

Снижение рисков возникновения электрической дуги

Авторы: кандидат технических наук Энтони К. Парсонс (Antony Parsons), дипломированный инженер, и Реза Таджали (Reza Tajali), дипломированный инженер

Аннотация

Необходимость защиты работников от электрической дуги — широко известная проблема. Впервые этот вопрос рассматривался Национальной ассоциацией пожарной безопасности в рекомендациях по границам безопасности и методах технического обслуживания (включая средства индивидуальной защиты) в рамках стандарта NFPA 70E. Однако по мере изменения электромагнитной среды назрела необходимость вновь обратить внимание на опасность электрической дуги. В минимизации опасности возникновения электрической дуги важную роль играет электрооборудование. Указанный тип оборудования и место его установки в электрической системе значительно уменьшают угрозу возникновения электрической дуги и ее длительность.

Введение

Опасность

Источник травмы или нанесение ущерба здоровью.

Риск

Вероятность получения травмы или нанесения ущерба здоровью в сочетании с тяжестью травмы или нанесением ущерба здоровью, вызванного опасностью.

Хотя опасность удара и смертельного поражения электрическим током от случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, давно известна, опасность появления электрической дуги и дугового разряда была включена в стандарты электробезопасности сравнительно недавно. Управление по охране труда (OSHA) обеспечивает соблюдение стандартов электробезопасности на рабочем месте, изложенных в NFPA 70E Национальной ассоциации противопожарной защиты.

Базовое соответствие требованиям NFPA 70E устанавливается с помощью процесса, состоящего из шести этапов:

1. Разработка и проверка политики безопасных методов работы, связанной с напряжением.
2. Оценка вероятности возникновения электрической дуги и степени ее опасности.
3. Соблюдение стратегии снижения и контроля опасности электрической дуги.
4. Регулярное проведение плановых тренингов по технике безопасности и проверок соблюдения нормативов электромонтажниками.
5. Обслуживание компонентов системы распределения электроэнергии.
6. Снабжение средствами индивидуальной защиты (СИЗ) и необходимыми инструментами.

Чтобы снизить вероятность возникновения электрической дуги, компании могут принять дополнительные меры. Основное внимание в этой статье будет уделено снижению опасности возникновения электрической дуги, и в частности техническим мерам¹.

Рисунок 1

К монтажу, эксплуатации и обслуживанию электрического оборудования должен допускаться только квалифицированный персонал.



¹ Компания Schneider Electric не несет ответственности за любые последствия, вытекающие из использования этого материала.

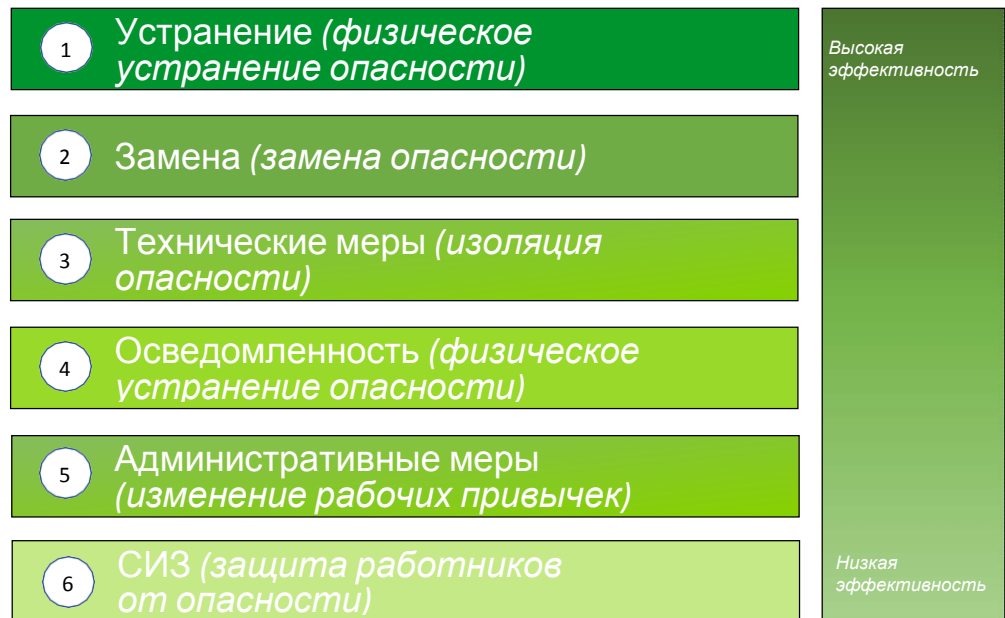
Что означает «ослабление последствий электрической дуги»?

Словарь Вебстера определяет термин «ослабление последствий» как «смягчение, ослабление степени тяжести или снижение жесткости последствий». Применительно к электробезопасности рабочего места ослабление последствий дугового пробоя включает в себя меры по сведению к минимуму уровня опасности или риска, связанных с электрической дугой.

В стандарте ANSI Z10-2012 «Системы управления охраной труда и промышленная безопасность» изложена структура мер по ослаблению последствий электрической дуги, изображенная ниже.

Рисунок 2

Структура мер по ослаблению последствий электрической дуги



Наиболее эффективные программы защиты от электрической дуги основываются на внутренней безопасности установок, заложенной на этапе их проектирования. Хотя технические средства контроля не столь эффективны, как замена или устранение рисков, их цель заключается в уменьшении степени опасности. Административные меры и предупреждения менее эффективны, поскольку они зависят от соблюдения работниками определенных процедур и безопасных методов работы.

Технические меры, описанные ниже, должны:

- уменьшать энергию электрической дуги до уровня, при котором разрешенные задачи могут выполняться; или
- допускать лишь такое положение работника, при котором он не подвергается опасности.

Уменьшение энергии электрической дуги

Системы подавления электрической дуги не устраняют опасность поражения электрическим током при работе на оборудовании, находящемся под напряжением, или внутри него. Величина уменьшения энергии дуги должна определяться при помощи технического анализа.

Цель снижения энергии дуги заключается в уменьшении тяжести потенциальных опасностей, которым может подвергнуться работник. При использовании системы снижения энергии дугового пробоя необходимы средства индивидуальной защиты (СИЗ), но их класс может быть снижен.

Очевидно, что недостаточное количество СИЗ увеличивает риск получения работником ожогов и травм. Избыточный уровень СИЗ также может иметь пагубные последствия, например тепловой стресс, ограничение подвижности и видимости, а также небрежность из-за спешки при выполнении поставленных задач.

Роль автоматического выключателя или предохранителя в снижении уровня энергии электрической дуги

Почему при анализе электрической дуги всегда учитывается автоматический выключатель или предохранитель? Определяющим ключевым фактором энергии электрической дуги является время горения дуги. В соответствии с уравнениями, представленными в стандарте IEEE 1584-2002, энергия дуги изменяется по линейному закону во времени. Если длительность дуги удваивается, то удваивается и энергия; при уменьшении длительности дуги в два раза ее энергия уменьшается вдвое.

Энергия = Вольты × Амперы × Время
Быстрое гашение = Низкая энергия дуги



Поскольку энергия пропорциональна времени горения дуги, ключевым элементом является применение быстродействующих устройств. В результате правильный выбор устройств токовой защиты, в частности применение устройств для быстрого гашения дуги в энергосистеме, является действенной стратегией ослабления последствий.

Координация работы токовых защит

Анализ координации токовых защит дает возможность подобрать оптимальное оборудование и выставить оптимальные уставки токовых защит. Для анализа процесса гашения электрической дуги координация токовых защит не является главным аспектом, но может быть весьма значимой.

Анализ времятоковых характеристик защитного устройства показывает, могут ли незначительные коррекции настроек автоматического выключателя (или другого устройства токовой защиты) снизить уровень выделяемой энергии. Настройки уставок токовых защит необходимо выбирать таким образом, чтобы обеспечивалась надлежащая защита оборудования и при этом рабочие токи нагрузки и кратковременные перегрузки (например, пусковой ток двигателя) не вызывали ложного срабатывания и отключения.



Классы защиты ткани

25 кал/см²

40 кал/см²

100 кал/см²

Знаете ли вы?

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) часто ошибочно рассматриваются как «решение» проблем, связанных с опасностью возникновения электрической дуги. На самом деле даже правильный выбор СИЗ не гарантирует отсутствия травм.

В NFPA 70E утверждается лишь то, что степень травмы, полученной во время электрической дуги, будет снижена и получивший травму останется жив благодаря смягчающему действию СИЗ, рассчитанных на дугу.

Рисунок 3

Классы защиты ткани СИЗ (слишком слабая степень защиты СИЗ может увеличить риск получения работником ожогов и травм).

Специализированные реле, например оптореле

Быстрое гашение дуги является ключом к ослаблению ее последствий. Автоматические выключатели или релейные защиты, находящиеся вблизи питающего центра могут иметь значительные временные задержки для координации с нижестоящими устройствами. Относительно новым способом решения этой проблемы являются реле, которые обнаруживают наличие дуги путем регистрации вспышки света, связанной с дуговым пробоем, в сочетании с контролем срабатывания чувствительного пускового органа по току.

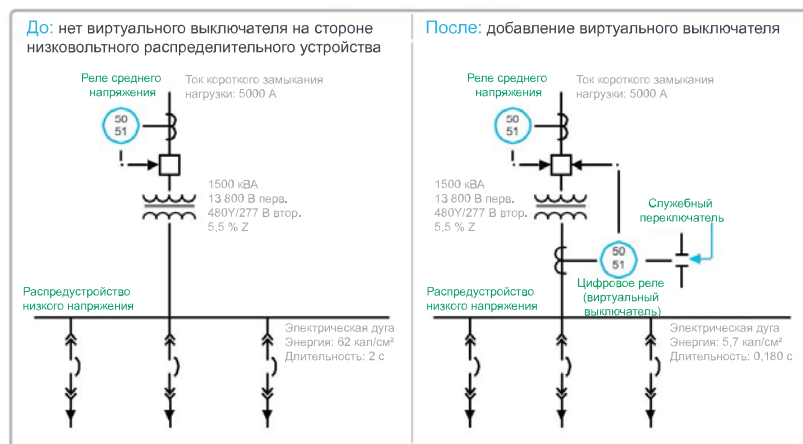
Однако для обнаружения дугового пробоя таким способом должны присутствовать высокий ток и вспышка света. При наличии обоих условий оптическое реле срабатывает очень быстро, устраняя дугу. В качестве пускового органа используется токовая защита. В качестве альтернативы оптическое реле может дать команду на срабатывание короткозамыкателя, который зашунтирует и устранил дугу даже быстрее, чем отключение автоматического выключателя. Оптические реле также могут использоваться в качестве защитного реле в виртуальной конфигурации.

Виртуальный выключатель гашения электрической дуги

При питании непосредственно от силового трансформатора распределительные устройства и щиты могут подвергаться опасным уровням энергии электрической дуги. Добавление виртуального выключателя уменьшает энергию дуги на всех распределительных устройствах, включая главные сборные шины. Цифровое реле и пусковое токовое реле подключаются к низковольтной стороне силового трансформатора и вызывают срабатывание существующего вышестоящего устройства отключения — зачастую это автоматический выключатель среднего напряжения или другой вакуумный прерыватель. Есть два способа реализации такого решения:

- Служебный селекторный переключатель, который временно понижает значение уставки токовой защиты от коротких замыканий. Переключатель снизит уставку токовой защиты и ограничит энергию дугового пробоя в случае его возникновения; но это также приведет к временной потере селективности с нижерасположенными устройствами.
- Применение зональной селективности, при которой «виртуальный выключатель» действует на мгновенное отключение вышеразположенного выключателя (при наличии дуговой вспышки и аварийного тока на стороне низкого напряжения трансформатора), дает возможность автоматически обеспечить быстрое действие защиты при возникновении дуги без применения селекторного переключателя и потери селективности.

Однолинейная схема «до» и «после» (пример)



«Снижение энергии электрической дуги основано на том, что виртуальный ввод настроен на уровень менее 85 % тока дуги. Необходимо провести исследование координации защитных устройств».

Рисунок 4

Однолинейные схемы примеров «до» и «после»

Дуга может распространяться на сторону питания всех устройств, находящихся в одном корпусе. Таким образом виртуальные выключатели инициируют срабатывание вышестоящих устройств защиты.

Недопущение ситуаций проведения работ в опасной зоне

Следующие решения по ослаблению последствий электрической дуги заключаются в недопущении персонала в места возможного возникновения дуги или установке разделительного барьера между работником и открытыми частями, находящимися под напряжением.

Инфракрасные смотровые окна

Наличие стационарных инфракрасных (ИК) окон в электрооборудовании позволяет проводить ИК-сканирование без воздействия на работника опасной энергии. ИК-окна изготавливаются из стеклоподобного материала, пропускающего инфракрасные лучи, который позволяет регистрировать горячие точки при помощи тепловизора. Они также облегчают доступ для проверки электрических компонентов без отключения оборудования.

Рисунок 5

Инфракрасные (ИК) окошки обеспечивают обнаружение горячих точек, регистрируемых тепловизором.

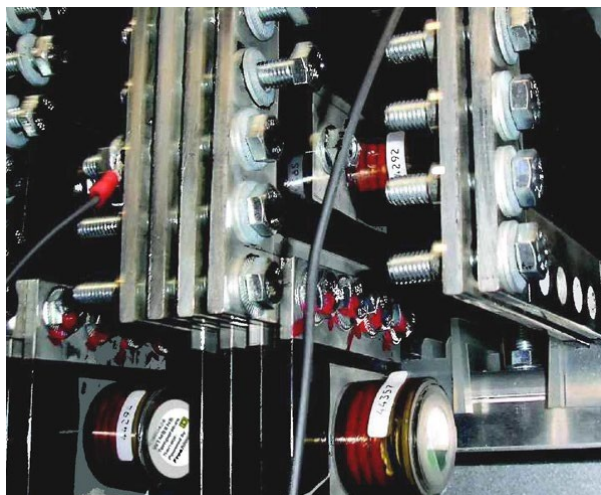


Онлайн-контроль температуры

Онлайн-контроль температуры с помощью беспроводных датчиков обеспечивает круглосуточный доступ к критическим точкам подключения, где нельзя использовать традиционные способы контроля. Благодаря этой технологии оценивается текущее состояние оборудования и работники не подвергаются опасности проведения работ под напряжением, так как крышки оборудования снимать не требуется. Датчики устанавливаются во время планового отключения, и их можно использовать в оборудовании с высоким риском возникновения электрической дуги, не подвергая опасности персонал или оборудование.

Рисунок 6

Онлайн-контроль температуры позволяет оценить текущее состояние оборудования без контакта работников с находящимися под напряжением частями.



Система удаленного управления операциями по вкатыванию и выкатыванию аппаратов в шасси

Система удаленного управления позволяет вставлять и вынимать автоматические выключатели при помощи пульта на безопасном расстоянии от панели щита. Таким образом оператор находится на расстоянии и не может прикоснуться к автоматическому выключателю. Если оператор, управляющий вкатыванием-выкатыванием выключателя, может делать это с безопасного расстояния, то необходимость в СИЗ отпадает.

Рисунок 7

В процессе оперативных переключений средства удаленного управления устраняют риски поражения персонала энергией электрической дуги.



Заключение

Угрозы несчастных случаев, связанных с использованием электроэнергии, представляют собой значительный риск для безопасности службы эксплуатации. Согласно предписаниям Управления по охране труда, работы на электрооборудовании должны выполняться таким образом, чтобы исключить неоправданный риск травмирования персонала. Соблюдение правил безопасной работы, изложенных в стандарте NFPA 70E, и реализация стратегий по ослаблению последствий дуги с помощью технических средств повышают безопасность труда и снижают финансовые риски вашей компании.

Об авторах

Энтони К. Парсонс (Antony C. Parsons), кандидат технических наук, является старшим штатным инженером компании Schneider Electric, специализирующимся на системах распределения электроэнергии. Он работает более 17 лет в области проектирования и анализа коммерческих и промышленных энергосистем, а также устранения их неисправностей. Энтони является глобальным информационным ресурсом по анализу электрических дуг и электробезопасности для компании Schneider Electric, он проводит семинары, тренинги и консультации для клиентов и коллег как в США, так и за рубежом. Имеет лицензию инженера в штате Техас.

Реза Таджали (Reza Tajali), инженер, является инженером-менеджером технических служб компании Schneider Electric. Он работает более 30 лет в области распределения электроэнергии и управления ей, имеет два патента США на продукцию распределительных устройств. В своей нынешней должности он руководит инженерной группой по энергетическим системам в регионе Среднего Запада США. Его инженерная группа обеспечивает поддержку промышленных и коммерческих клиентов путем проектирования энергосистем, анализа и составления планов по повышению качества электроэнергии. Имеет степень магистра наук в области электроэнергетических систем в Технологическом университете Теннесси и зарегистрирован в семи штатах.