

ЛЕКЦИЯ 14

ЗАЗЕМЛИТЕЛИ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

Общие требования к заземляющим устройствам

Для заземления электроустановок в очередь используются естественные заземлители, искусственные заземлители используются только при отсутствии естественных заземлителей или для снижения токов стекающих с естественных заземлителей.

Для заземления электроустановок различных назначений, как правило, целесообразно принять одно общее заземляющее устройство.

В качестве естественных заземлителей рекомендуется использовать:

- проложенные в земле металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывчатых газов и смесей;
- обсадные трубы скважин;
- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящихся в соприкосновении с землей;
- свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле (использование алюминиевых оболочек кабелей не допускается);
- заземлители опор линий электропередачи, соединенные с заземляющим устройством при помощи грозозащитного троса.

Для искусственных заземлителей используется вертикальные и горизонтальные заземлители (электроды), уложенные на глубине 0,5-1,0 м от поверхности земли.

В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы, угловая и круглая сталь длиной $l = 3-10$ м. Наименьшие поперечные размеры: круглые электроды диаметр $d = 16$ мм, оцинкованные $d = 12$ мм, толщина полок угловой стали $t = 4$ мм сечением не менее 100 мм^2 и толщина стенок стальных труб $t = 3,5$ мм диаметром не менее 32 мм.

Полосовые заземлители в виде лучей сечением не менее 100 мм^2 и толщиной не менее 4 мм круглые диаметр $d=10$ мм, оцинкованные круглые диаметром не менее 10 мм, полосовые сечением не менее 75 мм^2 и толщиной не менее 3 мм, оцинкованные трубы диаметром не менее 25 мм и толщиной стенки не менее 2 мм.

Если контур заземляющего устройства располагается в пределах ограждения электроустановки, то у входов и выездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем забивки у внешнего горизонтального заземлителя напротив входов и выездов двух вертикальных заземлителей длиной 3-5 м, с расстоянием между ними равном ширине входа или выезда. Кроме того, с внешней стороны ограды на расстоянии 1 м от нее на глубине 1 м прокладывается горизонтальный заземлитель, присоединенный к заземляющему устройству не менее чем в четырех местах.

Внешнюю ограду электроустановок не рекомендуется присоединять к заземляющему устройству. Расстояние от ограды до элементов заземляющего устройства, расположенных вдоль нее как с внутренней, так и с внешней стороны, должно быть не менее 2 м.

Грунт и его структура

Земля является плохим проводником электрического тока и проводимость ее много меньше проводимости металлов. Однако она оказывает сравнительно небольшое сопротивление току, так как площадь земли, через которую проходит ток, весьма велика. Основным электрическим параметром земли является удельное электрическое сопротивление ρ , Ом \cdot м. У различных грунтов ρ меняется в очень широких пределах: от тысячных долей у самородных металлов до многих миллиардов у таких, как слюда, кварц, полевой шпат.

Грунт является весьма сложной и неоднородной средой как по составу, структуре, так и по глубине. Основными составными частями грунта являются твердые частицы неорганического и органического происхождения и вода.

Электропроводность твердой основы грунта в сухом состоянии мала. Однако содержащиеся в грунте различные соли и кислоты при наличии влаги создают электролиты, которые определяют электропроводность земли.

Наиболее часто встречающиеся грунты – песчаный, глинистый и перегнойный.

При замерзании влаги в грунте его удельное сопротивление возрастают скачкообразно в несколько раз, т.к. сопротивление льда выше сопротивления воды.

Оказывает влияние на удельное сопротивление грунта и степень уплотненности грунта. Поэтому при устройстве заземлений необходимо тщательно трамбовать грунт, что дает реальную экономию металла.

Зависимость удельного сопротивления грунта от влажности

Примерное значение удельного сопротивления грунтов в естественных условиях приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Удельное сопротивление грунтов

Вид грунта	Значение ρ , рекомендуемое для расчетов, Ом \cdot м
Торф	25
Чернозем	50
Глина	75
Суглинок	100
Супесь	300
Песок	1000

Известняк	1500
Гравий, щебень	5000

Указанными значениями допустимо пользоваться в том случае, когда отсутствуют данные удельных сопротивлений земли ρ на месте монтажа.

В качестве расчетного удельного сопротивления грунта слоя сезонных изменений следует принимать возможное максимальное значение

$$\rho_{\text{расч.}} = K \rho_{\text{изм.}}$$

где K – сезонный коэффициент земли, учитывающий возможное увеличение удельного сопротивления слоя сезонных изменений. Величина K_c и H_c зависят от климатической зоны и влажности земли, в которой расположена электроустановка. Значения коэффициента K_c и толщина слоя сезонных изменений H_c приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Сезонные коэффициенты K_c и толщина слоя сезонных изменений H_c

Климатическая зона	Сезонные коэффициенты K_c при влажности земли перед измерением			Толщина слоя, H_c , м
	повышенной	средней	пониженной	
I	7	4	2,7	2,2
II	5	2,7	1,9	2,0
III	4	2,0	1,5	1,8
IV	2,5	1,4	1,1	1,6

Для расчета заземлителей грозозащиты наиболее тяжелым периодом является период с пониженной влажностью из-за засухи. Поэтому увеличение удельного сопротивления для сезонных изменений при расчете заземлителей грозозащиты следует учитывать только в случае, когда измерения проводились не в период пониженной влажности.

На основании табл. 2 при измерениях в период повышенной и средней влажности сезонные коэффициенты для заземлителей грозозащиты будут:

Климатическая зона I:

- в период повышенной влажности $K_c = 7/2,7 = 2,59$;

- в период средней влажности $K_c = 4/2,7 = 1,48$.

Климатическая зона II:

- в период повышенной влажности $K_c = 5/1,9 = 2,63$;

- в период средней влажности $K_c = 2,7/1,9 = 1,42$.

Климатическая зона III:

- в период повышенной влажности $K_c = 4/1,5 = 2,66$;
- в период средней влажности $K_c = 2/1,5 = 1,33$.

Климатическая зона IV:

- в период повышенной влажности $K_c = 2,5/1,1 = 2,27$;
- в период средней влажности $K_c = 1,4/1,1 = 1,27$.

Расчет удельного сопротивления ρ_Σ многослойного грунта

Учет неоднородности земли значительно повышает точность расчета заземлителей.

Эквивалентным удельным сопротивлением многослойной земли называется такое удельное сопротивление однородной земли, при котором сопротивление растеканию тока данного заземлителя имеет тоже значение, что и в реальном многослойном грунте.

Сложную структуру приводят к двухслойной следующим образом. Под верхним слоем земли понимают слой, удельное сопротивление которого более чем в два раза отличается от удельного сопротивления нижнего слоя.

Причем ρ_1 ; ρ_2 в 2 раза больше ρ_3 ; ρ_4 ; ρ_5 .

$$\rho_{\text{верх.}} = \rho_1; h_{\text{верх.}} = h_1 + h_2.$$

$$\rho_{\text{нижн.}} = \rho_3; h_{\text{нижн.}} = h_3 + h_4 + h_5.$$

В этом случае эквивалентное удельное сопротивление грунта определяется следующим образом:

$$\rho_\Sigma = \frac{\sum h}{\frac{h_{\text{верх.}}}{\rho_{\text{верх.}}} + \frac{h_{\text{нижн.}}}{\rho_{\text{нижн.}}}}, \text{ где}$$

Σh - длина электрода, м; $h_{\text{верх.}}$ и $h_{\text{нижн.}}$ - длины частей электрода, находящихся в верхнем и нижнем слоях земли, м.

Пример 1.

Дан шестислойный грунт, III климатическая зона, пониженной влажности.

$$\rho_1 = 215; \rho_2 = 155; \rho_3 = 193; \rho_4 = 95; \rho_5 = 93; \rho_6 = 65, \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

$$h_1 = 0,8; h_2 = 1,0; h_3 = 1,0; h_4 = 1,0; h_5 = 1,0; h_6 = 1,2, \text{ м.}$$

В соответствии с табл. 2 $K_c = 1,5$; $H_c = 1,8$ м.

$$\rho_{1p} = \rho_{1\text{изм.}} \cdot K = 215 \cdot 1,5 = 322 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

$$\rho_{2p} = \rho_{2\text{изм.}} \cdot K = 155 \cdot 1,5 = 232 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Остальные слои грунта не измеряются.

За верхний слой принимаем три первых слоя:

$$h_{\text{верх.}} = h_1 + h_2 + h_3 = 0,8 + 1,0 + 1,0 = 2,8 \text{ м.}$$

$$\rho_{\text{верх}} = \frac{h_{\text{верх}}}{\frac{h_1}{\rho_{1p}} + \frac{h_2}{\rho_{2p}} + \frac{h_3}{\rho_{3p}}} = \frac{2,8}{\frac{0,8}{322} + \frac{1,0}{232} + \frac{1,0}{193}} = 230 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

За нижний слой принимаем три последующих слоя:

$$h_{\text{нижн.}} = h_4 + h_5 + h_6 = 1,0 + 1,0 + 1,2 = 3,2 \text{ м.}$$

$$\rho_{\text{нижн}} = \frac{h_{\text{нижн}}}{\frac{h_4}{\rho_{4p}} + \frac{h_5}{\rho_{5p}} + \frac{h_6}{\rho_{6p}}} = \frac{3,2}{\frac{1,0}{95} + \frac{1,0}{93} + \frac{1,2}{65}} = 80 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

тогда

$$\rho_{\text{э}} = \frac{h_{\text{верх}} + h_{\text{нижн}}}{\frac{h_{\text{верх}}}{\rho_{\text{верх}}} + \frac{h_{\text{нижн}}}{\rho_{\text{нижн}}}} = \frac{2,8 + 3,2}{\frac{2,8}{230} + \frac{3,2}{80}} = 115,4 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Расчет сопротивления естественных и отдельных искусственных заземлителей

1. Сопротивление естественных заземлителей.

- сопротивление естественных заземлителей – сопротивление неизолированного металлического трубопровода:

$$R_3 = \frac{0,16\rho_{\text{э}}}{l} \ln \frac{2l^2}{h \cdot d}$$

где l – длина трубопровода, м, но не более 200 м; h – глубина заложения трубопровода, м; d – диаметр трубопровода, м;

- сопротивление обсадной трубы скважины:

$$R_3 = \frac{0,16\rho_{\text{э}}}{l} \ln \frac{4l}{d};$$

- сопротивление оболочки кабелей:

$$R_3 = R_0 \sqrt{\frac{\rho_{\text{э}}}{\rho_0}},$$

где R_0 – сопротивление растекания оболочки кабелей длиной более 200 м, при $\rho_0 = 100$ Ом·м – определяется по числу кабелей: при числе кабелей 1,2 и 3; $R_0 = 2; 1,5$ и $1,2$ Ом соответственно;

- сопротивление железобетонных и металлических конструкций зданий и сооружений, находящихся в соприкосновении с землей:

$$R_3 = 0,5 \frac{\rho_{\text{э}}}{\sqrt{S}}$$

где S – площадь, ограниченная периметром конструкций или фундамента здания, м²;

- сопротивление системы «трос-опора»:

а) при числе опор более 20

$$R_3 = \sqrt{R_{\text{оп.}} \cdot R_{\text{тр}}},$$

где $R_{\text{оп}}$ - сопротивление заземляющего устройства одной опоры, Ом; $R_{\text{тр}}$ - сопротивление троса в одном пролете;

б) при числе опор менее 20

$$R_3 = \sqrt{R_{\text{оп.}} \cdot R_{\text{тр}}} \operatorname{cth} \left(n \sqrt{\frac{R_{\text{тр}}}{R_{\text{оп.}}}} \right)$$

Активное сопротивление стального троса:

Сечение троса, мм ²	ПС-25; ПС-35; ПС-50; ПС-70; ПС-95
Сопротивление 1 км троса, Ом	7,1; 5,36; 3,7; 2,38; 1,89

2. Сопротивление одиночных искусственных заземлителей.

- для вертикального электрода из круглой стали и трубы:

$$R_3 = \frac{0,16\rho_{\text{э}}}{l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right);$$

- для вертикального электрода из угловой стали

$$R_3 = \frac{0,16\rho_{\text{э}}}{l} \left(\ln \frac{2l}{dy} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right);$$

- для горизонтального электрода из полосовой стали

$$R_3 = \frac{0,16\rho_{\text{э}}}{l} \ln \frac{2l^2}{h \cdot b};$$

- для для горизонтального электрода из круглой стали или трубы

$$R_3 = \frac{0,16\rho_{\text{э}}}{l} \ln \frac{l^2}{hd},$$

где $dy = 95$ в – вертикальные электроды из угловой стали; b – ширина стороны уголка; l – длина электрода, м; d – внешний диаметр электрода; h – глубина заложения электрода от поверхности земли, м; b – ширина полосового электрода (для угловой стали – ширина полки), м; t – расстояние от поверхности земли до середины электрода, м.

Нормирование допустимых сопротивлений заземляющих устройств

- Заземляющие устройства в электроустановках напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно или глухозаземленной нейтралью (сети 110-750 кВ) должно иметь в любое время года сопротивление не более 0,5 Ом.

$R_{3\text{доп}} \leq 0,5$ Ом.

- Заземляющее устройство в электроустановках напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (сети 1-35 кВ) должно иметь в любое

время года сопротивление $R_{3\text{доп}} \leq \frac{250}{I_3}$, но не более 10 Ом.

- Заземляющее устройство в электроустановках напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью (660/380; 380/220; 220/127 В) в любое время года сопротивление должно быть не более 2, 4, 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В.

- Заземляющее устройство электроустановок напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью (220 В) должно иметь в любое время года

сопротивление $R_{3\text{ддо}} \leq \frac{50}{I_3}$.

Как правило, не требуется принимать значения сопротивления заземляющего устройства менее 4 Ом.

Расчет сопротивления группового заземлителя по нормированному сопротивлению

Для расчета необходимо знать:

- величину допустимого сопротивления растеканию тока в земле;
- требования к обязательному устройству искусственных заземлителей;
- требования к размещению вертикальных и горизонтальных заземлителей;
- значение токов замыкания на землю.

Если заземляющее устройство используется для установок напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью и одновременно для установок напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, то допустимое сопротивление растекания тока в земле определяется по двум значениям:

$$R_{3\text{ддо}} \leq \frac{250}{I_3} \text{ и } R_{3\text{доп}} = 2, 4, 8 \text{ Ом};$$

выбирается наименьшее значение.

- Сопротивление заземляющего устройства складывается из сопротивления вертикальных электродов и сопротивления горизонтальных электродов, связывающих вертикальные электроды.

- Сопротивление одиночного вертикального электрода R_B определяется по формулам в зависимости от формы электрода (круглая сталь, труба или угловая сталь).

- Суммарное сопротивление всех вертикальных электродов определяется с учетом коэффициента использования электродов соседними

$$R_{B.p} = \frac{R_B}{n \cdot \eta_B},$$

где n – количество электродов; η_B – коэффициент использования вертикальных электродов, который зависит от числа электродов и отношения расстояния между электродами к длине электрода. Выбирается по таблице 4.6; 4.7; 4.8; 4.9 (Ю.И. Солюянов “Повышение эффективности защитных мер электробезопасности электроустановок промышленных предприятий”. Учебное пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2004, - 294 с.).

- Сопротивление растеканию горизонтальных заземлителей R_T определяется по формулам в зависимости от формы электродов (круглая сталь, полосовая сталь).

- Суммарное сопротивление с учетом коэффициента использования

$$R_{Гр} = \frac{R_{Г}}{\eta_{Г}}$$

- Полное сопротивление растеканию заземляющего устройства

$$R_{з.у} = \frac{R_{вр} \cdot R_{Гр}}{R_{вр} + R_{Гр}},$$

которое должно быть меньше или равно допустимому сопротивлению

$$R_{з.у} \leq R_{з.доп.}$$

Если оно больше, то увеличивается количество вертикальных электродов или длина их.

Пример.

Насосная предприятия размером 42x12 м. В торце размещена подстанция размером 12x12 м, напряжением 10/0,4 кВ, $S_{тр} = 2 \times 400$ кВА.

$$\rho_{1изм} = 148 \text{ Ом}\cdot\text{м}; h_1 = 2,5 \text{ м};$$

$$\rho_{2изм} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}; h_2 = 2,5 \text{ м}; I_3 = 70 \text{ А.}$$

II климатическая зона, средняя влажность.

Решение:

$$1. \quad 1.1. \quad R_{зд} = \frac{250}{I} = \frac{250}{70} = 3,57 \text{ Ом, для 10 кВ};$$

$$1.2. \quad R_{зд} = 4 \text{ Ом, для 0,4 кВ.}$$

Принимаем $R_{зд} = 3,57 \text{ Ом}$.

2. Принимаем $d = 16 \text{ мм}$, $l = 5 \text{ м}$, $a = 5 \text{ м}$, $a/l_{в} = 1$ (вертикальные), стальная полоса 40x4 мм (горизонтальные).

3. Сопротивление растеканию эквивалентное:

$$\rho_{э} = \frac{l}{\frac{l_1}{K \cdot \rho_{1изм}} + \frac{l_2}{\rho_{2изм}}} = \frac{5}{\frac{2,5}{2,7 \cdot 148} + \frac{2,5}{100}} = 160 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

4. Сопротивление вертикального электрода:

$$R_{в} = \frac{0,16 \cdot \rho_{э}}{l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = \frac{0,16 \cdot 160}{5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,016} + \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 35 \text{ Ом}$$

$$t = h + 1/2l = 0,7 + 2,5 = 3,2 \text{ м.}$$

5. Количество электродов:

$$n = \Pi/a + 1 = 45/5 + 1 = 10 \text{ электродов,}$$

$$\Pi = 15 + 15 = 45 \text{ м.}$$

6. Сопротивление всех вертикальных электродов с учетом коэффициента использования:

$$R_{3В} = \frac{R_B}{\Pi \cdot \eta_B} = \frac{35}{10 \cdot 0,58} = 6 \text{ Ом, где } \eta_B = 0,58.$$

7. Сопротивление горизонтальной полосы:

$$R_{\Gamma} = \frac{0,16\rho_{\text{э}}}{l} \ln \frac{2l^2}{h \cdot b} = \frac{0,16 \cdot 100}{45} \ln \frac{2 \cdot 45^2}{0,7 \cdot 0,04} = 3,7 \text{ Ом}$$

8. Сопротивление горизонтальной полосы с учетом коэффициента использования:

$$R_{3\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}} = \frac{3,7}{0,34} = 10,9 \text{ Ом, где } \eta_{\Gamma} = 0,34.$$

9. Общее сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{3.у} = \frac{R_{3В} \cdot R_{3\Gamma}}{R_{3В} + R_{3\Gamma}} = \frac{6 \cdot 10,9}{6 + 10,9} = 3,8 \text{ Ом.}$$

Вывод: сопротивление больше допустимого

$$R_{3у} > R_{3д} \quad 3,8 > 3,57.$$

10. Добавляем 2 электрода:

$$R_{3В} = \frac{35}{12 \cdot 0,58} = 5,03 \text{ Ом.}$$

11. Общее сопротивление:

$$R_{3у} = \frac{5,03 \cdot 10,9}{5,03 + 10,9} = 3,44 \text{ Ом,} \quad 3,44 < 3,57.$$

Особенности выполнения заземляющих устройств средств вычислительной техники (СВТ)

в современном производстве установления мощность единицы электроустановки достигает десятков меговатт, а рабочие токи, протекающие по силовым сетям – 20 кА и более. Силовое электрооборудование является источником мощных электромагнитных полей, создающих помехи в кабелях и проводах, по которым производится обмен информации между средствами вычислительной техники.

Задача защиты СВТ должна решаться комплексно: созданием программных средств защиты от помех; созданием соответствующих конструкций СВТ, защищенных от помех; применением специальных кабелей и рациональным заземлением оборудования и кабельных сетей СВТ.

Источником помех, возникающих в системах заземления, металлических оболочек кабелей, является напряжение создаваемое:

- блуждающими токами заземления при использовании земли в качестве обратного провода в цепях питания;
- уравнительными токами в местах установки агрегатов с заземленной нейтралью;
- токами короткого замыкания на землю.

Цепи заземления СВТ подразделяются на защитное и рабочее. Защитное заземление является средством защиты от поражения электрическим током человека при повреждении изоляции. Магистраль защитного зануления следует соединять с PEN-проводником на распределительном щите питания СВТ.

Питание распределительного щита от подстанции осуществляется по системе TN-C, питание СВТ осуществляется по системе TN-S. Распределительный щит должен иметь повторное заземление PEN-проводника. Рабочее заземление СВТ имеет другое назначение.

Иногда рабочее заземление именуют логическим, информационным, схемным, физическим и т.д. Мы примем название “нуль-система”. В “нуль-систему” входят заземлитель и заземляющие проводники.

Для “нуль-системы” следует применять искусственные заземлители. Заземлители “нуль-системы” должны располагаться на расстоянии не менее 20 м от защитных заземлителей. Сопротивление “нуль-системы” должно быть не более 4 Ом. Заземляющие проводники должны быть изолированными. Сечение и материал заземляющих проводников должны обеспечивать их сопротивление не более 0,1 Ом. Использование заземляющих проводников “нуль-системы” в качестве защитных мер не допускается.

Экраны и оболочка кабелей для СВТ заземляются только с одного конца путем присоединения их изолированными проводниками в шкафах СВТ к узлу заземления “нуль-системы” или металлической шине, проложенной в помещении СВТ. Шина должна быть медной, сечением не

менее 50 мм^2 или алюминиевой сечением не менее 70 мм^2 . Шина должна быть изолирована от распределительного щита и нейтрали питающей сети и соединена проводником с заземлителем “нуль-системы”.

С “нуль-системой” должны соединяться нулевой провод блоков СВТ, экраны пар, свободные жилы или пары, а также, по одной жиле из каждой скрученной пары жил кабелей для передачи информации.

Заземляющее устройство персональных ЭВМ (ПЭВМ)

Питание ПЭВМ от сети 220 В производится через специальные розетки и вилки с дополнительными контактами для соединения с заземляющим или нулевым защитным проводником через трехжильные кабели, в которых одна жила выполняет роль нулевого защитного РЕ-проводника. Подключение нулевого защитного РЕ-проводника производится в распределительных шкафах осветительной сети к узлу защитного заземления шкафа (рис. 2).

Нулевые рабочие проводники запрещается использовать в качестве нулевых защитных проводников.

С целью уменьшения полей следует применять специально проложенные заземляющие и зануляющие проводники с изолирующей оболочкой во избежания случайных контактов с заземленными металлоконструкциями и электрооборудованием. Сечение проводников должно быть таким, чтобы сопротивление проводника было не более 0,1 Ом. Изолированные медные и алюминиевые проводники присоединяются к дополнительному контакту с маркировкой “земля”.

Заземляющее устройство молниезащиты

Заземление молниезащиты – преднамеренное соединение с землёй молниеприёмников и разрядников в целях отвода от них токов молнии в землю.

Здания и сооружения должны быть защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов через наземные и подземные металлические коммуникации. При этом все подземные и наземные внутрицеховые коммуникации должны быть у ввода в помещение присоединены к специальному заземлителю, расположенному за пределами этих помещений, или внутрицеховому, имеющему сопротивление растеканию тока промышленной частоты не более 10 Ом.

В качестве заземлителей молниезащиты допускается использовать все рекомендуемые ПУЭ [1] заземлители электроустановки, за исключением нулевых проводов воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ. Железобетонные фундаменты зданий, сооружений, наружных установок, опор молниеотводов следует, как правило, использовать в качестве заземлителей молниезащиты при условии обеспечения непрерывной электрической связи по их арматуре и

присоединение её к заземлённым деталям с помощью сварки [8]. Нормирование параметров заземлителей по типовым конструкциям имеет ряд преимуществ: оно соответствует принятой в строительной практике унификации железобетонных фундаментов с учётом их использования в качестве естественных заземлителей; при выборе молниезащиты не требуется выполнять расчёты импульсных сопротивлений заземлителей, что сокращает объём проектных работ.

При подключении сети молниезащиты к защитному заземлению общее сопротивление растеканию тока промышленной частоты должно быть не более 10 Ом.

Заземляющее устройство для защиты от статического электричества

Заземляющие устройства для защиты от статического электричества следует, как правило, объединять с заземляющими устройствами для электрооборудования. Такие заземляющие устройства должны быть выполнены в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок». Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, допускается до 100 Ом.

Все металлические и электропроводные неметаллические части технологического оборудования должны быть заземлены независимо от того, применяются ли меры защиты от статического электричества [10].

Металлическое и электропроводное неметаллическое оборудование, трубопроводы, вентиляционные короба и кожухи термоизоляции трубопроводов и аппаратов, расположенных в цехе, а также на наружных установках, эстакадах, в каналах, должны представлять собой на всём протяжении непрерывную электрическую цепь, которая в пределах цеха (отделения, установки) должна быть присоединена к контуру заземления не менее, чем в двух точках.

Резервуары и ёмкости объёмом более 50 м³, за исключением вертикальных резервуаров диаметром до 2,5 м, должны быть присоединены к заземлителям с помощью не менее двух заземляющих проводников в диаметрально противоположных точках.

Защита от статического электричества трубопроводов, расположенных на наружных эстакадах, должна отвечать требованиям действующей «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87 [8].

Неметаллическое оборудование считается электрически заземлённым, если сопротивление любой точки его внутренней и внешней поверхности относительно контура заземления не превышает 10⁷ Ом.

Электропроводным считается футерованное и неметаллическое оборудование, в котором поверхности, имеющие контакт с перерабатываемыми веществами, изготовлены из материалов с удельным объёмным электрическим сопротивлением не более 10^5 Ом·м. Металлические корпуса, детали, арматура и электропроводные поверхности футерованного и неметаллического оборудования должны быть заземлены.

Диэлектрическим считается оборудование, в котором поверхности, имеющие контакт с перерабатываемыми веществами, изготовлены из материала с удельным объёмным электрическим сопротивлением более 10^8 Ом·м. В случае применения антистатического и диэлектрического неметаллического оборудования не допускается наличие в них металлических частей и деталей, имеющих сопротивление относительно земли более 100 Ом.