

# Решения SEL для предотвращения вспышки дуги

Мгновенная защита от вспышки дуги



## Защита персонала и оборудования

- Обнаружение вспышек дуги и посылка сигнала отключения всего за 2 мс позволяет повысить безопасность и свести к минимуму повреждения оборудования.
- Снижение уровня энергии вспышки дуги на 88 процентов уменьшает вероятность получения травм.
- Надежное обнаружение вспышек дуги с помощью сочетания светочувствительной технологии и выявления перегрузки по току.
- Подходит для установки в новые системы или в уже существующее оборудование для любой области применения.





## Вспышка дуги

Безопасность персонала имеет первостепенное значение для энергетических и промышленных предприятий в разных отраслях, включая нефть/газ, водные ресурсы/сточные воды, а также металлургию и добычу полезных ископаемых. Согласно стандартам электробезопасности на рабочем месте Национальной противопожарной ассоциации (*NFPA*) *70E (Standard for Electrical Safety in the Workplace)*, вспышка дуги "представляет собой опасное состояние, связанное с выделением энергии, вызванной электрической дугой".

Энергия, выделившаяся в результате вспышки дуги, пропорциональна напряжению, току и продолжительности события ( $V \cdot I \cdot t$ ). Она измеряется в единицах энергии падающей дуги (AFIE), калибруется в кал/см<sup>2</sup> и, в свою очередь, определяет уровень средств индивидуальной защиты (СИЗ), необходимых для защиты персонала от травм во время вспышки дуги. СИЗ предназначены для защиты работников от серьезных травм или болезней в результате контакта с электрическими или другими опасностями на рабочем месте.

### Причины дуговых вспышек

Вспышки дуги возникают при нарушении изоляции или воздушной изоляции между находящимися под напряжением компонентами в электрической цепи. Вспышки дуги могут быть вызваны различными факторами,

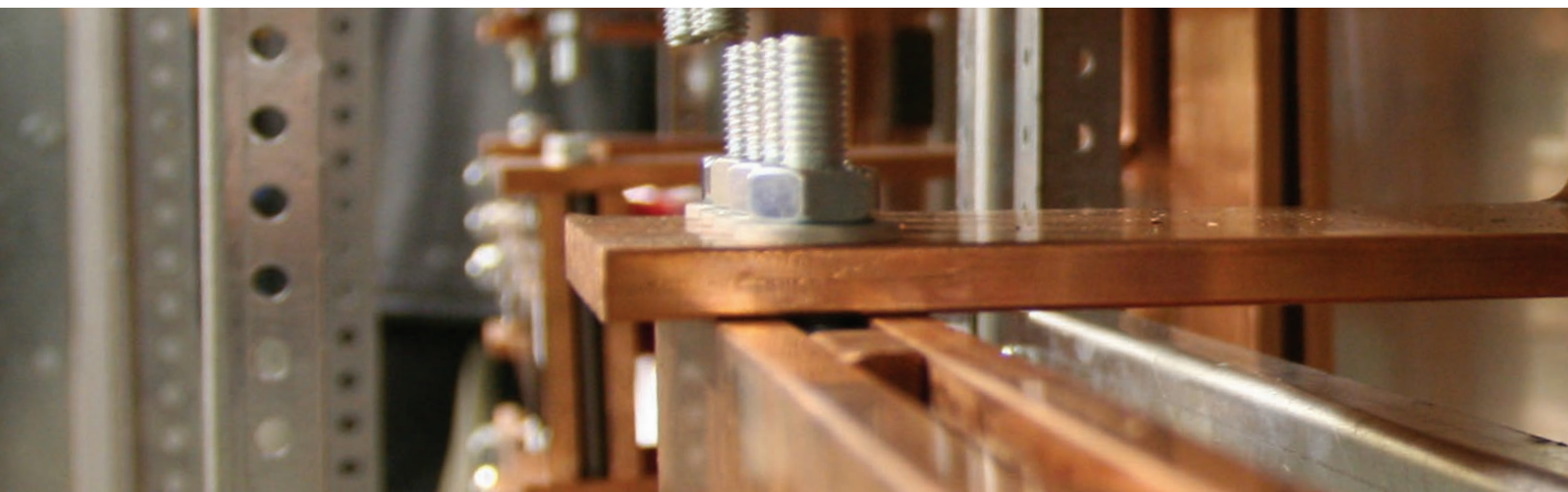
такими как замыкание двух фаз, что создает междуфазное короткое замыкание. Обычные примеры междуфазного короткого замыкания включают падение инструментов, случайный контакт со стороны обслуживающего персонала, накопление коррозии или токопроводящей пыли на проводниках и присутствие вредителей, таких как мыши, крысы или змеи, контактирующих с проводниками, которые находятся под напряжением.

### Опасность дуговых вспышек

Вспышки дуги могут вызывать опасные и потенциально смертельные уровни тепла, ультрафиолетового излучения, взрывного давления, а также разлетающиеся осколки и оглушительные звуковые волны.

### Подавление вспышек дуги

Инженеры-конструкторы используют несколько вариантов снижения напряжения системы или токов короткого замыкания, включая методы заземления и применение токоограничивающих предохранителей. Тем не менее самый лучший и очевидный способ снизить риск возникновения вспышки дуги — это сократить время устранения неисправности, тем самым уменьшив общую энергию инцидента, или устранить необходимость присутствия персонала, используя дистанционное управление.





## Стандарты защиты от вспышки дуги

NFPA 70E является основным североамериканским стандартом безопасности для работы с электрооборудованием. В нем содержатся рекомендации по применению методов работы, необходимых для защиты персонала от травм при выполнении работы с или вблизи открытых электрических цепей, на которые может подаваться напряжение.

### Анализ рисков вспышки дуги

Анализ риска вспышки дуги определяет количество энергии, воздействию которой может подвергнуться работник, и определяет процедуры ограничения воздействия вспышки дуги на персонал и оборудование. Он также определяет соответствующие зоны риска и необходимый уровень СИЗ. NFPA разработала конкретные границы подхода, предназначенные для защиты сотрудников при работе на оборудовании, находящемся под напряжением, или рядом с ним.

### Граница вспышки дуги

Если произойдет вспышка дуги, на этой границе работник подвергнется излечимому ожогу второй степени (1,2 кал / см<sup>2</sup>). Высокая температура, создаваемая вспышкой, может привести к сильным ожогам и возгоранию одежды.

### Ограниченный доступ

Зона ограниченного доступа — это расстояние от незащищенного компонента, находящегося под напряжением, где существует опасность поражения электрическим током. Ее границу может пересекать только квалифицированный персонал.

### Служебный доступ

Зона служебного доступа — это расстояние от незащищенного компонента, находящегося под напряжением, где существует повышенная вероятность поражения электрическим током.



# Преимущества реле SEL для защиты от вспышки дуги

## Мгновенное отключение

Реле SEL снижают риск вспышки дуги благодаря значительному сокращению времени устранения неисправности.

## Снижение энергии инцидента

Чем быстрее будет устранена вспышка дуги, тем ниже будет общий уровень энергии инцидента. Реле SEL обнаруживают опасность вспышки дуги и посылают сигнал отключения на автоматический выключатель всего за 2 мс.

## Повышенная безопасность

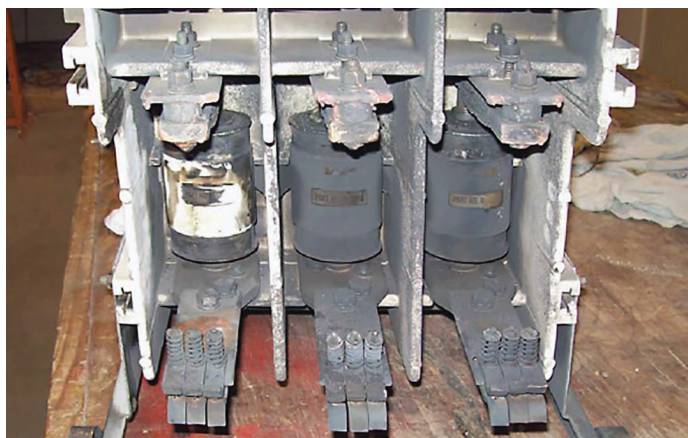
Функция обнаружения вспышки дуги SEL сокращает время устранения неисправности, что снижает опасность возникновения вспышки дуги, повышает безопасность и снижает требования к средствам индивидуальной защиты. Для проверки эффективности защиты от вспышки дуги была проведена серия испытаний в лаборатории силовоточной электроники. Эти испытания показали снижение уровня энергии дуги на 88 процентов при использовании технологии SEL.

## Уменьшение повреждений распределительного устройства

Благодаря защите от вспышки дуги повреждение оборудования при вспышке дуги сводится к минимуму, что позволяет вернуть поврежденное оборудование в эксплуатацию быстрее и с меньшими затратами. Кроме того, при этом обеспечивается максимальная доступность энергосистемы.

## Поддержание выборочной координации

Вспышки дуги вызывают немедленную реакцию, и в то же время поддерживается координация с защитой следующих устройств цепи от внешних неисправностей.



Выше показан контактор распределительного устройства после вспышки дуги 5 кВ, во время которой применялась традиционная токовая защита. В результате потребовалась замена контактора, зажимов предохранителей, медной шины, кабеля, цепи управления, механизма отключения и оборудования.



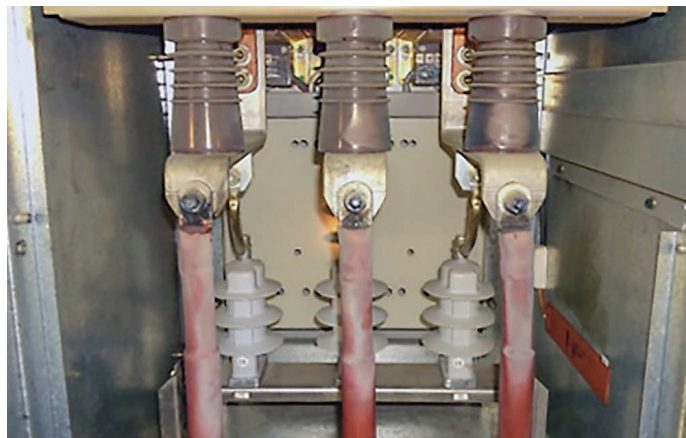
\* При условии, что время устранения неисправности выключателя составляет 80 мс

## Упрощение процедур

Функция автоматического обнаружения вспышки дуги всегда включена. Оператору или техническому специалисту не нужно изменять настройки защиты до и после выполнения работы на оборудовании под напряжением, чтобы защитить себя от вспышек дуги. Снижение потенциальной энергии вспышки дуги также упрощает требования к средствам индивидуальной защиты, ограничивая потребность в громоздких защитных костюмах и других средствах индивидуальной защиты, ограничивающих движение.

## За пределами опасной зоны

Оставайтесь на безопасном расстоянии, дистанционно получая информацию об измерениях, событиях и обслуживании от реле с Ethernet или последовательной связью. Доступное дополнительно отключение или включение выключателя с выдержкой времени с помощью кнопок позволяет персоналу отойти на безопасное расстояние.



Здесь показана (перед принятием каких-либо мер по ликвидации последствий) внутренняя часть распределительного устройства, которое было защищено светочувствительной защитой и токовой защитой SEL во время вспышки дуги 6,6 кВ. Повреждения ограничивались искрением болтов крепления кабеля.



# Защита от вспышки дуги с использованием дифференциальных реле

Дифференциальная защита шины основана на первом законе Кирхгофа, который гласит, что сумма токов, входящих в узел, равна нулю. Шина или зона защиты рассматривается как узел, и измерения тока проводятся со всех клемм, подключенных к шине/зоне защиты. При нормальных условиях или при внешней неисправности за пределами зоны защиты сумма токов равна нулю. Во время внутренней неисправности, например, когда в зоне защиты возникает вспышка дуги, сумма токов не равняется нулю. Дифференциальные реле защиты шины могут использоваться для определения внутреннего состояния вспышки дуги. В наиболее распространенных дифференциальных реле защиты шины используются дифференциальные элементы с высоким или низким импедансом.

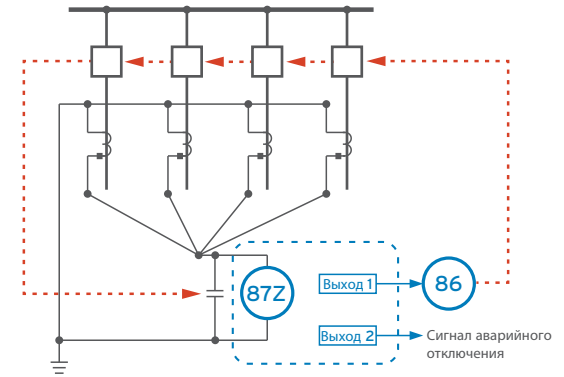
## Высокоимпедансные дифференциальные реле защиты шины

Реле дифференциальной защиты шины используются на параллельном выходе всех трансформаторов тока, подключенных к общей шине. Любая разница тока проходит через высокий импеданс дифференциального реле защиты шины, вызывая падение напряжения на реле. Высокоимпедансное реле, которое откалибровано и настроено на срабатывание в зависимости от напряжения на реле, обеспечивает чувствительное и надежное обнаружение внутреннего состояния вспышки дуги. Для высокоимпедансных реле защиты шины требуются специально предназначенные трансформаторы тока, которые имеют такой же коэффициент трансформации и соответствующую полярность соединений.



**SEL-587Z**

Высокоимпедансное дифференциальное реле



Параллельные ТТ подключены к высокоимпедансному дифференциальному реле защиты шины.

## Низкоимпедансные дифференциальные реле дифференциальной защиты шины

Низкоимпедансные дифференциальные реле защиты шины не требуют специально предназначенных трансформаторов тока и могут совместно использовать трансформаторы тока с другими реле, преобразователями и т.д. Низкоимпедансное дифференциальное реле суммирует нормализованные токи со всех входов ТТ для создания рабочего тока  $I_{OP}$ . Реле также арифметически суммирует значения тока для создания тока ограничения  $I_{RT}$ . Реле срабатывает, когда  $I_{OP}$  превышает минимальный порог и процент  $I_{RT}$ , определяемый настройкой наклона. Усовершенствованные низкоимпедансные дифференциальные реле защиты шины срабатывают менее чем за один период при внутренних неисправностях и имеют встроенную логику, чтобы оставаться защищенными от внешних неисправностей даже при перегрузке ТТ.



**SEL-487B**

Реле дифференциальной защиты шины и реле УРОВ



Процентная дифференциальная характеристика тока реле дифференциальной защиты шины.

# Услуги SEL по оценке риска вспышки дуги

SEL предоставляет гибкие, специализированные услуги по оценке риска вспышки дуги для снижения риска вспышки дуги, повышения безопасности сотрудников и соблюдения требований OSHA (29 CFR 1910.269), IEEE 1584b-2011, NFPA-70E-2015, NESC-2012 и CSA Z462-2015. SEL применяет проверенные методы для определения требований к защите от вспышки дуги для конкретного объекта и к средствам индивидуальной защиты, наряду с многими другими услугами для предоставления комплексного и экономичного решения для предотвращения вспышки дуги на вашем объекте.

Преимущества для заказчиков включают следующие:

- Защита сотрудников и повышение безопасности.
- Защита оборудования.
- Обеспечение соответствия действующим стандартам.
- Выявление потенциальных опасностей.

## Моделирование энергосистемы

SEL создает трехфазную компьютерную модель вашей энергосистемы в формате однолинейной электро схемы и вводит данные оборудования и электрические параметры объекта для всех частей моделируемой системы.

## Исследование короткого замыкания

Компьютеризированные исследования электрического короткого замыкания определяют уровни тока короткого замыкания на всех электрических шинах до 208 В для различных рабочих конфигураций.

## Исследование координации защитных устройств

SEL вводит существующие настройки защитного устройства предохранителей реле и автоматических выключателей в модель энергосистемы для определения времени устранения неисправности при коротком замыкании. Графические кривые координации, которые могут быть созданы, позволят подтвердить избирательность по отношению к другим защитным устройствам.

## Анализ вспышки дуги

SEL рассчитывает токи замыканий через дугу, определяет время срабатывания защитного устройства и сообщает энергию инцидента, границы вспышек и категории СИЗ. Программное обеспечение для анализа вспышки дуги рассчитывает уровни энергии инцидента на основе 100 и 85 процентов от рассчитанных токов дуги и информирует о наилучшем сценарии. SEL проводит анализ вспышки дуги для систем переменного и постоянного тока для самых различных условий электрификации.

## Изучение подавления вспышки дуги

Для областей с недопустимо высокими уровнями энергии инцидента SEL исследует методы снижения этих уровней, моделируя решения для ограничения тока, сокращая время срабатывания защитных устройств, внедряя схемы дифференциальной ретрансляции и другие экономичные решения.



## План предупреждения об опасности возникновения вспышки дуги

SEL предоставляет пользовательскую предупреждающую маркировку и предупреждающие надписи об опасностях поражения электрическим током и опасности вспышки дуги с указанием предельно допустимых расстояний, уровней энергии вспышки дуги, уровней классификации СИЗ и других данных.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ	
Необходимы СИЗ, соответствующие опасности вспышки дуги и поражения электрическим током	
Уровень СИЗ	4 дюйма
#2	Граница вспышки дуги
	Энергия инцидента на расстоянии 18 дюймов
Невыполнение этого требования может привести к ТРАВМЕ или СМЕРТИ	
480 В	Опасность шока при снятии крышки
3 ф. 6 д.	Зона ограниченного доступа
1 фут	Зона служебного доступа
Название оборудования: AC-1_HV (Питание от: FA-B-10-12 AC1) (Дата: октябрь, 2015 г.)	

## Инженерный отчет о вспышке дуги

SEL объединяет результаты каждого исследования в инженерный отчет, включающий в себя модель энергосистемы для вашего объекта.

## Проверка на объекте

SEL поможет провести проверку на вашем объекте:

- Проверить/получить данные паспортной таблички электрооборудования.
- Записать номинальные характеристики оборудования и номинальные значения короткого замыкания.
- Отметить тип, размер, длину и изоляцию.
- Задokumentировать топографию электросистемы.
- Записать настройки автоматических выключателей и настройки реле.

## Подробное инженерное исследование

Если номинальные параметры существующего оборудования не достаточны, SEL может помочь, изучив и оценив альтернативы. В этом исследовании обычно рассматриваются возможности перепроектирования существующей электросистемы, чтобы исправить недостатки и предложить более безопасное и экономичное решение.

# Сервисное обслуживание и техническая поддержка

## Десятилетняя всемирная гарантия

Десятилетняя всемирная гарантия на продукцию SEL подтверждает нашу уверенность в высоком качестве продукции, которую мы разрабатываем, производим, продаем и обслуживаем. Эта заявленная гарантия и бесплатная замена или ремонт неисправного изделия являются лучшим подтверждением качества и долговечности нашей продукции.

## Региональная техническая поддержка

Всемирная служба поддержки SEL осуществляет продажи и техническое обслуживание. Наше стремление к обеспечению качества распространяется на монтаж и период эксплуатации, поскольку оборудование составляет часть важнейшей инфраструктуры заказчика. Технические специалисты по эксплуатации и интеграции, представители службы поддержки и менеджеры по продажам в полной мере понимают важность поддержки на местном уровне. SEL предоставляет своим заказчикам индивидуальную региональную техническую поддержку из более чем 85 офисов.



**SEL** SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES

Повышение безопасности, надежности и экономичности использования электроэнергии  
+995 332 430 660 | [sel\\_eurasia@selinc.com](mailto:sel_eurasia@selinc.com) | [selinc.com/ru](http://selinc.com/ru)

© Schweitzer Engineering Laboratories, Inc., 2021  
20210430

