

IGBT-драйверы InPower Systems

с программно-управляемыми характеристиками

В статье приводится обзор нового семейства интеллектуальных драйверов IGBT компании InPower, а также обсуждаются преимущества цифровой технологии для управления модулями IGBT большой мощности.

**Роберт Геммер
(Robert Hemmer)**

Павел Квиз (Pavel Kviz)

**Марита Венд
(Marita Wendt)**

**Перевод:
Анатолий Бербенец**

berben@efo.ru

Драйверы затвора IGBT-транзисторов являются ключевым элементом любой силовой электронной системы, поэтому от правильности их выбора в значительной степени зависит надежность устройств. В случае предпочтения драйвера, основанного на какой-либо новой концепции, необходимо прежде всего рассматривать преимущества, которые он дает пользователю, в сравнении с устройствами, выполненными по хорошо изученным технологиям. В большинстве применений, основанных на IGBT-модулях, используются аналоговые драйверы. Тем не менее все большее число промышленных потребителей рассматривают переход к цифровой архитектуре управления. В первую очередь это те предприятия, которые используют модули на блокирующее напряжение 3,3–6,5 кВ. В данном случае цифровая технология дает максимальное преимущество. Таким образом, широкое внедрение цифровых драйверов IGBT является только вопросом времени.

Преимущества цифровой технологии

Управление временными и амплитудными характеристиками аналоговых сигналов требует использования разнообразных схемотехнических методов. В случае же цифровой системы для осуществления такого изменения, возможно, потребуется скорректировать всего лишь несколько строк кода программы. Такая перспектива очень заманчива. Тем не менее цифровая технология не является самоцелью, а служит всего лишь средством достижения цели. Процесс отпираания оптимизируется по характеристикам тока затвора. В случае рассматриваемой новой цифровой технологии данная оптимизация достигается цифровым управлением сопротивлением резисторов в цепях затворов. Ключевым параметром, используемым для точного управления током затвора, является представленная в двоичном коде величина сопротивления данных резисторов. Оптимизация тока затвора за счет регулировки сопротивления в цепях затвора, а также непрерывный мониторинг di/dt способствуют улучшению харак-

теристик IGBT, снижению потерь при включении и повышению плавности коммутации одновременно со снижением излучений в переходных режимах. Кроме того, применение цифровой фильтрации входных управляющих сигналов подавляет влияние помех на всю силовую электронную систему. Все параметры легко изменяются программно, а пользователь избавлен от необходимости получения каких-либо специальных знаний.

Оптимизации, основанной на цифровом управлении, также подвергается ряд расширенных защитных функций, в т. ч. четырехуровневый мониторинг напряжения насыщения, двухуровневый мониторинг di/dt , активное ограничение напряжения и многошаговое плавное отключение. Цифровая технология обладает широкими возможностями по повышению надежности и гибкости проектирования. Такие функции, как быстрое обнаружение тока короткого замыкания (КЗ) и его ограничение, надежная защита от всех токовых перегрузок при любых КЗ и перенапряжениях в ходе размыкания тока КЗ, а также простота адаптации под заданные прикладные требования, являются весьма полезными для силовых электронных систем. Более того, цифровая технология поддерживает специальные топологии соединения силовых ключей в инверторах — параллельные, двух- или многоуровневые.

Новые цифровые драйверы 3,3-кВ IGBT-модулей

Новая серия цифровых интеллектуальных драйверов — готовое к применению решение, которое совместимо с двух- и многоуровневыми топологиями. 1IPSE1A33-60 — одноканальный драйвер, выполненный по новой цифровой технологии с использованием схемы интеллектуального управления процессом коммутации методом регулировки сопротивления резисторов в цепи затвора IGBT-модуля высокой мощности (рис. 1). Цифровая технология дает возможность задавать параметры управления в соответствии с требованиями пользователя. 1IPSE1A33-60 ориентирован на применения,



Рис. 1. 1IPSE1A33-60 обеспечивает высокий уровень надежности и безопасности

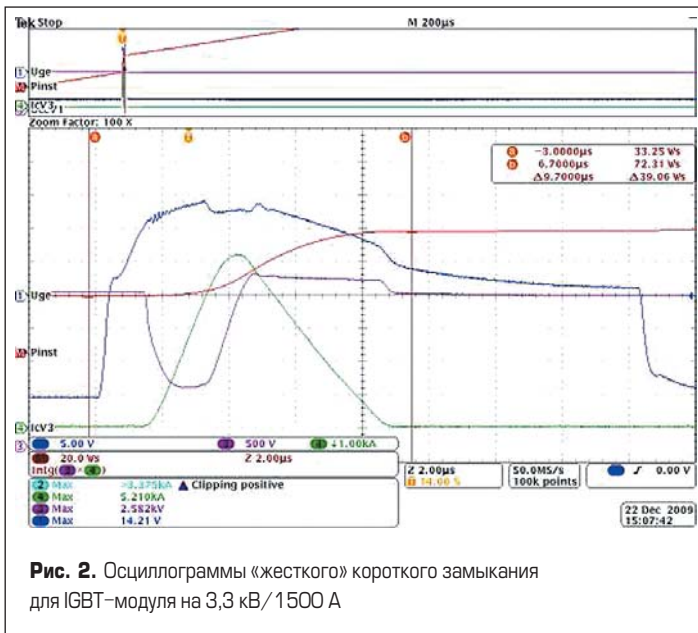


Рис. 2. Осциллограммы «жесткого» короткого замыкания для IGBT-модуля на 3,3 кВ/1500 А

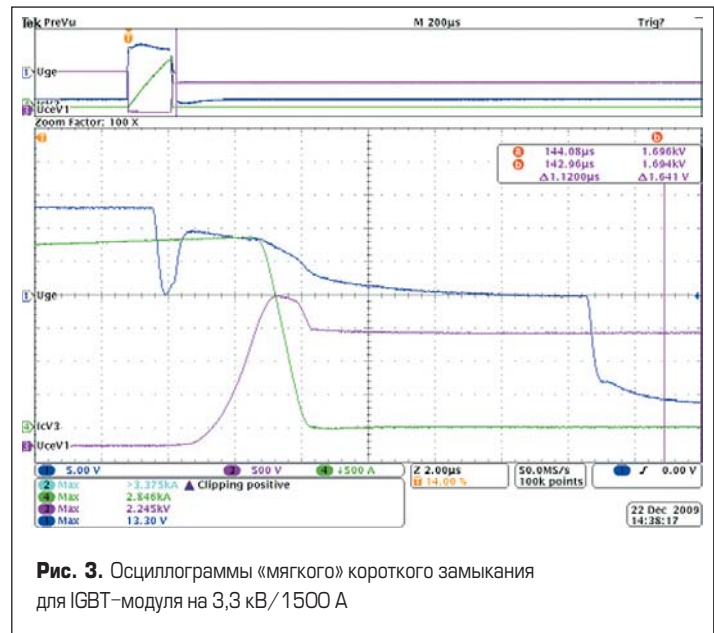


Рис. 3. Осциллограммы «мягкого» короткого замыкания для IGBT-модуля на 3,3 кВ/1500 А

где необходима высокая надежность и безопасность, а также возможность оптимизации процесса коммутации и надежная защита дорогостоящего IGBT-модуля в течение всего периода использования. Драйвер реализует усовершенствованную концепцию защиты от коротких замыканий, позволяющую обезопасить IGBT-модули от КЗ как непосредственно в IGBT-ключах, так и от КЗ в индуктивности со стороны нагрузки.

За счет выполнения двух функций мониторинга в ходе всего периода коммутации (четырёхуровневый мониторинг напряжения на шасси и двухуровневый мониторинг di/dt) драйвер выполняет надежную защиту от токовой перегрузки при любых режимах короткого замыкания, включая «жесткие» и «мягкие» режимы КЗ. Данный драйвер также поддерживает дополнительные защитные функции, в т. ч.: надежную защиту от перенапряжения при заперении за счет ограничения напряжения на коллекторе IGBT введением цифровой обратной связи; мониторинг напряжения питания; входной цифровой фильтр для подавления помех в сигналах управления. IPSE1A33-60 оснащен DC/DC-преобразователем для изолированного питания драйвера. Этот преобразователь разработан с учетом обеспечения минимальных величин переходных емкостей и высокой стабильности изоляции. Для передачи сигналов управления и сигналов обратной связи о состоянии драйвера используется оптоволоконный интерфейс. Результаты тестирования драйверов данной серии подтвердили их высокие рабочие характеристики в отношении качества процесса коммутации, гибкости и надежности. В частности, ограниченные напряжения под цифровым управлением с использованием полупроводниковых ограничителей переходных напряжений гарантируют исключительную стойкость к выбросам напряжения, которые в противном случае приводят к отказу IGBT-модуля. IGBT-модули, управляемые данными драйверами, обладают исключительными коммутационными характеристиками и поддерживают многошаго-

вое плавное заперение при возникновении КЗ и других аварийных ситуаций.

Таким образом, пользователь полностью избавлен от необходимости выполнения работ по конструктивной привязке, согласованию и интеграции данных драйверов. Это значительно экономит время пользователя и улучшает надежность всей электронной системы. Фактически, благодаря встроенным цифровым функциям настройки параметров, новые драйверы позволяют по максимуму использовать возможности IGBT-модуля. При разработке драйверов также учитывалась простота организации параллельной работы IGBT за счет равномерности распределения тока между параллельными ключами.

Параметры данного драйвера легко регулируются, что упрощает его адаптацию в составе любой силовой электронной системы. Тестирование показало, что управляемые данным драйвером 3,3-кВ IGBT-модули способны противостоять токам короткого замыкания до 6000 А (номинальный ток 1500 А) при величине паразитной индуктивности 120 нГн и питании от шины постоянного напряжения 2 кВ. На рис. 2 и 3 представлены осциллограммы тока коллектора и напряжений на коллекторе и затворе IGBT-ключа верхнего уровня для случаев «жесткого» (малая индуктивность цепи подключения к нагрузке, большая di/dt) и «мягкого» (большая индуктивность цепи подключения к нагрузке, малая di/dt) КЗ.

IPSE1A33-60 формирует выходное напряжение $V_{on}/V_{off} \pm 15$ В, а максимальная частота коммутации составляет 120 кГц. Прочие характеристики драйвера:

- импульсный выходной ток ± 70 А;
- импульсная выходная мощность $P_{dcdc} = 3$ Вт;
- переходная емкость между первичной и вторичной сторонами 1–2 пФ;
- задержка включения/выключения 400 нс;
- путь утечки (creepage distance) свыше 30 мм;
- диапазон входного напряжения питания 14–30 В;
- испытательное напряжение изоляции 6 кВ;
- рабочая температура и температура хранения –40...+85 °С.

Для исключения нагрева от силовой электронной схемы управляющая часть драйвера монтируется не на самом модуле. Непосредственно на модуль крепится только небольшая адаптерная (согласующая) плата, которая менее чувствительна к перегреву. Данная плата согласована по подключению к каждому типу IGBT-модуля, а к плате драйвера подключается кабелями. Рассматриваемое семейство драйверов представляет собой завершенные решения, согласованные с конкретными типами IGBT.



Рис. 4. Двухканальный цифровой драйвер 2IPSE1A33-100 для 3,3-кВ IGBT-модулей

Заключение

На выставке PCIM 2010 компания In Power Systems также представила еще ряд других цифровых драйверов, в т. ч. двухканальный драйвер 2IPSE1A33-100 для 3,3-кВ IGBT-модулей (рис. 4). Данные драйверы обеспечивают стабильность работы, снижают потери включения и увеличивают надежность. Они идеально подходят для всех применений, где очень важно добиться надежной работы. Возможность гибкого программирования параметров управления делает драйвер 2IPSE1A33-100 идеальным решением. В целях повышения эффективности и надежности инверторов компания InPower также модифицировала свои стандартные одноканальные драйверы для IGBT-модулей на блокирующие напряжения 4,5 и 6,5 кВ, а также двухканальные драйверы для 1700-В модулей.