

*Д.А. Варнакова*

(Академия ГПС МЧС России; e-mail: darya4252@mail.ru)

## **ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ НА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ**

*Проведён анализ пожаров на объектах электроэнергетического комплекса России в 2005-2015 гг. Установлено, что наиболее пожароопасным электрооборудованием являются масляные силовые трансформаторы, установленные на трансформаторных подстанциях.*

*Ключевые слова: электроэнергетика, трансформаторные подстанции.*

*D.A. Varnakova*

## **EXTINGUISHING FIRES IN TRANSFORMER SUBSTATIONS**

*The analysis of fires at power facilities of Russia from 2005 to 2015 was carried out. Found that the most fire hazardous electrical equipment are oil power transformers installed in substations.*

*Key words: electricity, transformer substations.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 ноября 2016 г.

Одна из главных задач государства – обеспечение стабильного функционирования систем энергоснабжения [3]. Оно обеспечивается за счет комплекса мероприятий, немаловажной частью которого является обеспечение пожарной безопасности. Так как оборудование российских систем электроэнергетики в большой степени изношено, вероятность возникновения пожаров с каждым годом увеличивается.

С 2005 г. по 2015 г. на объектах электроэнергетического комплекса России произошло 11485 пожаров, на которых погибли 242 человека, получили травмы 472 человека, а прямой материальный ущерб составил около 3 млрд рублей [4]. Помимо прямого материального ущерба пожары на таких объектах сопровождаются причинением значительного косвенного ущерба, который возникает по причине длительных перебоев в электроснабжении.

Наибольшее количество пожаров произошло на трансформаторных подстанциях (более 4 тыс. пожаров). В процентном соотношении доля пожаров, произошедших на трансформаторных подстанциях, от общего количества пожаров составляет 36,5 %. Ярким примером является системная авария в России, произошедшая в результате пожара на подстанции № 510 "Чагино" в г. Москва. Пожар оставил без энергоснабжения Подмоскovie, Тульскую, Калужскую и Рязанскую области. Были отключены Алексинская ТЭЦ, Новомосковская ГРЭС, Ефремовская ТЭЦ, Щёкинская ГРЭС. В Московской области без электричества остались 34 района. Общий ущерб от энергокризиса, по данным на 1 июня 2005 г., в Москве составил более 1,7 млрд рублей, а в Московской области – более 500 млн рублей [5].

Тушение пожаров на трансформаторных подстанциях усложняется наличием горючих материалов и оборудования, являющихся потенциальными источниками возгорания (маслонаполненное электрооборудование, трансформаторное масло, горючие элементы электроприборов, кабельные сооружения, изоляции силовых кабелей и т.д.). Горение вышеперечисленных материалов характеризуется выделением большого количества теплоты и токсичных веществ, а также сильным задымлением.

Электрооборудование подстанции может размещаться в специальных отдельных зданиях или помещениях других зданий (закрытые подстанции), а также на открытом воздухе (открытые подстанции). Встречаются и подстанции, на которых часть оборудования размещена закрыто, а часть – открыто.

Источниками пожарной опасности на трансформаторной подстанции являются:

- масляные силовые трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы (далее – трансформаторы);
- силовые и контрольные кабели, изоляция и оболочки которых содержат горючие материалы;
- шкафы релейной защиты и управления с микропроцессорными и вычислительными устройствами;
- шкафы силовых распределительных устройств.

Наибольшую опасность представляют трансформаторы. Их системы изоляции и охлаждения связаны с использованием трансформаторного масла, количество которого, в зависимости от мощности трансформаторов, может составлять до 60 тонн. В России эксплуатируются трансформаторы напряжением от 6 до 1150 кВ и номинальной мощностью от 5 кВ·А до 1200 МВ·А.

В табл. 1 представлены данные по количеству устанавливаемых на подстанциях трансформаторов. Как правило, для обеспечения надёжности работы на одной подстанции устанавливают два трансформатора. В случаях, когда в электроснабжении потребителей могут допускаться перерывы для ремонтных работ или аварийные отключения, на подстанции может предусматриваться только один трансформатор [6].

Таблица 1

**Количество устанавливаемых на подстанции трансформаторов**

Число трансформаторов	1	2	3	более 3
Средняя частота применения, %	22	57	14	7

Основной причиной пожаров на трансформаторных подстанциях является **короткое замыкание (КЗ)**. Возникновение электрической дуги при КЗ приводит к недопустимому повышению давления в масляном баке. В результате этого происходит вскипание трансформаторного масла и разложение его на горючие газы, что приводит к взрыву (разрушению) трансформатора, масляных выключателей и растеканию горящего масла. Так, например, на территории США за несколько лет произошло 730 взрывов трансформаторов, сопровождающихся

пожарами. При этом материальный ущерб достиг сотен миллионов долларов, была отмечена гибель людей и загрязнение окружающей среды, происходили длительные перебои с электроснабжением [7].

В случае, если трансформаторная подстанция располагается в здании, существует большая вероятность, что пожары из помещений трансформаторных камер, могут распространяться в кабельные каналы или туннели, а также создавать угрозу расположенному рядом электрооборудованию.

Согласно ст. 23 ФЗ №123 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", маслонаполненные трансформаторы и автотрансформаторы по категории пожарной опасности наружных установок относятся к категории ВН (пожароопасность). В соответствии с этим при монтаже и эксплуатации трансформаторов для обеспечения пожарной безопасности необходимо выполнять комплекс мероприятий.

Силовые трансформаторы и выключатели РУ устанавливаются на специальные фундаменты, под которыми располагаются маслоприемники, соединенные с аварийными емкостями.

В соответствии с СП 5.13130.2009 "Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования", масляные силовые трансформаторы необходимо оборудовать автоматической установкой пожаротушения, если:

- масляный силовой трансформатор имеет напряжение 500 кВ и выше;
- масляный силовой трансформатор имеет напряжение 220-330 кВ и выше с мощностью 200 МВА и выше;
- масляный силовой трансформатор напряжением 110 кВ и выше с единичной мощностью 63 МВА и выше, установлен у здания гидроэлектростанции;
- масляный силовой трансформатор напряжением 110 кВ и выше с мощностью 63 МВА и выше, установлен в камерах закрытых подстанций глубокого ввода и в закрытых распределительных установках электростанций и подстанций.

При возникновении пожара на подстанциях быстрое и эффективное тушение достигается, в первую очередь, за счёт грамотного планирования всех действий. Для этого разрабатываются планы пожаротушения, в которых определяют особенности использования сил и средств подразделений с учётом техники безопасности, а также действия персонала энергетического объекта при возникновении пожаров и порядок взаимодействия с личным составом пожарных подразделений.

Согласно нормативным документам, работы по тушению пожаров на объектах электроэнергетики, во избежание поражения электрическим током, проводятся при условии полного отключения электрооборудования от сети и снятия остаточного напряжения. Токоведущие части электроустановок обесточиваются и заземляются работниками, эксплуатирующими электроустановки, с выдачей письменного допуска на проведение работ по тушению пожара.

Бывают ситуации, когда электрооборудование под напряжением до 0,4 кВ не может быть обесточено, так как это может привести к тяжелым последствиям для технологии энергетического производства и режима работы энергосистемы. В этом случае тушение пожара без снятия напряжения с оборудования проводится при доведении эксплуатирующей организацией соответствующей информации до руководителя тушения пожара и выдаче письменного допуска.

Для тушения пожаров на трансформаторных подстанциях используются следующие огнетушащие средства: воздушно-механическая и компрессионная пена, распыленная и тонкораспыленная вода, порошковые и газовые составы. В работе Кашолкина Б.И. и Мешалкина Е.А. "Тушение пожаров в электроустановках" приведена оптимальная интенсивность подачи огнетушащих веществ, которая составляет [8]:

- для раствора пенообразователя низкой и средней кратности –  $0,15 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ ;
- для распыленной воды –  $0,2 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ ;
- для порошковых составов –  $0,3 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ .

Перед тем, как приступить к тушению, трансформатор отключается от сети со стороны высокого и низкого напряжений и производится снятие остаточного напряжения. Затем необходимо определить характер повреждения трансформатора, вероятность растекания горячей жидкости в сторону соседних трансформаторов и другого электрооборудования, а также возможности стационарных установок пожаротушения при их наличии. После выполнения вышеперечисленного можно осуществлять подачу огнетушащих веществ на тушение пожара.

Если горение масла происходит на крышке трансформатора у проходных изоляторов и бак трансформатора не поврежден, то на тушение подают пожарные стволы с обеспечением требуемой интенсивности  $0,2-0,24 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$  [9].

В случае, если крышка трансформатора сорвана, горение масла может происходить в баке и/или вокруг трансформатора. При этом необходимо ликвидировать возгорание вокруг трансформатора, используя любое огнетушащее вещество или их комбинации. Затем следует подавать огнетушащие вещества непосредственно на поверхность горящего трансформатора.

Слив масла из горящего трансформатора в аварийную ёмкость запрещается, так как это может привести к повреждению внутренних обмоток, что значительно усложнит тушение пожара.

В случае возникновения угрозы для соседнего электрооборудования необходимо организовать защиту водяными струями и завесами от воздействия высокой температуры, перед этим обесточив его. Слив масла из соседних трансформаторов не требуется, так как пустой трансформатор наиболее подвержен риску возникновения пожара или взрыва. При пожаре в закрытых помещениях дополнительно стволы подаются для защиты несущих конструкций и проёмов здания. Интенсивность орошения защищаемого оборудования должна составлять  $0,15-0,18 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ .

Следует отметить особенность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара на трансформаторной подстанции:

- при подаче пожарных стволов с применением распыленной или тонкораспыленной воды рационально располагать их равномерно по всей площади пожара;

- при подаче пены, порошка или при комбинированном тушении пожарные стволы необходимо располагать в направлении, сопутствующем потоку воздуха;

- при сорванной крыше подачу огнетушащих веществ в бак трансформатора необходимо осуществлять пеной средней кратности с применением вспомогательных средств для работы на высоте.

Разрушение масляных баков, трубопроводов или выброс масла – наихудший вариант развития событий по причине растекания масла по территории подстанции. Для предотвращения этого, одновременно с вводом сил на тушение пожара и защиту, создаются заградительные валы из земли или песка, или отводные каналы [9].

Подводя итоги, необходимо отметить, что Россия относится к числу промышленно-развитых стран, её развитие происходит почти в каждом направлении. Одно из них – это обеспечение пожарной безопасности. Ежегодно появляются новейшие технические средства пожаротушения и огнетушащие вещества, обладающие новыми уникальными свойствами.

Проблема пожаротушения на трансформаторных подстанциях является весьма актуальной, так как на них в России и в мире происходит большое количество пожаров, сопровождающихся причинением значительного прямого и косвенного ущерба. В связи с этим, следует и дальше проводить научные исследования для оценки эффективности применения новейших технических средств и огнетушащих веществ для тушения пожаров на трансформаторных подстанциях.

#### Литература

1. **Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Вагнер Д-р П.** Человечество и пожары. М.: ООО "ИПЦ "Маска"", 2007, 140 с.
2. **Министерство** Энергетики РФ, статистика. <http://minenergo.gov.ru/activity/statistic>.
3. **Указ** Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации".
4. **Пожары** и пожарная безопасность в 2005...2015 году: статистический сборник. Статистика пожаров и их последствий / Под общ. ред. Матюшина А.В. М.: ВНИИПО МЧС России, 2006-2016. 124 с.
5. **Авария** в энергосистеме в Москве 2005 г. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария\\_в\\_энергосистеме\\_в\\_Москве\\_2005](https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_в_энергосистеме_в_Москве_2005).
6. **Бурман А.П., Строев В.А.** Основы современной энергетики: в 2-х т., том 2. Современная электроэнергетика. М.: изд. дом МЭИ, 2008. 454 с.
7. **Мишуев А.В., Казёнов В.В., Громов Н.В., Лукьянов И.А.** Обеспечение взрывобезопасности и взрывоустойчивости промышленных, транспортных, энергетических и гражданских объектов. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. № 9. 2011. С. 28-30.
8. **Кашолкин Б.И., Мешалкин Е.А.** Тушение пожаров в электроустановках. М.: Энергоатомиздат, 1985. 112 с.
9. **Верзилин М.М., Повзик Я.С.** Пожарная тактика. М.: ЗАО "СПЕЦТЕХНИКА НПО", 2007. 440 с.