

ЗАЩИТА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

© 2022 *Е. В. Семенова, Е. А. Бойков*

Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)

От атмосферного электричества защита пожаровзрывоопасных объектов достигается соответствующим выбором категории устройства молниезащиты и типа зоны защиты объекта от прямых ударов молнии.

Ключевые слова: система молниезащиты, атмосферное электричество, заземлитель молниевывода, аккумуляторная, пожаровзрывоопасный объект.

Отсутствие, неисправность или неправильная эксплуатация системы молниезащиты в зонах активного проявления грозовой деятельности могут вызывать поражение зданий, сооружений технологических установок прямыми ударами молнии особенно при наличии массовых металлических конструкций или аппаратов и техники.

Воздействие принято подразделять на две основные группы: первичные вызванные прямым ударом молнии и вторичные, индуцированные близкими ее разрядами или занесенные в объект протяженными металлическими коммуникациями. Опасность удара и вторичных воздействий молнии для здания

автозарядной станции (аккумуляторной) и находящихся в ней людей определяется, с одной стороны, параметрами разряда молнии, а с другой технологическими и конструктивными характеристиками: наличием взрывоопасных зон, огнестойкостью строительных конструкций, видами вводимых коммуникаций и их расположением внутри объекта, и т. д.

Для расчета, в качестве примера, возьмем здание аккумуляторной станции длиной $l = 50$ м, шириной $G = 20$ м, высотой $h = 5,5$ м, наименования помещений перечислены в таблице.

Таблица

Классификация взрывоопасных зон, категория помещений, тип зоны защиты аккумуляторной

№ п/п	Наименование помещений	Взрыво-опасная зона	Количество	Категория м/з	Тип зоны защиты	N	Надежность
1.	Комната для хранения аккумуляторных батарей (АКБ)	В-1а	1	II	В	$N < 1$	0,99
2.	Комната для хранения кислоты	В-1б	1	II	В	$N < 1$	0,99
3.	Теплоузел	В-1а	1	II	В	$N < 1$	0,99
4.	Комната зарядки и разрядки	В-1а	4	II	В	$N < 1$	0,99
5.	Агрегатная	В-1а	1	II	В	$N < 1$	0,99
6.	Дисциплитарная	В-1б	1	II	В	$N < 1$	0,99
7.	Комната вентилирования электродвигателей	В-1а	2	II	В	$N < 1$	0,99

Классификацию взрывоопасных зон аккумуляторной станции (см. таблицу) про-

водим в соответствии с Правилами электроустановок (ПУЭ) и ФЗ 123 от 22.07.2007.

Семенова Елена Владимировна – Воронежский институт высоких технологий, канд. техн. наук, доцент, e-mail: semenovaelena1@mail.ru.

Бойков Евгений Алексеевич – Воронежский институт высоких технологий, канд. техн. наук, доцент, e-mail: boikov-2012@yandex.ru.

Комната для хранения кислоты и дистилляционная относятся к категории В-1б, а остальные помещения к категории В-1а, то есть более пожаровзрывоопасные.

Произведем расчет по нормативному документу СО 153-34.21.122-2003 с учетом того, что средняя грозовая деятельность района расположения аккумуляторной станции (n) равна от 40 до 60 ч в год.

Определяем удельную плотность (n) ударов молнии в землю, удар 1 км в год в месте нахождения объекта: $n = 4$ (см. табл. А1 ПУЭ).

Ожидаемое число поражений объекта молнией N подсчитывается по формуле:

$$N = [(1 + 6h) \cdot (G + 6h) \cdot 7.7 h^2] n \cdot 10^{-6},$$

Следовательно,

$$N = [(50 + 6 \cdot 5,5)(20 + 6 \cdot 5,5) \cdot 7,7 \cdot 5,5^2] \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0,01666$$

Поскольку $0,01666 < 1$, следовательно, $n < 1$.

Стандартной зоной защиты один энного тросового молниеотвода высотой $h = 20$ м является симметричная двухскатная поверхность, образующая в поперечном вертикальном сечении равнобедренный треугольник с вершиной на высоте $h_0 < h$ и основанием на уровне земли $2r_0$ (см. рис. 1)

$$h_0 = 0,8 h,$$

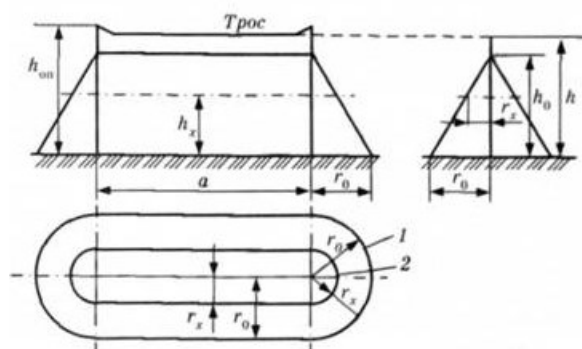


Рисунок 1. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода: 1 – граница зоны защиты на уровне h_x ; 2 – граница зоны защиты на уровне земли h_0

Импульсное сопротивление заземлителя определяется по формуле:

$$R_u = a_u R_r,$$

где: h_0 – высота опоры молниеотвода.

$$h_0 = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ м}$$

$$r_0 = 0,95h,$$

где: r_0 – радиус зоны защиты молниеотвода на земле, м.

$$r_0 = 0,95 \cdot 20 = 18,4 \text{ м}$$

Рассчитываем минимальную высоту троса $h_{тр}$ над уровнем земли в зоне дислокации защищаемого объекта, с учетом стрелы провеса троса сечением 45 мм при высоте опор $h_{он} = 20$ м и длине пролета $L = 50$ м, по формуле:

$$h = h_{он} - 2, \quad (3.20) \quad h = 20 - 2 = 18 \text{ м.}$$

Рассчитываем радиус горизонтального сечения зоны защиты на высоте $h_x = 5,5$ м:

$$r_x = (r_0(h_0 - h_x)) / h_0,$$

$$r_x = (18,4(16 - 5,5)) / 16 = 12,075 \text{ м.}$$

Следовательно, одиночный тросовый молниеотвод обеспечивает защиту от прямых ударов молнии, как на уровне земли, так и на высоте 5,5 м.

Далее проводим расчет заземлителя молниеотвода. На рисунке 2 изображен стальной трёхстержневой заземлитель со следующими стержнями: вертикальные $d = 10$ мм; горизонтальные $d = 20$ мм. $t = 1$ м, $l = 4$ м.

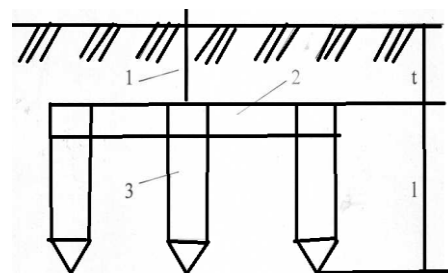


Рисунок 2. Заземлитель из трех труб, соединенных полосовой сталью: 1 – токоотвод из полосовой стали; 2 – заземлитель из полосовой стали; 3 – трубы стальные

где: a_u – коэффициент импульса, зависящий от характеристик грунта, величины тока молнии и типа заземлителя, $a_u = 0,5$;

R_r – общее сопротивление растеканию тока промышленной частоты заземлителя, определяется по формуле:

$$R_r = R_b R_r / R_b + R_r,$$

где: R_b – сопротивление заземлителя, состоящего из "n" однотипных вертикальных электродов, определяется по формуле:

$$R_b = R_{ob} / \eta_b n,$$

где: η_b – коэффициент использования вертикальных электродов, $\eta_b = 0,78$;

n – количество одиночных электродов;

R_{ob} – сопротивление растекания тока одиночного растекания электрода, определяется по формуле:

$$R_{ob} = 0,366 \cdot (p_p / l) \cdot (h_g^2 / d + 1/2 h_g (4t + 1/4t - 1)),$$

где: p_p – расчетное удельное сопротивление грунта

$$p_p = 500 \text{ Ом м};$$

l – длина заземлителя, м;

t – глубина заложения заземлителя (для вертикальных заземлителей – расстояние от поверхности земли до поверхности электрода равно 3 м);

d – диаметр заземлителя;

R_r – сопротивление растеканию тока одиночного горизонтального электрода из круглой стали, связывающего вертикальные электроды, определяется по формуле:

$$R_r = R_{ok} / \eta_r n,$$

где: R_{ok} – сопротивление растеканию тока одиночного горизонтального электрода из круглой стали, определяется по формуле:

$$R_{ok} = 0,366 \cdot (p_p / l) h_g (1^2 / d l),$$

где: η_r – коэффициент использования горизонтальных соединительных полос, равный 0,8.

$$R_{ob} = (0,366 \cdot 500) / 4 \cdot (h_g / 2 \cdot 4 / 0,01) + 1/2 h_g / 4 \cdot 3 + 4 / 4 \cdot 3^{-4} = 34,3125 \approx 34 \text{ Ом}$$

$$R_{ok} = 0,366 (500 / 10) h_g (10^2 / 0,02 \cdot 1) = 16,653 \approx 170 \text{ (Ом)};$$

$$R_b = 34 / 0,78 \cdot 3 = 14,5299 \approx 15 \text{ (Ом)};$$

$$R_r = 17 / 0,8 \cdot 1 = 21,25 \approx 21 \text{ (Ом)};$$

$$R_{\eta} = (15 \cdot 21) / (15 + 21) = 8,75 \approx 9 \text{ (Ом)};$$

$$R_u = 0,5 \cdot 9 = 4,5 \approx 5 \text{ (Ом)}.$$

Расчетное импульсное сопротивление заземлителя удовлетворяет условию

$R_u = R_{HM}, 4 < 10 \text{ (Ом)}$. Следовательно, предложенный заземлитель подобран правильно.

Рассмотрим защиту аккумуляторной станции от вторичных проявлений молнии. Защита от электростатической индукции в здании зарядки аккумуляторов, относящейся по устройству молниезащиты ко II-ой категории, выполнена путем присоединения металлических конструкций (стеллажи, трубопроводы, установки и т. д.) к защитному заземлению электрооборудования.

Для защиты от заносов высоких потенциалов по подземным металлическим коммуникациям и конструкциям (трубопроводы, кабели, в том числе проложенные в канале и туннелях, обрамляющие уголки каналов и т. п.) они при вводе в здание аккумуляторной станции присоединены к заземлителю, используемому для защиты от электрической индукции.

Ввод в здание линии электропередачи сетей телефона, радио, сигнализации, выполнено кабелями, проложенными в металлических трубах. Длина ввода объекта исследования составляет 55 м, что соответствует нормам.

Таким образом, защиту пожаровзрывоопасных объектов от атмосферного электричества можно осуществить расчетным методом в соответствии с нормативным документом СО 153-34.21.122-2003.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных площадок.
2. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
3. Федеральный закон РФ от 21.07.97 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (в ред. от 11.06.2021 – действует с 01.07.2021).
4. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федер. закона от 30 апреля 2021 г. № 117-ФЗ).
5. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. (в ред. Изменения № 1, утв. Приказом МЧС РФ от 09.12.2010 № 643).
6. Корольченко А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства

их тушения. Справочник: в 2-х ч./ А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. I. – 713 с. – Ч. II. – 774 с.

7. Бойков Е. А. Применение риск-ориентированного подхода к управлению охраной труда и промышленной безопасностью / Е. А. Бойков, Е. В. Семенова // Вестник Воронежского института высоких технологий. – Воронеж: ООО ИПЦ Научная книга, 2021. – № 3 (38) – С. 3-7.

8. Павлов В. Н. Исследование процессов в установке для модификации биологических клеток магнитным полем при использовании источника переменного тока с высоким выходным сопротивлением /

В. Н. Павлов [и др.]. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – Т. 10. – № 1 (36). Доступно по: <https://moitvvt.ru/journal/article?id=1074> (дата обращения: 10.09.2022).

9. Питолин М. В. Управление распределенными энергетическими системами на основе методов оптимизации и экспертных подходов / М. В. Питолин, Ю. П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – Т. 8. – № 1 (28). Доступно по: <https://moitvvt.ru/journal/article?id=746> (дата обращения 10.09.2022).

PROTECTION OF FIRE AND EXPLOSIVE OBJECTS FROM ATMOSPHERIC ELECTRICITY

© 2022 *E. V. Semenova, E. A. Boikov*

Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)

Protection of fire and explosive objects from atmospheric electricity is achieved by the appropriate choice of the category of lightning protection device and the type of protection zone of the object from direct lightning strikes.

Keywords: lightning protection system, atmospheric electricity, lightning conductor grounding, battery, fire and explosion hazardous object.