

Драйверы Amantys

для управления затвором IGBT-модулей

Иван Крупнов

krupnov@microem.ru

Основа современных преобразовательных устройств — полупроводниковые ключи. В последние 20 лет стремительно растет применение IGBT-модулей как главного компонента системы. Для того чтобы система была эффективной и надежной, необходимо качественное управление процессами включения и выключения, а также защита IGBT. Для этих целей, как правило, используется отдельный электронный модуль, называемый драйвером управления затвором. Драйвер имеет внешнее питание и, кроме функции управления, обеспечивает защиту IGBT от коротких замыканий и перенапряжений. Создание такого модуля требует больших затрат, как финансовых, так и временных, а потому зачастую разработчики предпочитают уже существующие на рынке решения с характеристиками, соответствующими конкретным применениям. Одной из компаний, предоставляющих подобные решения, является Amantys.



Рис. 1. Внешний вид драйвера управления затвором для IGBT-модулей на напряжение 3,3 кВ

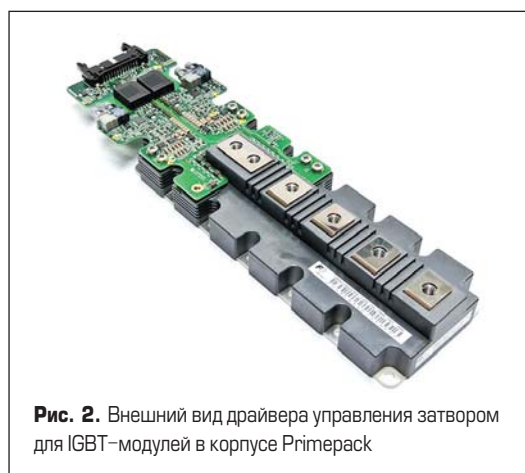


Рис. 2. Внешний вид драйвера управления затвором для IGBT-модулей в корпусе Primerack

Amantys — молодая и успешно развивающаяся компания, расположенная в Кембридже, Великобритания. Основана в 2010 году специалистами из ARM и Кембриджского университета. Главное направление деятельности компании — разработка и производство драйверов управления затвором, отличающихся низкими потерями, высокой надежностью и доступной ценой.

Продукция компании

На данный момент Amantys серийно выпускает драйверы для стандартных корпусов 190×140 и 140×130 мм (одноканальные) и для Primerack (двухканальные) на напряжения 1200–6500 В, а также модули для параллельного соединения и блоки мониторинга параметров на основе технологии Amantys Power Insight (рис. 1, 2).

Остановимся подробнее на основном продукте — драйверах управления затвором для IGBT. Главной задачей драйвера является поддержание эффективной работы IGBT-модуля (коммутация). Существует два режима переключения транзистора: «жесткий» и «мягкий» (рис. 3). Первый характеризуется минимальными потерями и обеспечением высокой частоты переключения. При этом возникают выбросы и дребезг напряжения.



Рис. 3. Формы сигнала напряжения при коммутации силового ключа: «жесткое» переключение (вверху) и «мягкое» переключение (внизу)



Рис. 4. Форма сигнала напряжения при коммутации силового ключа драйвером Amantys

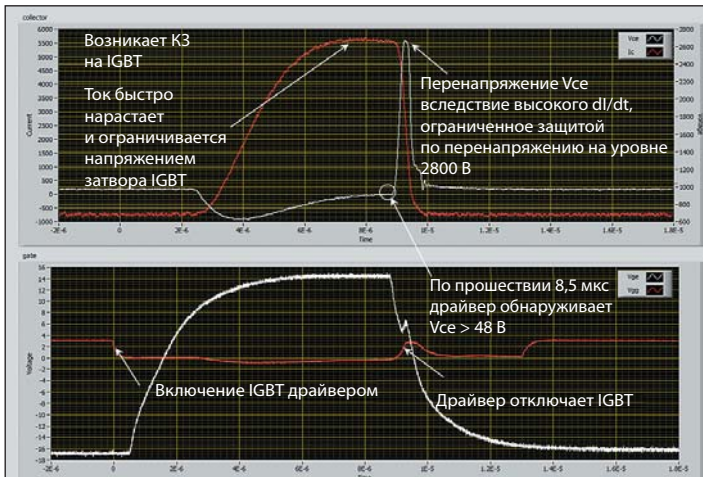


Рис. 5. Осциллограмма напряжений и токов при срабатывании защиты от КЗ 1 типа (Vce, Ic – верхний; Vge, Vgg – нижний)

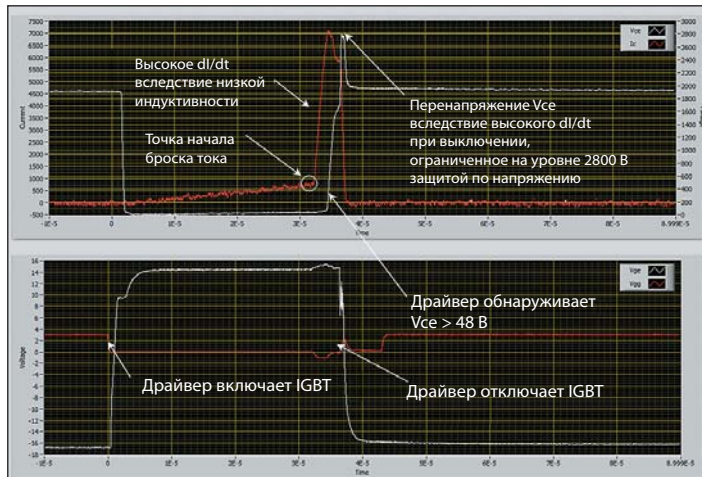


Рис. 6. Осциллограмма напряжений и токов при срабатывании защиты от КЗ 2 типа (Vce, Ic – верхний; Vge, Vgg – нижний)

Второй режим лишен таких проблем, но существенно увеличивает потери и снижает рабочую частоту. Amantys предлагает компромиссное решение: в основе действия всех драйверов лежит принцип контролируемой формы сигнала переключения (рис. 4).

Данный принцип позволяет работать с высокой частотой переключения, низкими потерями и минимальными искажениями формы сигнала напряжения.

Вторая важная задача — обеспечение защиты IGBT-модуля от режимов, которые могут вывести его из строя или уменьшить срок эксплуатации. Драйверы Amantys имеют следующий набор функций защиты:

- от короткого замыкания (КЗ) (1 и 2 типа);
- от пониженного напряжения питания;
- от перенапряжений.

Защита от КЗ первого типа

КЗ первого типа возникает при включении транзистора и характеризуется быстрым нарастанием тока коллектора с выходом в насыщение. Логика работы данного типа защиты построена на мониторинге напряжения коллектор-эмиттер (К-Э) посредством компаратора. При обнаружении высокого уровня напряжения драйвер отключает транзистор. Возникающие перенапряжения ограничиваются активной схемой, реализованной на супрессорах (рис. 5). Время срабатывания не превышает 8,5 мкс, для большинства современных IGBT-модулей временной порог короткого замыкания ограничивается 10 мкс.

Защита от КЗ второго типа

КЗ второго типа возникает при уже включенном транзисторе и характеризуется плавным нарастанием тока. Принцип за-

щиты также основан на измерении и контроле напряжения К-Э (рис. 6).

Кроме этого, компанией Amantys реализован новый подход к защите от КЗ. В последних версиях драйверов может быть добавлен трехуровневый компаратор для более быстрого выявления аварийной ситуации и отключения транзистора без выхода в насыщение. Это позволяет уменьшить термическое воздействие на кристаллы IGBT-модуля, тем самым увеличивая его время службы.

Для модулей в корпусе PrimePACK защита от КЗ первого типа осуществляется посредством определения di/dt через измерение паразитной индуктивности.

Подход основан на определении напряжения V_{ce} через измерение изменения токов затвора и коллектора (рис. 7, 8). Полученный сигнал

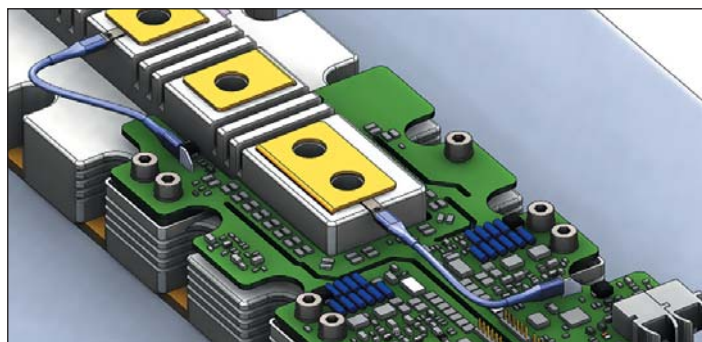


Рис. 7. Схема соединения дополнительных контактов затвора и эмиттера IGBT-модуля и драйвера

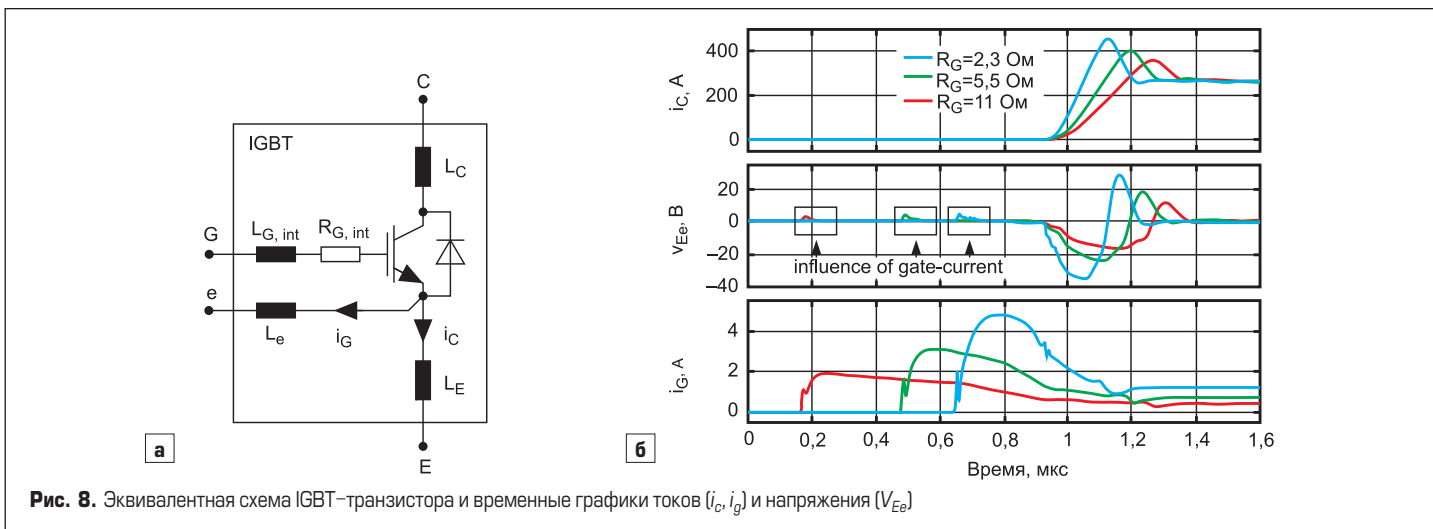


Рис. 8. Эквивалентная схема IGBT-транзистора и временные графики токов (i_c, i_g) и напряжения (V_{ce})

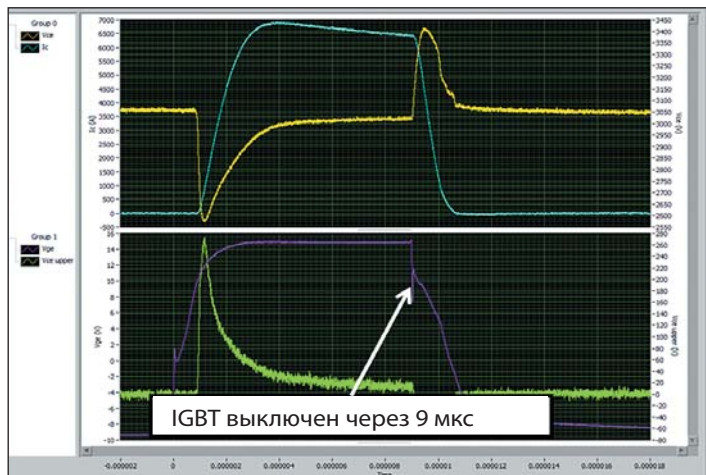


Рис. 9. Осциллограмма напряжений и токов при срабатывании защиты от КЗ второго типа, основанной на мониторинге напряжения К-Э (Vce, Ic – верхний; Vge, Vce – нижний)

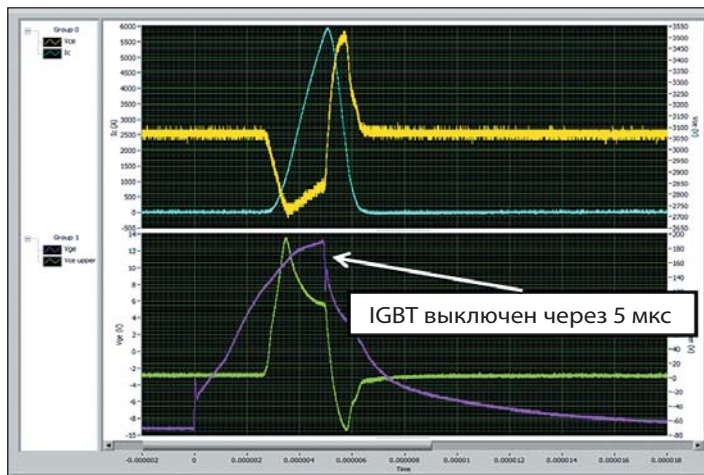


Рис. 10. Осциллограмма напряжений и токов при срабатывании защиты от КЗ второго типа, основанной на мониторинге di/dt (Vce, Ic – верхний; Vge, Vce – нижний)

пропорционален di/dt . Такой способ позволяет детектировать КЗ практически в два раза быстрее стандартного метода (рис. 9, 10). Следует заметить, что максимальный уровень тока и время срабатывания могут быть запрограммированы в соответствии с требованиями заказчика.

Конструктивные особенности, преимущества и основные характеристики драйверов Amantys

Вся продукция компании Amantys изготавливается в соответствии с ISO9001 и удовлетворяет требованиям европейских стандартов EN61000-6-4:2007 и EN61000-6-2:2005 по ЭМС-совместимости, частичному разряду и требованиям безопасности для промышленности и транспорта (в том числе и железнодорожного).

Все драйверы имеют стандартные силовые и оптические интерфейсы и полностью взаимозаменяемы с аналогичными решениями, существующими

на рынке. При замене драйвера другого производителя на драйвер Amantys не требуется изменения программной части центрального контроллера преобразователя и нет необходимости в настройке устройства.

Все драйверы имеют рабочий температурный диапазон $-40...+85^{\circ}\text{C}$, что особенно актуально для отечественного рынка.

Для того чтобы увеличить надежность эксплуатации, по требованию заказчика на драйверы можно установить более надежный разъем питания с двумя защелками. Кроме этого, на поверхность печатной платы и места пайки компонентов может наноситься защитное антикоррозионное покрытие, которое существенно увеличивает срок службы драйвера.

Инновационный подход Amantys к решению задач по управлению и защите силовых ключей позволяет увеличить надежность и эффективность системы, а также уменьшить расходы на эксплуатацию и разработку. С драйверами Amantys управление энергией становится простым, быстрым и надежным.