

# Bussmann —

## передовые технологии защиты промышленного оборудования

**Виталий Хаймин**  
**Андрей Черняк**

fuse@bussefuse.ru

**Х**отя первый предохранитель был запатентован Эдисоном в 1880 году, они широко использовались еще с 1864 года для защиты электрического телеграфа и лишь позднее нашли применение в системах распределения электроэнергии. Сегодня предохранители обеспечивают надежную и экономичную защиту от перегрузки по току в современных электрических системах. Устройство предохранителя претерпело значительную эволюцию с тех времен, однако принцип действия остался тем же — сверхток, проходя через специально разработанные элементы предохранителя, заставляет их плавиться, тем самым разрывая цепь. Помимо тока срабатывания и рабочего напряжения, предохранитель обладает многими дополнительными характеристиками, которые зависят от конкретной области применения и уникальных требований защиты. Поэтому существуют тысячи моделей предохранителей, причем большинство из них имеют десятки различных номиналов токов срабатывания.

Компания Bussmann является ведущей компанией в мире по количеству выпускаемых моделей плавких предохранителей (рис. 1). Продукция компании используется во многих отраслях: распределительные сети, электроника, телекоммуникации, автомобилестроение, космическая и военная промышленность. Компания, образованная в 1914 году братьями Элом,

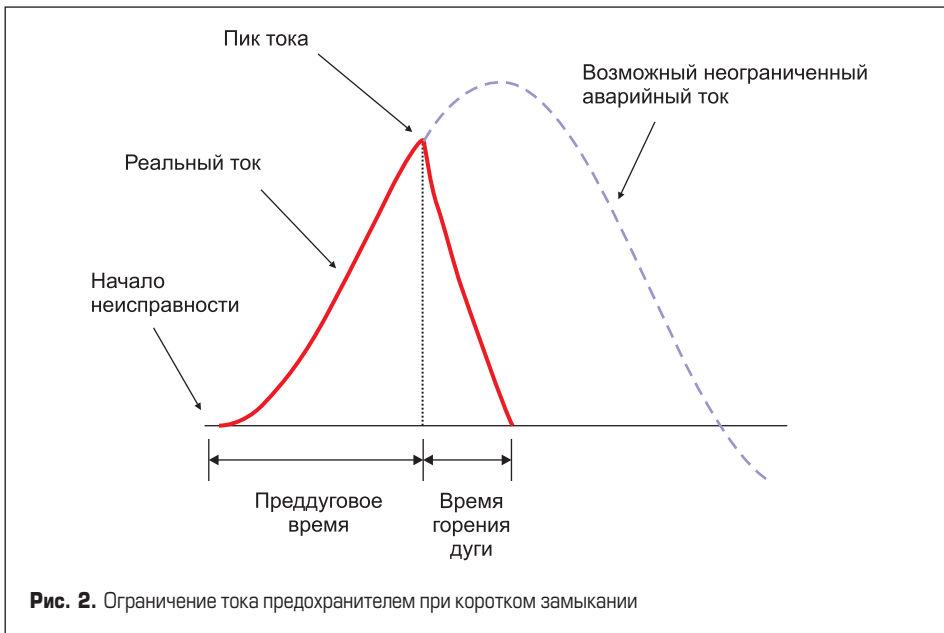
Фрэнком, Джо, Гарри и Ли Бусманами в Сент-Луисе, штат Миссури, считается признанным мировым лидером в производстве предохранителей. Ее заводами в Великобритании, Дании, Мексике, Бразилии и США производится свыше миллиарда предохранителей в год. Общее число сотрудников компании превышает пять тысяч человек по всему миру. Штаб-квартиры Bussmann расположены в пригороде Сент-Луиса (США) и в графстве Лестершир (Англия). Высокое качество продукции обеспечивают производственные мощности в Европе, Азии, Северной и Южной Америке.

Специалисты Bussmann могут предложить экспертные консультации по наилучшему способу защиты конкретных схем и приложений. Техническая поддержка включает возможность тестирования в центре Paul P. Gubany Cooper Bussmann. Это единственный испытательный центр в мире, способный генерировать 300 000 А тока короткого замыкания.

Компания постоянно ведет исследования, направленные на повышение надежности и точности срабатывания плавких вставок. Серийно выпускаемые модели имеют погрешность тока срабатывания менее 10% в диапазоне температур  $-20...+55^{\circ}\text{C}$ . Конечно, такие предохранители можно эксплуатировать и в более экстремальных условиях, но не нужно забывать, что плавкий предохранитель — это прибор, действующий



Рис. 1. Офис компании Bussmann



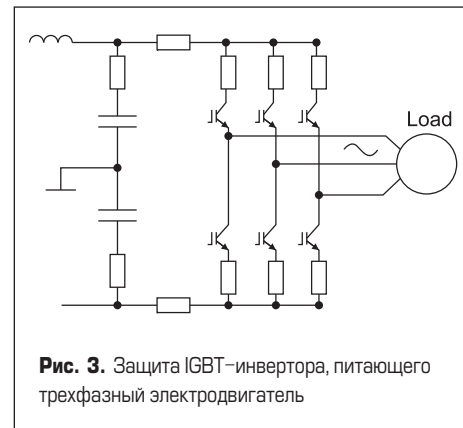
за счет преобразования электроэнергии в тепло. При более низких температурах требуется больше энергии, чтобы сработал плавкий элемент, а потому при расчете номинала предохранителя, используемого при экстремальных температурах, нужно обязательно учитывать данное условие. Также при расчете предохранителей применяются поправочные коэффициенты, зависящие от режима охлаждения, атмосферного давления, частоты тока, скважности импульсов и многих других параметров.

Правильный расчет предохранителя позволяет достичь так называемого токоограничивающего эффекта, когда предохранитель сгорает задолго до того, как ток перегрузки достигнет своего максимального значения (рис. 2). В этом состоит одно из основных преимуществ плавких предохранителей перед автоматическими выключателями, которые способны разорвать цепь только за десятки миллисекунд. За указанное время ток в сети 50 Гц несколько раз успевает достигнуть своей максимальной величины, что приводит к значительным перегрузкам защищаемого оборудования. Правильно рассчитанный предохранитель разрывает цепь прежде, чем будет достигнуто максимальное значение первого полупериода сети, тем самым не вызывая разрушительных перегрузок в нагрузке. Именно поэтому не рекомендуется заменять оригинальный предохранитель аналогичным, пусть даже с таким же током.

Особенно критичен правильный выбор предохранителя в схемах с полупроводниковыми силовыми ключами. Плавкие предохранители могут быть установлены последовательно с каждым из полупроводниковых ключей и таким образом точно отреагировать на броски тока именно на данном конкретном участке цепи (рис. 3). Во многих случаях это позволяет спасти схему от дорогостоящего ремонта. Но при определенных обстоятельствах ток в подобных цепях способен нарастать за время, исчисляемое лишь десятками микросекунд. Конечно, никакой предохранитель не ограничит ток за столь короткое время. Получается,

что предохранитель не может спасти ключевой транзистор от резкого превышения тока. Тогда зачем он нужен? Дело в том, что после сгорания ключа ток в цепи начинает лавинообразно нарастать, и если этот процесс не прекратить в течение короткого времени, произойдет тепловой взрыв компонентов цепи. Разлетевшиеся осколки вызовут повреждение окружающего оборудования и даже пожар. Предохранитель в такой ситуации исполняет роль защиты не только конкретной цепи, но и всего устройства в целом.

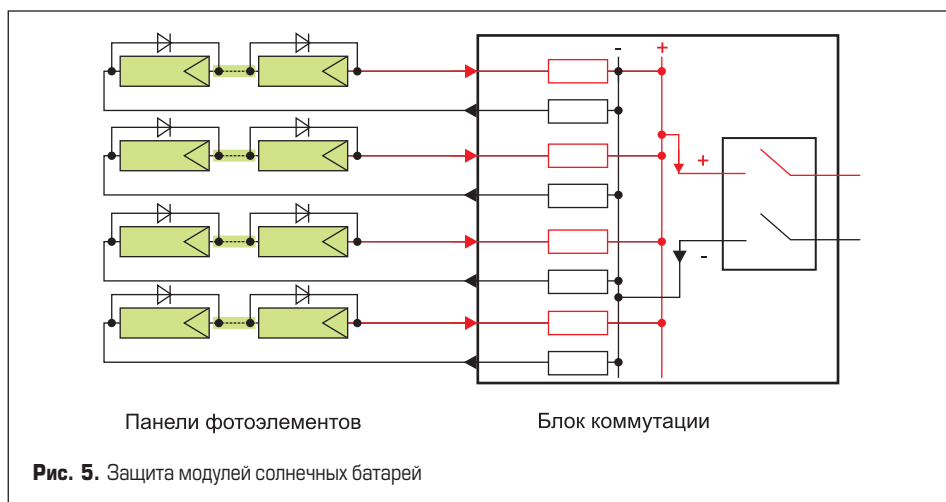
Для такого применения Bussmann выпускает специальный класс быстродействующих предохранителей. На их корпусе стоит обозначение в виде диода с предохранителем. Конечно, внутри него никаких полупроводниковых устройств нет — там та же плавкая вставка, рассчитанная и изготовленная специальным образом. Поскольку количество различных приложений с полупроводниковыми ключами чрезвычайно велико, это приводит к необходимости большого ассортимента типов предохранителей. Bussmann предлагает огромный выбор быстродействующих моделей предохранителей, что позволяет найти необходимый вариант для любой ситуации. Специалисты компании помогут определиться с нужным типом предохранителя для



конкретной схемы, а при необходимости — разработать и произвести специальное устройство, соответствующее потребностям заказчика.

Особое направление деятельности компании — создание предохранителей для постоянного тока. Многие производители не выделяют их в своей линейке, рекомендуя клиентам использовать предохранители переменного тока на повышенное напряжение. Между тем процесс разрыва цепи на постоянном токе гораздо сложнее из-за возникающих переходных процессов. Компания Bussmann выпускает специальные предохранители на постоянный ток. Благодаря точно рассчитанным параметрам такие устройства обеспечивают срабатывание при малых перегрузках, быстро и надежно защищая оборудование.

Специальная линейка PV предохранителей (рис. 6) предназначена для защиты солнечных батарей (рис. 5). Их использование позволяет





**Рис. 6.** Предохранитель Bussmann серии PV для защиты солнечных батарей



**Рис. 7.** Высоковольтные предохранители Bussmann

защитить дорогостоящие фотоэлементы при выходе из строя отдельных секций батарей.

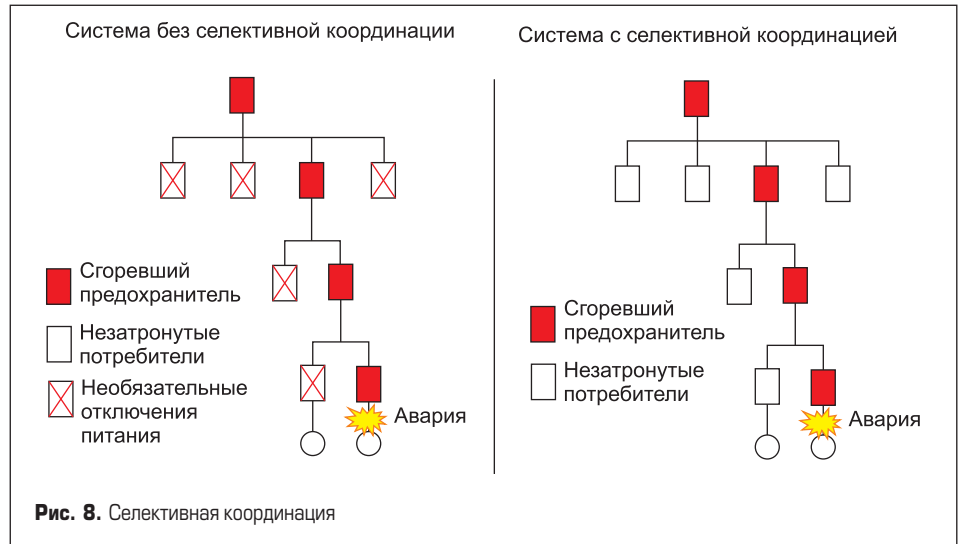
Также компания Bussmann выпускает предохранители следующих типов: низковольтные, среднего и высокого напряжения.

Низковольтные предохранители предназначены для защиты электрических цепей переменного тока с напряжением до 1000 В и частотами 50–60 Гц при перегрузках или коротких замыканиях. Предлагаются плавкие вставки на силу тока от 2 до 1600 А как для общего назначения, так и для защиты двигателей (класс gG/aM, gTR).

Предохранители среднего напряжения применяются для защиты линий электропередачи, трансформаторов, двигателей, конденсаторных батарей в цепях с силой тока 6,3–400 А и напряжением 3,6–38 кВ.

Высоковольтные предохранители, представленные на рис. 7, предназначены для работы с напряжением в десятки киловольт. Благодаря приобретению подразделения защитных устройств Lauritz Knudson (LK-NES), Beswick, а также Hawker Fusegear компания Bussmann расширила диапазон выпускаемых силовых предохранителей. Bussmann по праву считается пионером в разработке полного спектра высоковольтных плавких вставок и лидером рынка в области защиты электрических сетей.

Несмотря на кажущуюся простоту, плавкий предохранитель — это довольно сложное устройство. Во время нормального режима работы он не должен оказывать на схему никакого влияния. А при определенных, запрограммированных перегрузках — быстро отключить огромные мощности. В момент отключения внутри предохранителя практически происходит взрыв, который устройство должно выдержать без разрушения. Конечно, все такие аппараты имеют прочный корпус из кера-



мики и металла. Но только этой меры недостаточно, чтобы погасить энергию взрыва. При срабатывании предохранителя плавкий элемент превращается в газ с температурой 2000 °С. Ударное расширение газа подобной температуры способно разнести вдребезги даже самый прочный материал. Чтобы этого не происходило, все пространство внутри корпуса заполнено кварцевым песком. Газ, просачиваясь между песчинками, остывает и замедляется. Таким образом удается рассеять большую энергию без разрыва корпуса устройства. И вот здесь кроется одно из важных отличий качественного предохранителя от некачественного. Если песчинки имеют один размер и плотно упакованы в корпус, то газ будет просачиваться сквозь них по длинному пути, постепенно охлаждаясь и замедляясь. Если же песчинки разные, прилегают друг к другу неплотно, то возможен прорыв горячего газа к корпусу, что приведет к разрушению предохранителя.

Компания Bussmann использует в своем производстве только специальный калиброванный кварцевый песок, привозимый из определенных карьеров Шотландии. Наполнение предохранителей происходит на специальных вибростанках, которые утрямбовывают песок до нужного состояния. После сборки все изделия проверяются на специальной рентгеновской установке на отсутствие пустот, а в случае малейшей неоднородности их отправляют на заполнение песком заново. Благодаря этому компания Bussmann отвечает за качество каждого устройства и может гарантировать, что все выпущенные компанией продукты защитят оборудование не только от электрических перегрузок, но и от механических повреждений при их срабатывании.

При выпуске предохранителей Bussmann используются только качественные материалы. Это позволяет эксплуатировать приборы в течение 30 лет без необходимости какого-либо обслуживания. Предохранители устойчивы к ржавчине и могут храниться при влажности до 70% в диапазоне температур –40...+80 °С.

Гарантированное качество продукции, соответствующее международным стандартам IEC, VDE, DIN, UL, CSA, BS, обеспечивается индивидуальной проверкой каждого предохранителя, а минимально возможный разброс параметров в линейке, определяемый высоким качеством изготовления, уменьшает вероятность нештатного срабатывания.

Предохранители Bussmann создаются в соответствии с политикой селективной координации, что значительно упрощает подбор необходимых параметров данных приборов с помощью коэффициента селективности (в том случае, если во всей системе энергопитания используются предохранители Bussmann). Расширенная номенклатура облегчает возможность выбора максимально подходящих параметров для каждого конкретного случая. Так что же такое селективная координация и как она может быть достигнута?

Статья 100 от NEC гласит, что селективной координацией называется локализация перегрузки с целью ограничить отключения в цепи или пострадавшем оборудовании, осуществляемая с помощью правильного выбора устройств защиты от сверхтоков и их номиналов. Говоря простым языком, селективная координация означает, что перегрузка вызывает срабатывание только ближайшего к месту перегрузки предохранителя, другие предохранители при этом продолжают работать. Иллюстрация этого процесса представлена на рис. 8. Таким образом, если в системе все устройства защиты избирательно скоординированы, то перегрузка по току влияет только на нагрузку, с которой возникли проблемы. Другие нагрузки продолжают получать питание.

Еще одна важная особенность предохранителей Bussmann — пониженные потери энергии. При протекании больших токов предохранитель, как всякий проводник, нагревается. Мощность рассеивания силовых предохранителей может достигать сотен ватт. Специальные технические решения Bussmann позволяют уменьшить почти на четверть потери энергии. Помимо экономии энергии, такие устройства позволяют



**Рис. 9.** Предохранитель Bussmann Fusetron с пониженным сопротивлением

улучшить тепловой баланс внутри электроустановок (рис. 9).

Особо нужно подчеркнуть разработки Bussmann в сфере индикаторов. Чтобы исключить неправильную индикацию состояния предохранителя, компания создала специальный двойной индикатор повышенной надежности для стандартных предохранителей типа NH. Использование данного индикатора всегда точно покажет состояние предохранителя независимо от перегрузок. Заслуживает внимания и бинарный цветовой индикатор типа easyID, встроенный в цилиндрические предохранители (рис. 10). Благодаря изменению цвета можно точно определить их исправность без применения измерительных средств.

Совершенно новый подход к проблеме индикации демонстрирует семейство ножевых предохранителей easyID (рис. 11). Неисправный предохранитель подсвечивается светодиодом, что позволяет легко его обнаружить в панели автомобиля.

Примеры использования предохранителей Bussmann можно найти во всех обла-



**Рис. 10.** Предохранитель Bussmann Low Peak с системой индикации easyID

стях: промышленность, транспорт, защита электродвигателей, силовых преобразователей и распределительных силовых щитов, телекоммуникация, сетевое оборудование, электроника, автомобилестроение, жилищный комплекс, а также в таких областях, как авиакосмическая техника, мощные энергетические центры и альтернативные источники энергии.

Вот несколько уникальных объектов, использующих предохранители Bussmann:

- мемориал «Ворота на Запад» в Сент-Луисе;
- небоскребы «Уиллис-тауэр» и «Башня Джона Хенкока» в Чикаго;
- крупнейшая в мире электростанция «Итайпу», расположенная между Бразилией и Парагваем;
- поезда метро Нью-Йорка;



**Рис. 11.** Предохранитель Bussmann ATC с системой индикации easyID

- монорельсовая дорога во «Всемирном центре отдыха Уолта Диснея»;
- космические челноки NASA и аппараты, спускаемые на Марс.

В России представителем компании Bussmann является компания ПТЕКС — поставщик материалов и электронных компонентов, а также услуг для комплексного оснащения и снабжения заводов по производству электроники.

#### Литература

1. [www.cooperindustries.com](http://www.cooperindustries.com)
2. IEC 60 269 - 1 Low voltage fuses. Part 1. General requirements.
3. High Speed Fuse Application Guide, Cooper Industries plc, USA, 2010.
4. Selecting Protective Devices Handbook, Cooper Industries plc, USA, 2009