

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Мироненко Ярослав Владимирович

Владимирский государственный университет, АО «РЭС Групп»

В первой части статьи «Обеспечение безопасности на объектах электроэнергетической отрасли. Обзор существующих угроз и средств защиты от них» («Алгоритм безопасности», 2017. № 3) нами были рассмотрены основные угрозы на объектах сетевого хозяйства в электроэнергетике. Сегодня мы остаемся на теме обеспечения пожарной безопасности. Тема, без сомнения, большая и многогранная, поэтому мы в очередной раз постараемся дать только общее представление об угрозе пожара и мерах безопасности в отрасли.

Начнем с самого животрепещущего: чем опасен пожар в электроустановках. Можно долго рассуждать на тему значимости электроэнергетики в народном хозяйстве страны и недопустимости перерывов в электроснабжении, однако в первую очередь хотелось бы отметить следующее: при пожарах в электроустановках в больших количествах образуются такие ядовитые вещества, как окись СО и двуокись СО₂ углерода, хлористый водород НСl, цианистый водород HCN, сероводород H₂S, аммиак NH₃, окислы азота NO₂. Концентрация цианистого водорода более 3000 миллионных долей (млн⁻¹) вызывает мгновенную смерть человека. Вдыхание в течение нескольких минут сероводорода, если его концентрация превышает 0,5%, также приведет к летальному исходу. То же самое можно сказать про все продукты из перечисленного выше списка. Плюс к этому: открытый огонь и искры; повышенная температура; дым и снижение видимости; пониженная концентрация кислорода; обрушение конструкций, элементов оборудования и зданий; взрыв. И самое главное – опасность поражения электрическим током. В общем, в первую очередь, пожар на электроэнергетическом объекте, как и любой другой пожар, опасен для человека, который на этом объекте находится, эвакуируется с него или тушит. А уже потом можно говорить о сложности и специфичности тушения в электроустановках, быстром распространении пожара по различному оборудованию и материалам, веерных отключениях, недоотпуске и недополуче-

нии электроэнергии, огромном экономическом ущербе.

В литературе можно встретить следующие статистические данные о причинах возникновения пожаров в электроустановках: 43,3% общего числа пожаров в электроустановках возникает от коротких замыканий, 33,5% – от перегрева горючих материалов и предметов, находящихся вблизи от посторонних источников тепла (например, электронагревательных приборов), 12% – от перегрузки проводов, кабелей, обмоток электромашин и аппаратов, 3,5% – от искрения и электрической дуги, 3% – от нагрева строительных конструкций при выносе (переходе) из них электрических кабелей. Представленная статистика наглядно подчеркивает две основные причины пожаров: технологические аварии и несоблюдение правил противопожарного режима. Если отбросить единые для всех правила пожарной безопасности, то получается, что обеспечение технологической безопасности на электроэнергетическом объекте непосредственно связано с пожарной безопасностью. Например, при коротком замыкании происходит неконтролируемый рост силы тока в связи с падением сопротивления на отдельных участках цепи, появившихся при соединении токоведущих проводников между собой или с заземленными объектами. Вспоминаем закон Джоуля-Ленца, возводим значение силы тока в квадрат и получаем тепловой эффект, который приводит к возгоранию всего чего угодно, рядом расположенного. При возникновении КЗ на объекте должна сработать релейная защита, и автоматика снимет напряжение с замкнутого участка цепи. Таким образом, обеспечение пожарной безопасности происходит за счет использования специальных технологических систем. Однако, вполне возможна ситуация, когда автоматика не сработает. Это может быть связано со многими причинами: неправильный выбор установок, большое переходное сопротивление контактов, неисправности реле и прочее, прочее. В этом случае про технологические системы нужно забыть и обратиться к классическим средствам: АПС, АСПТ, огнетушитель и ящик

с песком. В нашей статье мы будем говорить именно о специфике использования этих классических инструментов борьбы с пожаром и пожароопасностью.

Начнем с общего представления о возникновении пожара на сетевом энергетическом объекте. Причины мы уже рассмотрели. Теперь обратимся к местам возможного возникновения пожара. Электрические кабели под напряжением, с горючей изоляцией и оболочкой могут быть главной опасностью, потому что они представляют собой комбинацию причины возникновения искры и источника воспламенения. Как правило, на подстанции кабельное хозяйство расположено в специальных сооружениях – кабельных подвалах, полуктажах, туннелях и траншеях. Пожар в таких сооружениях может распространяться очень и очень быстро. Еще более опасны маслonaполненные кабели и другое маслonaполненное оборудование. Пожароопасность оборудования с изоляцией трансформаторным маслом, такого как трансформаторы, реакторы, выключатели, заключается в больших объемах горючей жидкости, которая может воспламениться при повреждении оборудования. Проникновение воды, авария основной изоляции, короткое замыкание и повреждение внутренних устройств являются одними из главных причин внутреннего искрения в минеральном изоляционном масле, которое может привести к пожару. Это искрение в свою очередь может произвести выделение газов пробоя, таких как ацетилен и водород. В зависимости от типа аварии и ее тяжести, газы могут создать достаточное давление, чтобы вызвать разрушение бака или высоковольтных вводов трансформатора. Как только начинается повреждение бака или вводов, существует большая вероятность возникновения пожара или взрыва. Взрыв может нанести значительный ущерб. В результате разливов трансформаторного масла огонь может распространиться на большую площадь, в зависимости от объема масла, наклона площади подстанции и типа ее поверхности. Повреждается оборудование и металлоконструкции во все стороны от вспыхнувшего масляного бака. А рядом может стоять еще одна емкость...

В общем, взрыв трансформатора – вещь очень опасная и неприятная во всех отношениях. Статистика возникновения пожаров в конкретном электрооборудовании также вынуждает нас обратить особое внимание именно на пожары в силовых масляных трансформаторах и выключателях.

С начала массовой электрификации таких пожаров было уже немало. Печальный опыт сформировал определенные требования к обеспечению безопасности, которые вошли в нормативные документы, являющиеся сейчас обязательными или рекомендуемыми к исполнению.

Статистика возникновения пожаров в конкретном электрооборудовании

№	Места возникновения пожара на ПС	Процент от общего числа возгораний
1	Масляные выключатели	≈ 14
2	Измерительные трансформаторы тока и напряжения	≈ 22
3	Силовые трансформаторы	≈ 10

Существует множество стандартов по обеспечению пожарной безопасности на объектах электроэнергетики. Требования прописаны как в общих постановлениях и федеральных законах о безопасности, так и в отраслевых документах. В свое время в РАО ЕЭС (организации, до 2008 года обеспечивающей работу всей энергосистемы России) существовал единый перечень нормативно-технической документации. В этом перечне 19 стандартов касались только обеспечения пожарной безопасности, а еще в сотне документов имелись отдельные требования по данному направлению.

Формат данной статьи не позволяет серьезно углубиться в тему нормативного обеспечения, поэтому хотелось бы обратить внимание на следующие документы:

1. Правила устройства электроустановок.
2. IEEE 979 Руководство по защите подстанций от пожаров.
3. CIGRE TF 14.01.04 Рекомендательные решения по защите от пожара электрогенерирующих объектов и конверторных станций.

Первый документ универсален. В нем содержатся практически все основные требования практического характера. В сочетании с Правилами технической эксплуатации электроустановок, описывающими организационные действия, вы получите библию электрика. Весомость двух других стандартов подкреплена статусом утвердивших их организаций. Международный совет по вопросам высокового напряжения и Институт инженеров электротехники и электроники собрали в данных документах весь мировой опыт в сфере пожарной безопасности на электроэнергетических объектах.

Отдельно хотелось бы отметить еще один документ (или целый ряд документов), которые хоть и носят рекомендательный характер, но на деле являются важнейшими – это нормы проектирования противопожарной защиты энергетических предприятий. К этим документам относятся различные стандарты, вышедшие до и после реформы электроэнергетики, например, РД 153-34.0-49.101-2003 или СТ0 56947007-33.040.10.139-2012. Некоторые документы являются действующими, другие заменены. Тем не менее, требования, изложенные в этих стандартах, основополагающие при проектировании энергообъектов на сегодняшний день.

Рассмотрев вкратце нормативную документацию, давайте перейдем к практическим аспектам обеспечения пожарной безопасности. Важным отличием систем обеспечения пожарной безопасности на энергетических объектах от аналогичных на других предприятиях являются экстремальные условия электромагнитной совместимости и действия оперативного персонала. Первая особенность влияет на надежность используемых технических электронных средств. Автоматика часто отказывает, возможны ложные срабатывания. В этом случае значимым становится второй аспект. В каком-нибудь административном здании нам сложно представить, что бабушка-вахтер будет управлять системой пожаротушения и эвакуации персонала. На подстанции же действия дедушки-дежурного могут стать определяющими. Сейчас для дежурного доступны системы телевизионного и тепловизионного дистанционного наблюдения, которые позволяют правильно оценить ситуацию, дистанционно запустить пожаротушение или подтвердить ложную сработку системы в помещении ЗРУ. Контролируя обстановку, дежурный персонал может предотвратить ложный пуск пожаротушения, своевременно отреагировать на пожар, управлять эвакуацией людей. Большую роль начинают играть пассивные методы и средства обеспечения безопасности. Это могут быть как сложные устройства самотушения проливом горящих и легковоспламеняющихся жидкостей, так и банальная гравийная засыпка маслоприемников трансформаторов. Специалисты знают, какой сложной и дорогостоящей может быть установка системы газового пожаротушения для шкафов автоматики на энергообъектах, а те, кто был на подстанциях, видели, как тщательно происходит покос и уборка травы. В обозначенных условиях сочетание технических систем и элементарных требований является залогом безопасности.

При этом, конечно, надо учитывать особенности возникновения пожаров в электроустановках. Давайте рассмотрим систему обнаружения пожара в зданиях и сооружениях сетевого электрохозяйства. Выбор конкретного типа извещателей АПС производится с учетом особенностей защищаемого помещения. Так в кабельных сооружениях предусматривается применение только дымовых извещателей, так как тепловые извещате-

ли из-за большой инерционности для этой цели не пригодны (горящий кабель дает много дыма и мало тепла). С другой стороны, для нормальной работы дымовых извещателей относительная влажность в помещениях, где они устанавливаются, не должна превышать 80%. При установке дымовых извещателей также необходимо учитывать конвективные потоки воздуха и потоки воздуха, вызываемые работой вентиляционных систем. Несложно представить продуваемый всеми ветрами кабельный полужетай под КРУНом в Мурманске, где относительная влажность воздуха летом может достигать 95%. Рассчитывать только на дымовой извещатель в данном случае сложно... Тогда дымовые извещатели используются совместно с другими типами датчиков. Это позволяет повысить чувствительность пожарной сигнализации и скомпенсировать ошибки в выборе мест установки извещателей. Так, в соответствии с СП 5.13130.2009 для помещений для прокладки кабелей, для трансформаторов и распределительных устройств, электрощитовых выбирается комбинация дымового и теплового извещателя. Учитывая возможность стихийного роста температуры по истечении некоторого времени пожара, в кабельном хозяйстве рекомендуется применять тепловые максимально-дифференциальные извещатели.

После обнаружения пожара необходимо его локализовать и потушить. На силовых трансформаторах и выключателях в большинстве случаев причиной возникновения горения являются внутренние повреждения, возникающие в результате короткого замыкания, износа и сгорания изоляции, а также ухудшения качества трансформаторного масла. При большой мощности короткого замыкания происходит бурное выделение газов, приводя-

щее иногда к существенному повреждению корпуса и выбросу наружу горящего масла на большую площадь, созданию угрозы соседнему оборудованию. При тушении трансформатора его отсоединяют от сети (в первую очередь со стороны подачи напряжения) и заземляют, вокруг производят теплоизоляцию от остальных трансформаторов. Если пожар развился, то с помощью водяных струй защищают от действия высокой температуры соседние металлоконструкции и оборудование. Последнее, естественно, также должно быть заземлено и отключено от сети. В качестве теплоизоляционной противопожарной преграды в закрытых помещениях может использоваться противопожарная водяная завеса. Она предназначена для снижения интенсивности теплового излучения от очага горения, например, от горящего трансформатора. Устройство водяной завесы целесообразно в том случае, если отсутствует возможность соблюдения нормированного промежутка между трансформаторами, смежными группами трансформаторов или между трансформаторами и другим оборудованием. В конце 1980-х – начале 1990-х годов было построено достаточно много заводских ЗРУ-110/220 кВ. В таких помещениях оборудование расположено очень скученно на небольшой закрытой площади. Использование водяных завес в случае пожара в таком помещении становится более чем оправдано.

Маслонаполненные силовые трансформаторы, содержащие большое количество горючего минерального масла, особенно опасны в случае разрыва бака и вытекания горящего масла при аварии. Чтобы уменьшить опасность распространения пожара при такой аварии, при монтаже трансформатора под ним сооружается маслоприемная бетонированная яма,

в которую спускают горящее масло. Яма покрывается стальной решеткой, поверх которой насыпают слой гравия. При протекании через слой гравия горящего масла температура его снижается, и в известной мере затрудняется соприкосновение с кислородом воздуха. При наличии решеток с гравийной подсыпкой преграждается доступ воздуха к основному объему масла, собравшемуся в маслоприемнике, что приводит к прекращению пожара. В процессе эксплуатации гравий загрязняется и слипается, что снижает его пропускную способность, поэтому время от времени его нужно взрыхлять, а в случае необходимости заменять. Кроме того, во время капитального ремонта нужно проверять исправность дренажей и маслоотводов, устраняя засоренность труб. Особенности пожара при загорании масла заключаются в высокой температуре горения (1200° С), не позволяющей приблизиться к очагу пожара, в трудности тушения горящего масла, в выделении больших количеств черной летучей сажи. Сажь, насыщающая всю атмосферу в зоне пожара, в сильной степени препятствует проведению работ по ликвидации пожара. Важным моментом является предохранение кабельных каналов и смежных помещений от попадания в них горящего масла. Спуск масла из соседних трансформаторов обычно не производят, так как пустой корпус более благоприятен для горения обмоток и опасен в отношении взрыва. Горение масла ликвидируется распыленными струями воды, воздушно-механической пеной или порошковыми составами. Если корпус трансформатора поврежден в нижней части и происходит горение под ним, то горение масла ликвидируется пеной. Пожары на трансформаторных подстанциях тушат также при помощи пены. В этих случаях туше-

Пожар на трансформаторной подстанции и его последствия



ние начинают с ликвидации горения разлившегося около трансформатора масла, а после этого пеногенераторы переводят для подачи пены непосредственно на поверхность трансформатора.

В отношении кабельных сооружений есть отдельный документ «Пособие по обеспечению пожарной безопасности в проектах электропомещений и кабельных сооружений промышленных предприятий». Ничего нового, правда, из этого стандарта узнать не получится, по сути, он представляет собой компиляцию существующих нормативных требований. Для автоматического пожаротушения в кабельных сооружениях, в основном, используется распыленная вода. Образующийся в результате тушения мелкодисперсный водяной туман, обладая высокой теплоемкостью и большой суммарной активной площадью поверхностей капель, резко снижает температуру в зоне пожара, прекращая химическую реакцию горения. Если создание системы водяного пожаротушения является очень дорогостоящим мероприятием, возможно использование порошковых модулей. В качестве датчика часто используют термокабели. Этому способствует большая протяженность сооружений и агрессив-

ная внешняя среда. Термокабель, объединяющий в себе функции кабеля и датчика одновременно, как нельзя лучше подходит для использования в таких условиях.

В заключение хотелось бы добавить пару слов о первичном тушении возгорания в электроустановках. Тушение электроустановок под напряжением в этом случае проводится углекислотными, порошковыми или хладоновыми огнетушителями. Последние два можно использовать только при тушении электрооборудования до 1 кВ, поэтому наиболее практичным будет использование углекислотных ОТ (тушить можно установки до 10 кВ). Баллоны ОТ заполнены жидкой углекислотой (не проводит ток) под определенным давлением в 3,6 кПа. При активации устройства углекислота превращается в CO_2 , он охлаждает очаг горения и снижает концентрацию кислорода, который необходим для хода реакции горения. В соответствии с рекомендациями тушение пожара в электроустановках углекислотными ОТ проводится двумя людьми – один удерживает растроб, направляя его на очаг пожара, второй – открывает вентиль.

Вот собственно и все краткое изложение особенностей обеспечения пожар-

ной безопасности и ликвидации пожаров на энергетических объектах. Данная статья никоим образом не претендует на максимально полное освещение темы. Количество обязанностей и рекомендаций исчисляется десятками нормативных документов, а их знание и соблюдение – сфера ответственности специалистов в области пожарной и электробезопасности. Изложенная информация, в первую очередь, нужна, чтобы заинтересовать читателя, который сможет ознакомиться более подробно с проблематикой в указанных в статье документах. В следующей статье цикла мы постараемся рассказать о специфике охраны энергообъектов, охранном напряжении и использовании систем телемеханики в качестве охранной сигнализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашолкин Б. И., Мешалкин Е. А. *Тушение пожаров в электроустановках*. М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Ревякин А. И., Кашолкин Б. И. *Электробезопасность и противопожарная защита в электроустановках*. М.: Энергия, 1980.
3. *Правила устройства электроустановок (ПУЭ)*, изд. 7.



■ Портфель продуктов компании Honeywell пополнили сетевые устройства (NVR) для записи видео от 8 IP-камер с разрешением до 12 мегапикселей при суммарном битрейте до 320 Мбит/с. Новинки поддерживают кодеки H.265, H.264, MJPEG и MPEG4 и могут хранить видео на 2 встраиваемых HDD с общим объемом до 16 Тб, выводить его на монитор через интерфейсы HDMI и VGA. Каждый видеорегистратор NVR 8 предусматривает резервное копирование файлов на сетевое хранилище, внутренний HDD или USB-накопитель, под который имеется слот. HEN08104 на базе 4-ядерного процессора работает на ОС LINUX, оснащен интерфейсами Gigabit Ethernet и RS232, 4 входами и 2 выходами тревоги, а также аудио входом/выходом. Наряду с этим, в регистратор встроены PoE-коммутатор, позволяющий питать камеры напрямую по всем 8 каналам.

■ ТД «Гарант» объявляет о поступлении на склад новой камеры Jassup в антивандальном плоском корпусе. Новинка получила наименование JSH-DPF200IR и унаследовала все преимущества Full HD-платформы камер Jassup: высокая чувствительность даже при недостаточном освещении, широкий угол обзора, OSD-меню (для точной настройки изображения под конкретные условия на объекте), работа во всех современных форматах видеосигнала (AHD/CVI/TVI/CVBS). Кроме того, камера может похвастаться антивандальным корпусом из прочного дюралюминиевого сплава и классом защиты от пыли и влаги IP66, а также широким диапазоном рабочих температур.

■ Ассортимент продуктов Computar пополнила линейка объективов Vxx28-MPY, разработанная для камер машинного зрения, которая объединяет модели с фокусными расстояниями 8, 12, 16, 25, 35 и 50 мм.

Новинки обеспечивают высокую точность передачи изображения с реалистичными цветами и предельно малыми величинами дисторсии. При этом они имеют компактные размеры и совместимы с камерами машинного зрения с разрешением до 12 Мп, оснащенными 1,1-, 1- или 2/3-дюймовыми сенсорами и резьбовым соединением C-типа. Новые оптические устройства Computar могут использоваться на объектах, имеющих специфическое освещение, т. к. снабжены креплениями для светофильтров.

■ IDIS представляет компактные сетевые видеорегистраторы третьего поколения: IP-регистраторы DR-2304P, DR-2308P и DR-2316P обладают прежними габаритами, при этом увеличилась производительность и функциональность. К IDIS можно подключать камеры наблюдения мультимегапиксельных разрешений до 12 Мп. Благодаря улучшенному чипсету полоса пропускания устройств расширилась в несколько раз. Возможно синхронное воспроизведение до 16 каналов в разрешении Full HD. К новым сетевым видеорегистраторам можно подключать дисплей с разрешением 4К, при этом доступно одновременное воспроизведение нескольких каналов с разрешением до 12 Мп. Полноценная поддержка кодека H.265. Новые регистраторы поддерживают технологий: IDIS Интеллектуальный Кодек – продвинутая версия кодека H.265, IDIS M. A. T. – адаптивная передача данных, снижающая число кадров в секунду в случае отсутствия движения в поле зрения камеры, совместное использование этих технологий позволяет снизить нагрузку на сеть до 90%.

■ Компания Bosch объявляет о выпуске новой версии 1.31 программного обеспечения беспроводной конференц-системы DICIENTIS. В новой версии реализованы следующие функции и улучшения: улучшение работы при переключении каналов на объектах с очень высокой пропускной способностью точек доступа; улучшение работы при переключении на резервную точку доступа; учетная запись пользователя не пропадает после обновления системы; улучшен сценарий подключения/отключения устройств в режиме «двойного участника» при перезагрузке точки доступа.

■ По просьбам наших партнеров время работы технической поддержки и сервиса компании «Видеомакс» увеличено на 3 часа. Оказывая свои услуги, мы стараемся, чтобы работать с компанией «Видеомакс» было не только выгодно, но и комфортно. Поэтому теперь наши технические специалисты готовы проконсультировать вас с 7.00 до 19.00. Консультация оказывается бесплатно.