

Выбор быстродействующего силового предохранителя

для высоковольтных приложений

Современное силовое и энергетическое оборудование является важной частью производственной и жилой инфраструктуры. Подобные изделия проектируются и производятся с расчетом на длительное время эксплуатации, составляющее десятки лет. Поэтому вопрос защиты оборудования и связанной инфраструктуры становится очень важным на всех этапах разработки и эксплуатации. Данная статья должна помочь сделать правильный выбор силовых предохранителей для защиты современного полупроводникового оборудования различных областей применения.

Иван Полянский

ipoliansky@Littelfuse.com

Прежде всего рассмотрим более подробно режимы работы силовых предохранителей в различных приложениях.

Существует два режима работы силового предохранителя: режим перегрузки по току и режим короткого замыкания. Принято считать, что перегрузка по току составляет менее 600% от номинального тока, в то время как для короткого замыкания характерны токи более 600%. Также различается и природа данных режимов: перегрузка по току обычно происходит при запуске оборудования или при кратковременном увеличении механической нагрузки, то есть это рабочий режим, в то время как короткое замыкание, как правило, происходит в аварийных ситуациях, к которым относят пробой изоляции, межфазное замыкание и другое.

В первую очередь следует обратить внимание на то, что на рынке существует несколько групп силовых

предохранителей, ориентированных на различные области применения, в зависимости от быстродействия (рис. 1).

Существует четыре большие группы силовых предохранителей, обеспечивающих разную скорость срабатывания. Первая группа — предохранители без ограничения времени срабатывания при перегрузке, далее следуют группы предохранителей, имеющих «временную константу», или задержку срабатывания, — чем она меньше, тем быстрее произойдет отключение.

Таким образом, выбор предохранителя следует начинать с определения временной константы, или быстродействия. Предохранители без ограничения времени срабатывания применяются в самых «простых» ситуациях, не требующих быстрого отключения нагрузки. В ряде случаев высокое быстродействие предохранителя не требуется, так как оборудование

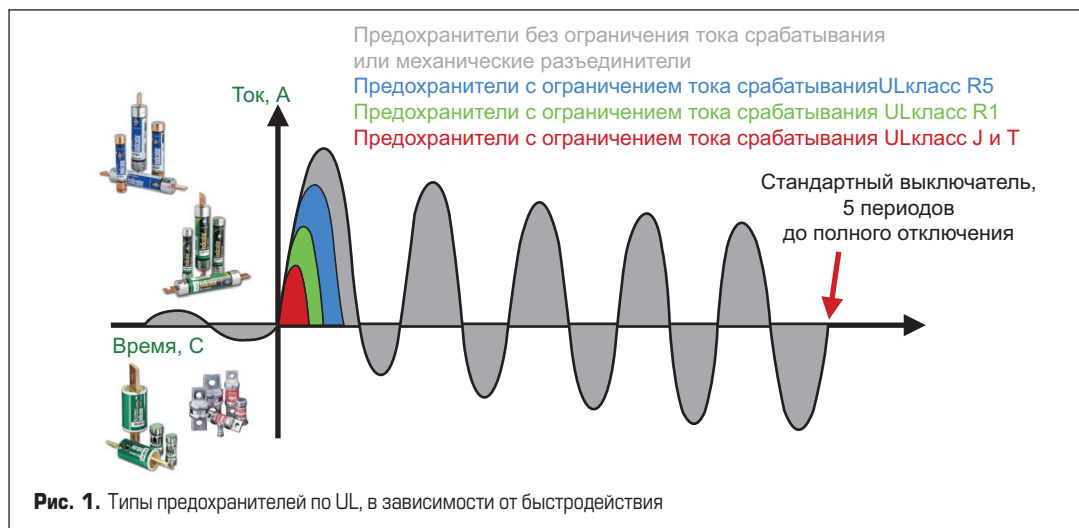




Рис. 2. Конструкция силового предохранителя

должно функционировать в режиме постоянных перегрузок, когда предохранитель должен срабатывать с некоторой задержкой, обеспечивая работоспособность оборудования. К числу таких приложений относятся трансформаторы и электродвигатели, обычно защищенные предохранителями с задержкой срабатывания. В случае с источниками бесперебойного питания используются быстродействующие предохранители без задержки срабатывания, но способные обеспечить нужный ток короткого замыкания. И самые быстродействующие, или «полупроводниковые», предохранители применяются для защиты частотного электропривода и иного оборудования с использованием силовых полупроводников.

Другим важным параметром предохранителя является энергия Pt , которую он способен пропустить через себя до момента отключения. Это энергия показана на рис. 1 различными цветовыми областями. При выборе предохранителя необходимо принимать во внимание параметр Pt , который должен быть выбран меньше, чем Pt защищаемого оборудования. Например, в случае защиты предохранителем выпрямительного тиристорного или диодного моста Pt предохранителя должен быть меньше максимально допустимого значения Pt для тириستоров или диодов.

Третий важный параметр при выборе предохранителя — его рабочее напряжение. Так, предохранитель для напряжения 500 В может использоваться для напряжений 100, 200, 400 В, но его нельзя использовать для 600-В систем. При этом последовательное включение предохранителей для увеличения напряжения недопустимо (рис. 2).

В последнее время системы постоянного тока развиваются в сторону увеличения напряжения. Это характерно и для накопителей электроэнергии и для ВИЭ, таких как ветрогенераторы и солнечные электростанции, поскольку подключение на более высоком напряжении позволяет существенно сократить часть капитальных затрат, но в то же время требует применения более высоковольтных компонентов и соответствующей защиты.



Рис. 3. Предохранители серии PSX

Разработка высоковольтных быстродействующих предохранителей требует развития новых технологий и материалов, используемых при их изготовлении. Если рассмотреть внутреннюю конструкцию предохранителя (рис. 2), можно понять, что современный силовой предохранитель состоит из множества одинаковых внутренних элементов, требующих высокой унификации параметров при их последовательном/параллельном соединении.

Можно выделить три основных элемента силового предохранителя, работающих в различных режимах:

- прецизионные элементы защиты от короткого замыкания с малым разбросом параметров;
- элемент тепловой защиты при перегрузке по току;
- индикатор срабатывания.

Также следует упомянуть о наличии в ряде конструкций эластичного компенсатора теплового расширения. Современный предохранитель не имеет в своей конструкции движущихся элементов и воздушных полостей, поскольку заполнен специальным песком высокой чистоты.

Еще одним важным параметром при выборе силового предохранителя является максимально допустимый ток отключения. Этот параметр для большинства современных силовых предохранителей составляет 200 кА RMS. При этом важно понимать величину тока отключения на постоянном токе DC, которую, к сожалению, указывают не все производители.

По стандарту UL существует несколько групп предохранителей по току отключения:

- 10 000 А (Class H);
- 50 000 А (Class K5);
- 100 000 А (Class G);
- 200 000 А (Class L, R, J, T, CC, CD, Semis).

Одна из наиболее перспективных и динамично развивающихся областей промышленности и энергетики в настоящее время — системы накопления электроэнергии и ВИЭ.

Именно в этой области востребованы сейчас быстродействующие силовые предохранители на высокое напряжение постоянного тока.

В настоящее время компания Littelfuse предлагает одну из самых широких линеек силовых предохранителей на рынке. Недавно было объявлено о начале производства быстродействующих силовых предохранителей серии PSX на напряжение 1500 В. Новые изделия ориентированы на применение в системах накопления энергии, в преобразовательной технике, а также в нефтяном и газовом оборудовании. Серия PSX обеспечивает рабочее напряжение до 1500 В DC при возможности отключения постоянного тока до 100 кА. При этом новая серия предохранителей имеет самый компактный из представленных сегодня на рынке корпусов NL XL.

Одна из возможных областей применения новой серии PSX — построение систем генерации с накоплением ВИЭ, например солнечная электростанция с накопителем, где требуется напряжение DC до 1500 В включительно. В данном применении установка быстродействующих предохранителей серии PSX способна защитить дорогостоящее оборудование от аварии в силовых цепях, произведя быстрое отключение, предотвратив катастрофические последствия для полупроводниковых ключей и батарей накопителя.

К достоинствам новой серии предохранителей следует отнести:

- малую рассеиваемую мощность (низкие потери);
- компактный корпус с высокой удельной мощностью;
- визуальный индикатор срабатывания;
- напряжение до 1500 В DC, обеспечивающее защиту батарей самого высокого класса напряжения;
- три типа исполнения выводов: DIN-«лезвие», US-«лезвие» и гладкое с болтовым креплением;
- широкий диапазон с низким порогом минимального тока срабатывания, предоставляющим возможность отключения при меньших токах КЗ.