

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РИСКА ПОВЫШАЮЩЕЙ ПОДСТАНЦИИ

Даминова Э.Э., Рахимова Н.Н.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

В данной работе было рассмотрено обеспечение безопасности подстанции, расчет пожарного риска это позволяет оценить пожарную безопасность трансформаторной подстанции любого класса напряжения и выбирать оптимальные с точки зрения безопасности сроки диагностики систем отключения защитных коммутационных аппаратов, расчет уровней разрушений при взрыве на подстанции.

Большое количество электроэнергии, различных типов электростанций, вырабатывается генераторами и передается потребителям. Которыми являются сельское хозяйство, промышленность, строительство, коммунальное хозяйство городов и транспорт. С помощью электропроводов производится передача электроэнергии от источников к потребителям, которые могут, объединяют несколько электростанций. Основным источником электроснабжения остается энергосистемы потребителей электричества, и должны входить наиболее энергоемкие, такими являются промышленные предприятия.[2]

Требования надежности, качества, экономичности которое обеспечивает снижение затрат, при сооружении и эксплуатации элементов системы электроснабжения. [1]

Подстанция 110/10 кВ это электрическая подстанция, которая представляет собой электроустановку для приёма, преобразования и распределения электрической энергии. Повышающая подстанция включает в себя распределительные устройства (ОРУ-110кВ, РУ-10 кВ), трансформатора два (ТДН-10000/110/10), устройства управления и другие вспомогательные устройства. Оценка электричества требует необходимость реконструкции повышающей подстанции.[2,5]

1) На повышающей подстанции 110/10 кВ обеспечиваются требования соблюдения норм, правил, законов и инструкций по охране труда. В отделе охраны труда работают инженеры по технике безопасности и пожарной безопасности. На подстанции действует административно-общественный контроль охраны труда. На каждой подстанции имеются журналы контроля, в которых постоянно ведутся записи и отметки о выполнении работ по созданию безопасных условий труда.

Произведем расчет разрушений при взрыве на подстанции для наиболее опасного развития аварии [3, 2].

Расстояние от предполагаемого центра взрыва до объекта, то есть радиус разрушений, который определяется по формуле:

$$R = K * \frac{\sqrt[3]{W}}{\sqrt[6]{1 + \left(\frac{3180}{W}\right)^2}}$$

где W - тротильный эквивалент взрыва, кг;
 K - константа соответствующих разрушений;

Тротильный эквивалент взрыва рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{0.4 * Z * m * q}{0.9 * q_1}$$

где Z - доля приведенной массы паров, участвующих во взрыве (принимается $Z = 0,1$),

q - низшая теплота сгорания, кДж/кг (для природного газа $q = 53082,492$ кДж/кг)

q_1 - удельная энергия взрыва тротила, кДж/кг ($q_1 = 4520$ кДж/кг),

m - Общая масса газа, кг.[5]

$$W = \frac{0,4 * 0,1 * 1331,03 * 53082,492}{0,9 * 4520} = 694,9 \text{ кг.}$$

Отсюда находим радиус разрушений:

$$R = K * (\sqrt[3]{694,9}) / (\sqrt[6]{1 + \left(\frac{3180}{694,9}\right)^2}) = K * 5,3$$

Таблица 1 – Зона разрушений при взрыве природного газа

№п/п	Зона разрушений	Радиус разрушений, м
1	Зона полного разрушения, $K=1$	5,3
2	Зона полного разрушения зданий, $K=3,8$	20,1
3	Зона 50%-го разрушения зданий, $K=5,6$	29,6
4	Зона разрушения зданий без обрушений, $K=9,6$	50,8
5	Зона умеренного разрушения зданий, $K=28$	148,2
6	Зона повреждения около 10% остекления, $K=56$	296,4

Все полученные данные сведем в таблицу.

Таблица 2 – Сводная таблица

Наименования показателя	Разгерметизация газопровода в помещении
Масса горючих газов, вышедших в атмосферу, кг	1331,3
Удельная теплота сгорания газа, кДж/кг	35996,03
Расстояние от эпицентра взрыва, м, соответствующее избыточному давлению:	
$\Delta P_{\phi} = 100 \text{ кПа}$	60
$\Delta P_{\phi} = 50 \text{ кПа}$	150
$\Delta P_{\phi} = 30 \text{ кПа}$	250
$\Delta P_{\phi} = 12 \text{ кПа}$	500

В связи с тем, что наличие очагов возгорания возможно, применение средств пожаротушения необходимо. Но на территории компрессорной станции располагается сеть пожарных гидрантов .[2]

Уровень обеспечения безопасности людей при пожарах отвечает требуемому, если:

$$Q_B \leq Q_B^H,$$

Где Q_B^H – нормируемый индивидуальный риск, $Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$;

Q_B - расчетный индивидуальный риск Q_B в каждом здании (помещении) рассчитывается по формуле

$$Q_B = Q_{\text{п}} P_{\text{пр}} (1-P_3) (1-P_{\text{пз}}),$$

где $Q_{\text{п}}$ – вероятность пожара в здании в год ($Q_{\text{п}} = 10^{-4}$ – по статистическим данным);

$P_{\text{пр}}$ - вероятность присутствия людей в здании;

$P_{\text{п.з}}$ – вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты.

Вероятность эвакуации P_3 рассчитывают по формуле:

$$P_3 = 1 - (1 - P_{\text{э.п}})(1 - P_{\text{д.в}}),$$

где $P_{\text{э.п}}$ – вероятность эвакуации по эвакуационным путям;

$P_{\text{д.в}}$ – вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам ($P_{\text{д.в}} = 0$, поскольку в здании не предусмотрены наружные лестницы).

Вероятность $P_{\text{э.п}}$ рассчитывается по формуле

$$P_{э.п} = \begin{cases} \tau_{бл} - t_p / \tau_{н.э}, & \text{если } t_p < \tau_{бл} < t_p + \tau_{н.э}; \\ 0,999, & \text{если } t_p + \tau_{н.э} \leq \tau_{бл}; \\ 0, & \text{если } t_p \geq \tau_{бл}; \end{cases}$$

где $\tau_{бл}$ – время от начала пожара до блокировки эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин ($\tau_{бл} = 18$ мин);

t_p – расчетное время эвакуации людей, мин;

$\tau_{н.э}$ – интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей, мин ($\tau_{н.э} = 3$ мин).

Произведем расчет индивидуального риска для наиболее вероятного развития аварии .

На подстанции на этот момент находилось $N=30$ чел. (персонал), здание одноэтажное $P_{пр} = 1$. Помещение имеет 2 выхода (1 – центральный, 2-эвакуационный). Ширина путей эвакуации – 2 м; ширина дверей – не менее 0,8 м; двери по путям эвакуации предусмотрены открывающимися по направлению выхода из здания или помещения; высота проходов по путям эвакуации – не менее 2,5 м.[2,1]

Примем, что эвакуация осуществляется одновременно по двум направлениям с приблизительно равной плотностью .

Плотность людского потока на участке пути D рассчитывается по формуле

$$D = \frac{N * f}{1 * \delta}$$

где N - число людей на участке, чел (примем $N=30$ чел.);

f - средняя площадь горизонтальной проекции человека, m^2 , принимаемая равной 0,100 – взрослого в домашней одежде; 0,125 – взрослого в зимней одежде; 0,070 – подростка;

1- средняя длина участка пути, м (примем $l=50$ м);

δ - ширина участка пути, м ($\delta=2$ м)

Таким образом, плотность людского потока на участках эвакуационных путей:

$$D = \frac{30 * 0,1}{50 * 2} = 0,03 \text{ м}^{-2}.$$

Время движения людского потока по участку пути t_i , мин, рассчитывают по формуле:

$$t = \frac{1}{v},$$

где l – средняя длина участка пути, м;

v - скорость движения людского потока по горизонтальному пути на участке, м / мин (определяют по таблице бббббб в зависимости от плотности D).

Следовательно, время людского потока по участку:

$$t = \frac{1}{v} = \frac{50}{100} = 0,5 \text{ мин}$$

Расчетное время эвакуации людей t_p следует определить как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле:

$$t_p = t_1 + t_2,$$

где t_1, t_2 – время движения людского потока на каждом участке пути, мин.
Расчетное время эвакуации:

$$t_p = 2 * t = 2 * 0,5 = 1 \text{ мин.}$$

Таким образом, вероятность $P_{э.н}$:

$$P_{э.н} = 0,999, \text{ т.т. } 1+3 < 18.$$

Подставив полученные значения, вероятность эвакуации $P_э$

$$P_{э.н} = 1 - (1 - 0,999) * (1 - 0) = 0,999.$$

Вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты $P_{п.з}$ рассчитывается по формуле:

$$P_{п.з} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i),$$

где n – число технических решений противопожарной защиты на подстанции ($n=1$) – автоматическая установка водяного пожаротушения;
 R_i - вероятность эффективного срабатывания i -го технического решения ($R=0,67$ – автоматическая установка водяного пожаротушения разрушена и воздушной ударной волной при взрыве ТВС разрушена частично);
Следовательно, вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты:

$$P_{п.з} = 1 - (1 - 0,67) = 0,67$$

Подставив, полученные значения в выражение получим:

$$Q_{в} = 10 * 1 * (1 - 0,999) (1 - 0,67) = 33 * 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

Из расчетов видно, что условие безопасности людей выполнено, значение индивидуального риска меньше допустимого. Для еще более меньшего риска для персонала необходимо внедрение систем пожаропреупреждения и пожарозащиты, разработка мер по снижению вероятности возникновения рассматриваемой чрезвычайной ситуации, проведение пожарно-тактических учений с участием работающего персонала . [2,4]
Вероятность Q_{10} гибели 10 и более человек в результате пожара рассчитывается по формуле:

$$Q_{10} = \begin{cases} 0, & \text{если } t_p + \tau_{н.э} \leq \tau_{бл}; \\ 0, & \text{если } t_p < \tau_{бл} < t_p + \tau_{н.э} \text{ и } N < 10; \end{cases}$$

если $t_p < \tau_{\text{бл}} < t_p + \tau_{\text{н.э}}$ и $M \geq 10$,

Таким образом, вероятность гибели 10 и более человек в результате пожара $Q_{10} = 0$, т.к. $1+3 < 18$

А значит, и вероятность гибели от пожара 10 и более человек в течение года $R_{10} = 0$.

$$R_{10} = Q_n * P_{\text{пр}} * (1 - P_{\text{э}}) * (1 - P_{\text{нз}}) * Q_{10}.$$

«Социальный риск оценивается как вероятность гибели в результате пожара 10 и более человек в течение года». Социальный риск на подстанции для персонала будет равен 0, это значит, что в течение года не погибло не одного человека.

Список литературы

1. Рахимова Н.Н., Солопова В.А., Даминова Э.Э., Петричук С.В. Обеспечение безопасности эксплуатации повышающей подстанции (статья): Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием); Оренбургский гос. ун-т. - Электрон. дан. - Оренбург: Участок оперативной полиграфии ОГУ, 2016.- С. 885-889.- 5 с.
2. ФЗ РФ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» №123 от 22 июля 2008 г.
3. Постановление Правительства РФ «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» № 272 от 31 марта 2009 г.
4. Шапкин А.С. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. – М.: Дашков и Ко, 2005. – 544 с.

