мм или стальные полосы толщиной не менее 4 мм, сечением 48 мм².

В качестве заземляющих проводников-ответвлений к оборудованию, где по условиям работы не требуются гибкие проводники, применяются медные или алюминиевые проводники. В качестве заземляющих проводников, образующих заземляющую магистраль, применяется полосовая или круглая сталь, сечением порядка 48 мм².

Таблица 1

Минимальные размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников, мм

Заземлитель	Место расположения		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые, диаметром, мм	5	6	10
Прямоугольные, сечением, мм ²	24	48	48
Прямоугольные, толщиной, мм ²	3	4	4
Угловая сталь с толщиной полос, мм	2	2,5	4
Стальные водо- газопроводные (некондиционные) трубы с толщиной стенок, мм	2,5	2,5	3,5

Таблица 2

Наименьшие сечения медных и алюминиевых заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1000 В

Проводники	Сечением, мм	
	медь	алюминий
Без изоляции при открытой прокладке	4	6
Изолированные	1,5	2,5
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов, водящихся в общей защитной оболочке с средними жилами	1	1,5

Заземляющий проводник присоединяется к заземлению сваркой внахлестку не менее чем в двух местах. Длина нахлестки должна быть равна двойной ширине проводника при прямоугольном сечении или круглом шести диаметрам. Болты (винты, шпильки) для крепления заземляющего проводника должны изготавливаться из стойкого в отношении коррозии металла. Диаметр болта (винта, шпильки), зависит от номинального тока потребителя: при токе потребителя до 16 А, диаметр болта 4 мм потребителя 250-300 А диаметр болта 10 мм. Нельзя применять для выполнения заземления крепежные детали машин, оборудования.

Таблица 3

Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок

Характеристика объекта	Сопротивление, Ом
Электроустановки напряжением 110 кВ и выше сетей с эффективным заземлением нейтрали, выполненные по нормам на сопротивление	0,5 0,002·0,5ρ

Электроустановки 3-35 кВ сетей с изолированной нейтралью	$250/I_p^*$, но не более 10 Ом $0,002\rho \cdot 250/I_p$
Электроустановки сетей напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью напряжением: 660/380 В 380/220 В 220/127 В	15** (15·0,01ρ) 30** (30·0,01ρ) 60** (60·0,01ρ)
Электроустановки сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью при мощности источника питания: более 100 кВА до 100 кВА	$50/I_p^*$, но не более 4 Ом $50/I_p^*$, но не более 10 Ом

* I_p - расчетный ток замыкания на землю, в качестве которого принимается:

в сетях без компенсации емкостного тока замыкания на землю – ток замыкания на землю;

в сетях с компенсацией емкостного тока замыкания на землю:

- для электроустановок, к которым присоединены компенсирующие аппараты, - ток, равный 125% номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов;

- для электроустановок, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, - ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.

** - сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода должно быть не более 2, 4 и 8 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока и напряжениях 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

Таблица 4

Наибольшие допустимые сопротивления заземляющих устройств

<i>Грунт, вода</i>	<i>Удельное сопротивление, Ом·м</i>	<i>Грунт, вода</i>	<i>Удельное сопротивление, Ом·м</i>
Торф	20	Гравий, щебень	2000
Чернозем	30	Каменистый грунт	4000
Садовая земля	50	Скалистый грунт	10^4 - 10^7
Глина	60	Вода морская	0,2-1
Суглинок	100	Вода речная	10-100
Лесс	250	Вода прудовая	40-50
Супесь	300	Вода грунтовая	20-70
Песок	500	Каменный уголь	100-150

Таблица 5

Значение сезонных повышающих коэффициентов K

<i>Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых электродов</i>	<i>Климатические зоны</i>			
	1	2	3	4
<i>1. Климатические признаки зон</i>				
Средняя температура января	-20...-15	-14...-10	-14...0	0...+5
Средняя температура июля	16-18	18-22	22-24	24-26

Продолжительность замерзания воды, дней	170-190	150	100	0
2. Значения коэффициента K				
При применении вертикальных электродов длиной 3 м и глубиной заложения $t=0,7-0,8$ м	1,65	1,45	1,3	1,1
То же при длине электродов 5 м.	1,35	1,25	1,15	1,1
То же при применении горизонтальных электродов длиной 20 м и $t=0,7-0,8$ м	5,5	3,5	2,5	1,5
То же при длине 50 м.	4,5	3,0	2,0	1,4

Алгоритм расчета заземления

Расчет производится в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с рекомендациями по использованию заземляющих устройств и составить эскиз заземляющего устройства.
2. Определить допустимое сопротивление заземляющего устройства - R_3 по таблице 3 или правилам устройства электроустановок
3. Определяется расчетное удельное сопротивление грунта, в котором предполагается размещать электроды заземления, по данным таблиц 4 и 5

$$\rho_{расч} = \rho \cdot k \quad (1)$$

4. В случае возможности использования естественных заземлителей определяется сопротивление току растекания этих заземлителей R_e путем измерения или расчетным путем.

5. Определяется предварительно конфигурация заземлителя (в ряд, прямоугольник и т. п.) с учетом возможности размещения его на отведенной территории, участке.

6. Выбирается тип и размеры заземлителей - вертикальных электродов и соединительной полосы или протяженных заземлителей или других.

7. Определяется сопротивление растеканию тока с одного заземлителя $R_1=R_B$ по соответствующим формулам таблицы 6 (в формулу подставляется $\rho_{расч}$ вместо ρ).

8. Определяется требуемое сопротивление искусственного заземляющего устройства по формуле

9.

$$R_{imp} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} \quad (2)$$

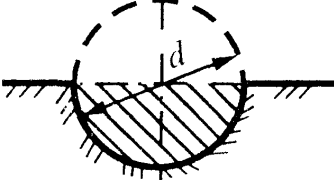
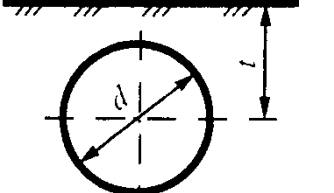
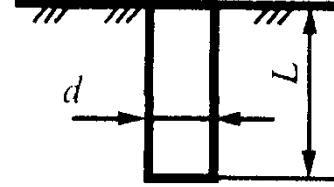
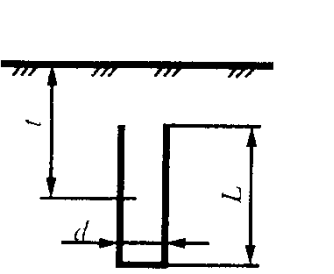
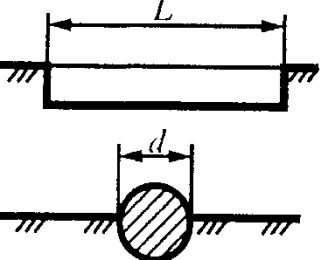
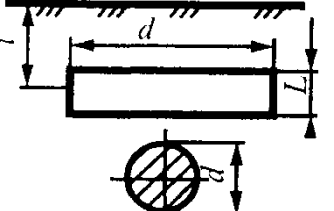
10. Определим, предварительно, необходимое количество вертикальных заземлителей по формуле

$$n = \frac{L_r}{a} \quad (3)$$

где L_r – длина горизонтального электрода, м; a – расстояние между вертикальными заземлителями, которое может быть равно одной, двум или трем длинам вертикальных заземлителей $a = (1 \div 3)L_B$ (рис.2).

Таблица 6

Формулы для вычисления сопротивления единичных заземлителей

Тип заземлителя	Схема	Формула	Условия применения
1	2	3	4
1. Полушаровой у поверхности земли		$R = \frac{\rho}{\pi \cdot d}$	-
2. Шаровой в земле		$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot d} \left(1 + \frac{D}{4t} \right)$	$2 \cdot t \gg d$
3. Трубчатый или стержневой у поверхности земли		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$	$L \gg d$ Для уголка с шириной b $d = 0,95 \cdot b$
4. То же в земле		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + L}{4t - L} \right)$ или приближенно $R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$	$L \gg d, t \geq 0,5m$ Для уголка с шириной b $d = 0,95 \cdot b$
5. Протяженный на поверхности земли (труба, стержень, кабель)		$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{2L}{d}$	$L \gg d$ Для колонны: $d = 0,5 \cdot b$ b – ширина полосы
6. Протяженный в земле (труба, стержень, кабель)		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{dt}$	$L \gg d$ $L \gg 4t$ Для колонны $d = 0,5 \cdot b$

7. Кольцевой круглого сечения на поверхности земли		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d}$	Для полосы шириной b : $d=0,5 \cdot b$ $D \gg d$
8. Кольцевой круглого сечения в земле		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{4\pi D^2}{dt}$ или приближенно $R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d}$	$D \gg d$ $D \gg 2t$ Для полосы шириной b : $d=0,5 \cdot b$
9. Круглая пластина на поверхности земли		$R = \frac{\rho}{2D}$	$2t \gg d$
10. То же в земле		Приближенно (погрешность 30%): $R = \frac{\rho}{2D}$	-
11. Пластинчатый в земле (пластина поставлена на ребро)		Приближенно: $R = \frac{\rho}{4\sqrt{a \cdot b}}$	$t = \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}}$
Примечание: В формулах ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м.			

Таблица 7

Коэффициенты использования η_6 вертикальных электродов группового заземления (труб, уголков и т. п.) без учета влияния полосы связи

Число заземлителя η, n	Отношение расстояний между электродами к их длине					
	1			2		
	электроды размещены в ряд (рис. 4а)			электроды размещены по контуру (рис. 4б)		
9	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

Таблица 8

Коэффициенты использования η_2 вертикальных электродов группового

заземления (труб, уголков и т. п.) без учета влияния полосы связи

Отношение расстояний между вертикальными электродами к их длине	Число вертикальных электродов							
	2	4	6	10	20	40	60	100
<i>Вертикальные электроды размещены в ряд (рис.4а)</i>								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	-	-	-
2	0,94	0,80	0,84	0,75	0,56	-	-	-
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	-	-	-
<i>Вертикальные электроды размещены по контуру (рис.4б)</i>								
1	-	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	-	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	-	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Таблица 9

Коэффициенты использования $\eta_{з.п.}$ параллельно уложенных горизонтальных полосовых электродов группового заземлителя (ширина полосы $b=20 \times 40$ мм, глубина заложения $t_0=0,3-0,8$ м) (рис.4в)

Длина каждой полосы, м	Число параллельных полос	Расстояние между параллельными полосами, м				
		1	2,5	5	10	15
1	2	3	4	5	6	7
15	2	0,63	0,75	0,83	0,92	0,96
	5	0,37	0,49	0,60	0,73	0,79
	10	0,25	0,37	0,49	0,64	0,72
	20	0,16	0,27	0,39	0,57	0,64
25	5	0,35	0,45	0,55	0,66	0,73
	10	0,23	0,31	0,43	0,57	0,66
	20	0,14	0,23	0,33	0,47	0,57
50	2	0,60	0,69	0,78	0,88	0,93
	5	0,33	0,40	0,48	0,58	0,65
	10	0,20	0,27	0,35	0,46	0,53
	20	0,12	0,19	0,25	0,36	0,44

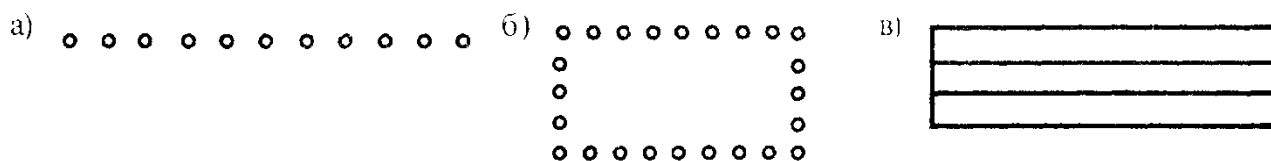


Рис.4. Способы размещения электродов группового заземлителя (вид в плане) а – вертикальные электроды размещены в ряд; б – вертикальные электроды размещены по контуру; в – горизонтальные электроды уложены параллельно друг другу на одинаковой глубине

11. Определяется сопротивление $R_2=R_r$ растеканию тока горизонтального электрода по соответствующей формуле табл. 6 (в формулу подставляется вместо ρ вместо $\rho_{расч}$).

12. Определяется сопротивление растеканию тока искусственных заземлителей:

$$R'_u = \frac{R_6 \cdot R_2}{R_6 \cdot \eta_2 + R_2 \cdot \eta_6 \cdot n} \quad (5)$$

где η_2 – коэффициент использования горизонтального электрода с учетом вертикальных электродов, определяется по табл.8; η_6 – коэффициент использования вертикальных электродов (по табл. 7); n – число вертикальных электродов.

Полученное сопротивление искусственных электродов не должно превышать требуемое сопротивление

$$R'_u < R_{умр} \quad (6)$$

Если это условие не удовлетворяется, то необходимо выбрать другие параметры заземлителей или изменить их количество и провести перерасчет.

13. При отсутствии естественных заземлителей R_e пункты 3 и 7 опускаются и условие (6) принимает вид

$$R'_u < R_{дон} = R_n \quad (7)$$

14. Сопротивление заземления состоит из суммы сопротивления заземлителей растеканию тока и сопротивления заземляющих проводников:

$$R_э = R'_э + R_{пр} \quad (8)$$

Сопротивление проводников $R_{пр}$ учитывается при большой протяженности проводников (несколько десятков метров).

Сопротивление заземления не должно превышать допустимого значения

$$R_э < R_n = R_{дон} \quad (9)$$

В противном случае требуется изменить параметры заземлителей и провести перерасчет.

В заключение расчета приводится схема размещения заземлителей, например, как это показано на рис.5.

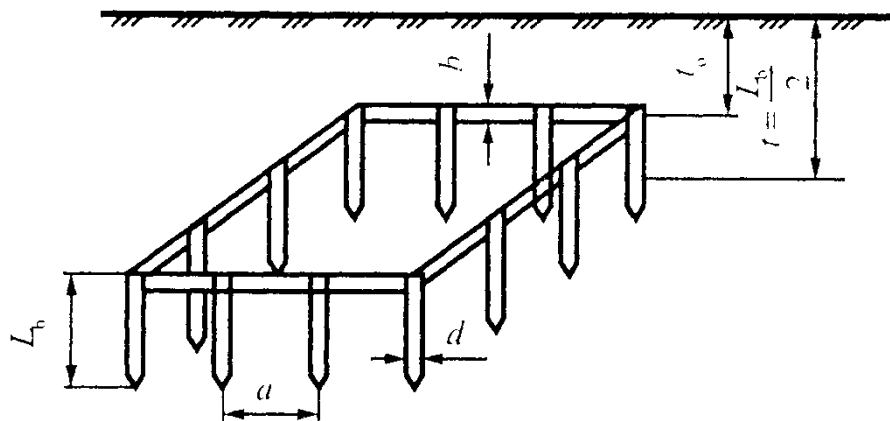


Рис.5. Пример схемы размещения заземлителей при контурном заземлении

Пример расчета

Задание: Рассчитать сопротивление защитного заземления для электропитающей установки мощностью 35кВт, распределяющей энергию напряжением 380/220В. Электропитающая установка размещена на первом этаже производственного здания, имеющего металлические конструкции, имеющего хороший контакт с землей. Желательно, чтобы заземляющее устройство включало в себя естественные заземлители, сопротивление растеканию тока, которых $R_e=200\text{Ом}$. Здание имеет периметр 70 м. Грунт - суглинок. Производственное здание размещено во второй климатической зоне.

Решение: 1. Требуемое сопротивление защитного заземления в соответствии с таблицей 3 не должно превышать $R_3 = R_n = 4 \text{ Ом}$.

2. Определяем расчетное удельное сопротивление грунта в соответствии с данными таблиц 4 и 5: $\rho_{расч} = \rho \cdot k = 100 \cdot 1,45 = 145 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

3. Принимаем сопротивление естественных заземлителей равным $R_e = 200\text{Ом}$.

4. Определяем предварительно конфигурацию заземлителя (в ряд, прямоугольник, и т. п. в соответствии с рис.4) с учетом возможности размещения его на отведенной территории участка. Выберем контурное размещение заземлителей. Контурный заземлитель размещается по периметру здания, длина которого $L_e=70 \text{ м}$.

5. В качестве искусственных вертикальных заземлителей выбираем стальные стержни длиной $L=2,5\text{м}$, диаметром $d = 12\text{мм}$, верхние концы которых соединяются стальной полосой сечением $20 \times 4\text{мм}^2$, уложенной в грунт (суглинок), при глубине заложения $t_0=0,5 \text{ м}$.

6. Определяем сопротивление растеканию тока с одного заземлителя R_1 по соответствующей формуле, приведенной в табл. 6.:

$$R_1 = \frac{\rho_{расч}}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + L}{4t - L} \right) = \frac{145}{2 \cdot 314} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,75 + 2,5}{4 \cdot 1,75 - 2,5} \right) = 55 \text{ Ом}.$$

7. Определяем требуемое сопротивление искусственного заземляющего устройства: $R_{ump} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} = \frac{20 \cdot 4}{20 - 4} = 5 \text{ Ом}$.

8. Определим предварительно необходимое количество вертикальных заземлителей n , приняв расстояние между ними $\alpha = 2L = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ м}$,
 $n = \frac{L_2}{\alpha} = \frac{70}{5} = 14 \text{ штук}$.

9. Определяем сопротивление растеканию тока с горизонтального заземлителя по формуле, приведенной в табл. 6:

$$R_2 = \frac{\rho_{рас}}{2\pi L_2} \ln \frac{2L_2^2}{0,5b \cdot t_0} = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 70} \ln \frac{2 \cdot 70^2}{0,5 \cdot 0,0004 \cdot 0,5} = 6 \text{ Ом}$$

10. Коэффициент использования вертикальных и горизонтальных электродов определяем по табл. 7 и 8, соответственно с учетом интерполяции $\eta_6 = 0,66$ и $\eta_2 = 0,36$.

11. Сопротивление растеканию группового искусственного заземлителя определяем по формуле $R'_u = \frac{R_6 \cdot R_2}{R_6 \cdot \eta_2 + R_2 \cdot \eta_6 \cdot n} = \frac{55 \cdot 6}{55 \cdot 0,36 + 6 \cdot 0,66 \cdot 14} = 4,4 \text{ Ом}$.

12. Общее сопротивление (действительное) заземляющего устройства $R_{3y} = \frac{R_e \cdot R'_u}{R_e + R'_u} = \frac{20 \cdot 4,4}{20 + 4,4} = 3,66 \text{ Ом}$, что меньше требуемого по ГОСТ 12.1.030-81*.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание преподавателя и необходимые исходные данные для расчета. Недостающие исходные данные принять самостоятельно.
2. Познакомиться с принципом действия, порядком расчета защитного заземления.
3. Выполнить расчет защитного заземления.
4. Привести схему размещения заземлителей.
5. Оформить отчет.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Варианты заданий

Задача 1. Используя алгоритм расчета защитного заземления рассчитать сопротивление защитного заземления для электропитающей установки мощностью 10кВт, распределяющей энергию напряжением 380/220В. Электропитающая установка размещена в одноэтажном производственном здании, имеющем металлические конструкции и хороший контакт с землей. Заземляющее устройство включает в себя естественные заземлители, сопротивление растеканию тока, которых $R_e=300\text{Ом}$. Здание имеет периметр 100

м. Вид грунта и климатическая зона принимаются для расчета по вариантам табл.10.

Задача 2. Определить сопротивление естественного заземлителя, используемого для сооружения заземляющего устройства электроустановки мощностью $100\text{кВ}\cdot\text{А}$ и напряжением 1кВ . В качестве заземлителя используется горизонтальный трубопровод длиной 100м , диаметром 245мм , пролегающий на глубине $0,5\text{м}$ от поверхности земли. Заземлитель расположен в однородном грунте (вид грунта и климатическая зона принимаются по табл.10). Сравнить сопротивление естественного заземлителя (R_e) с наибольшим допустимым сопротивлением заземляющего устройства (R_n) по условию $R_e \leq R_n$. Сделать вывод о эффективности применения данного заземлителя.

Задача 3. Определить сопротивление естественного заземлителя, используемого для сооружения заземляющего устройства электроустановки мощностью $100\text{кВ}\cdot\text{А}$ и напряжением 1кВ . В качестве заземлителя используется вертикальный трубопровод, расположенный в земле, длиной 30 м , диаметром 325 мм . Расстояние от поверхности земли до верхнего края трубопровода $0,4\text{м}$. Заземлитель расположен в однородном грунте (вид грунта и климатическая зона принимаются по табл.10). Сравнить сопротивление естественного заземлителя (R_e) с наибольшим допустимым сопротивлением заземляющего устройства (R_n) по условию $R_e \leq R_n$. Сделать вывод о эффективности применения данного заземлителя.

Задача 4. Определить сопротивление естественного заземлителя, используемого для сооружения заземляющего устройства электроустановки мощностью $100\text{кВ}\cdot\text{А}$ и напряжением 1кВ . В качестве заземлителя используется железобетонная плита на поверхности земли размером $3,5 \times 5\text{м}$. Сравнить сопротивление естественного заземлителя (R_e) с наибольшим допустимым сопротивлением заземляющего устройства (R_n) по условию $R_e \leq R_n$. Сделать вывод о эффективности применения данного заземлителя.

Задача 5. Определить сопротивление естественного заземлителя, используемого для сооружения заземляющего устройства электроустановки мощностью $100\text{кВ}\cdot\text{А}$ и напряжением 1кВ . В качестве естественного заземлителя используется железобетонная свая. Глубина залегания в землю $1,5\text{м}$. Свая прямоугольного сечения с размерами сторон $300 \times 400\text{мм}$. Сравнить сопротивление естественного заземлителя (R_e) с наибольшим допустимым сопротивлением заземляющего устройства (R_n) по условию $R_e \leq R_n$. Сделать вывод о эффективности применения данного заземлителя.

Задача 6. Используя алгоритм расчета защитного заземления рассчитать сопротивление защитного заземления для электропитающей установки мощностью 35кВт , распределяющей энергию напряжением $380/220\text{В}$. Электропитающая установка размещена в одноэтажном производственном здании, имеющем металлические конструкции и хороший контакт с землей. Естественные заземлители отсутствуют. Здание имеет периметр 200 м . Вид грунта и климатическая зона принимаются для расчета по вариантам табл.10.

Исходные данные для расчета защитного заземления

<i>Вариант</i>	<i>Вид грунта</i>	<i>Климатическая зона</i>
1.	Чернозем	IV
2.	Садовая земля	II
3.	Глина пластинчатая	III
4.	Суглинок полутвердый	I
5.	Песок	II
6.	Гравий	II
7.	Щебень	I
8.	Почва	II
9.	Глина полутвердая	I
10.	Супесь	II
11.	Песок	I
12.	Каменистый грунт	III
13.	Скалистый грунт	IV
14.	Торф	I
15.	Лесс	II
16.	Гравий	III
17.	Щебень	IV
18.	Песок	III
19.	Чернозем	III
20.	Каменистый грунт	I
21.	Песок	IV
22.	Гравий	I
23.	Каменный уголь	II
24.	Почва	III
25.	Глина пластинчатая	I

Контрольные вопросы

1. Что такое защитное заземление?
2. Назначение, область применения защитного заземления.
3. Принцип действия защитного заземления.
4. Что собой представляет заземляющее устройство?
5. Перечислите типы заземляющих устройств.
6. Каков порядок расчета защитного заземления?
7. В каком случае заземление является эффективным?