

Разумное управление IGBT-модулями

Интеллектуальные IPS-драйверы для управления изолированным затвором IGBT-модуля не только содействуют улучшению защитных функций, но и способствуют повышению энергетической эффективности преобразователей.

Марита Вендт

Постоянно растущий спрос на электроэнергию в мировой экономике, а также бурный прогресс в области силовых полупроводников — вот причины стремительного развития силовой электроники за последние годы. Современные области применения и новые концепции преобразователей предъявляют высокие требования не только к IGBT-модулям, но и к драйверам, которые управляют изолированными затворами. К таким требованиям относятся, например, снижение динамических потерь, надежное отключение модулей при сверхтоках и перенапряжениях, а также применимость в уже существующих конкретных преобразователях. По-прежнему высок спрос на эффективно действующие блоки элементов, состоящие из силового ключа и его управления в виде интеллектуального драйвера. Учитывая эти потребности, компания InPower Systems из Германии разработала интеллектуальные цифровые программируемые драйверы (IPS-драйверы) для IGBT-модулей высокой мощности. Данные драйверы оптимизированы на эффективную защиту в случае короткого замыкания, на уменьшение коммутационных потерь, а также обладают максимальной универсальностью. Новая технология соединяет в себе опыт аналоговой и бесспорные преимущества цифровой техники.

Краткий обзор параметров и преимуществ цифровых драйверов

IPS-драйверы — это новое поколение данных устройств (рис. 1). Они отличаются автоматически переключающимися в ходе коммутации резисторами затвора, обладают максимальной двухуровневой защитой IGBT и обратного диода от коротких замыканий, ограничивают перенапряжения при выключении

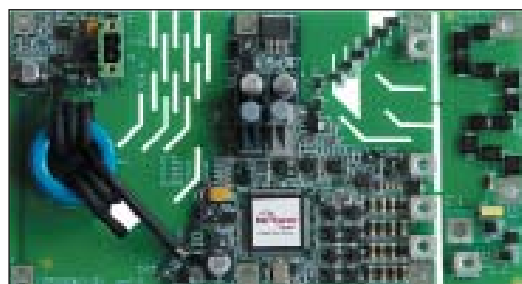


Рис. 1. IPS-драйвер 11PSD70PW65-105

с использованием обратной связи, а в случае необходимости обеспечивают многократное плавное выключение, располагают мониторингом напряжения питания и цифровой фильтрацией аналоговых сигналов, имеют встроенный источник питания постоянно-постоянного тока и светодиодную диагностику состояния работы.

Большой ток затвора ± 70 А, широкий диапазон напряжения питания от +14 до +30 В, максимальная рабочая частота до 200 кГц, высокая прочность изоляции, а также легкая адаптация к условиям работы и используемым IGBT-модулям, быстрое подключение и подготовка к работе, возможность мобильного перепрограммирования, высокая надежность и длительный срок эксплуатации — все эти очевидные преимущества неминуемо ведут к использованию IPS-драйверов в промышленной электронике.

Резисторы затвора и режим коммутации

Один из важнейших этапов проектирования преобразователя — выбор импеданса (R_{Gon}/R_{Goff}) цепи управления изолированным затвором IGBT-модуля. Подбирая резисторы затвора, можно влиять, например, на изменение времени переключения и тем самым на уровень коммутационных перенапряжений и динамических потерь. Как известно, при более быстром переключении динамические потери снижаются, однако возрастает коммутационное перенапряжение. Уменьшение уровня такого перенапряжения возможно при более медленном переключении, что приводит, в свою очередь, к более высоким динамическим потерям.

Изменяя резисторы затвора в незначительных пределах, разработчики подбирают значения, оптимально подходящие для режима работы конструируемого ими преобразователя, стремясь при этом найти баланс между уровнем динамических потерь и коммутационных перенапряжений и тем самым обеспечить как энергетически эффективную, так и надежную работу преобразователя. Оптимизация цепи управления изолированным затвором означает выбор таких значений резисторов, которые обеспечивают минимальный уровень динамических потерь, низкий уровень коммутационных перенапряжений, плавную коммутацию обратного диода и отсутствие опасных осцилляций при переключении. Компания InPower Systems нашла оригинальное решение этой проблемы.

Обычные драйверы для управления изолированным затвором IGBT-модулей имеют, как правило,

постоянные резисторы затвора, которые, однако, не позволяют изменять параметры во время процесса коммутации. Особенностью IPS-драйверов являются автоматически переключающиеся в ходе коммутации резисторы затвора, позволяющие существенно улучшить управление затвором IGBT-модуля (при помощи цифровой технологии). IPS-драйвер сам выбирает резистор затвора для обеспечения адекватной работы модуля в тот или иной момент коммутации. При этом алгоритм выбора и управления определяется программным обеспечением, которое, в свою очередь, корректируется под определенный модуль и условия применения.

Встроенные функции защиты и контроля

Для предохранения IGBT-модулей от механических и термических повреждений в IPS-драйверах встроены различные быстродействующие и эффективные функции, такие как защита при перегрузках по току и коротких замыканиях, защита при превышении напряжения коллектор-эмиттер, защита от перенапряжений затвора и контроль управляющих напряжений. Все эти функции основаны на цифровой технологии (рис. 2) и реализуются программным обеспечением.

Мониторинг напряжения насыщения коллектор-эмиттер

В IPS-драйверах встроена четырехуровневая защита от короткого замыкания, основанная на контроле напряжения насыщения. Последний уровень соответствует значению напряжения насыщения коллектор-эмиттер (V_{CEsat}), указанному в документации производителей IGBT-модулей. Каждому уровню напряжения соответствует определенный временной показатель (рис. 3). Регулирование временных показателей, вычисление, выборка и работа выходного усилителя осуществляются программным обеспечением.

Мониторинг скорости нарастания и спада тока di/dt

Чтобы предотвратить не только короткие замыкания, но и перегрузки по току, IPS-драйверы имеют встроенную функцию мониторинга скорости нарастания и спада тока коллектора di/dt . Скорость изменения тока di/dt контролируются IPS-драйверами в любой фазе работы ключа. В зависимости от значения di/dt драйвер реагирует двумя способами:

- При определении высокой скорости нарастания или спада тока коллектора di/dt (другими словами, при коротком замыкании) IGBT-модуль выключается, соответствующий светодиод загорается, а информация о коротком замыкании передается на контрольный компьютер.
- Если же di/dt превышает номинальное значение, но критическая точка еще не достигнута, скорость изменения тока di/dt снижается при помощи автоматически переключающихся резисторов затвора. В этом случае мониторинг скорости нарастания и спада тока di/dt выполняет функцию ограничителя.

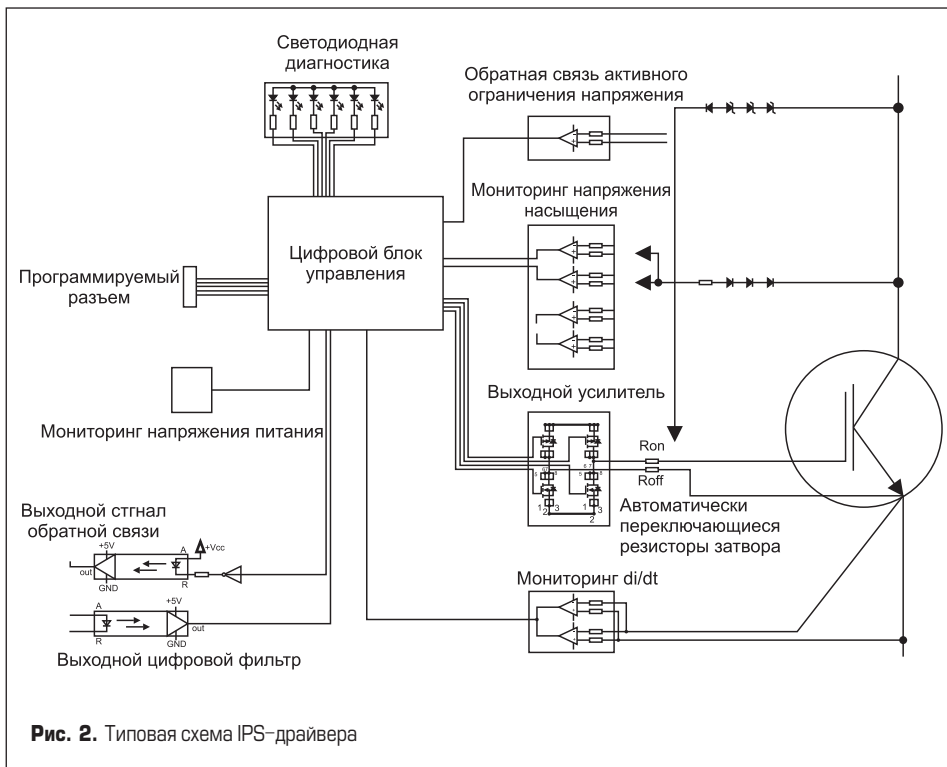


Рис. 2. Типовая схема IPS-драйвера

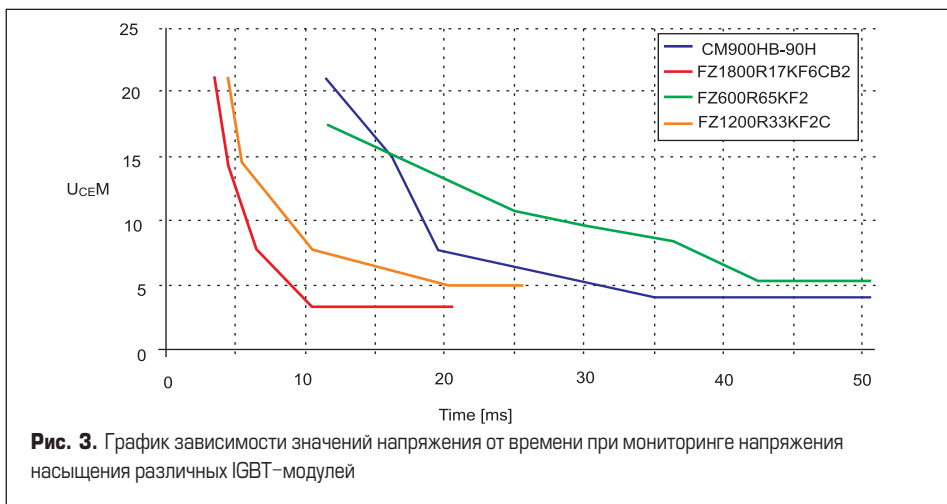


Рис. 3. График зависимости значений напряжения от времени при мониторинге напряжения насыщения различных IGBT-модулей

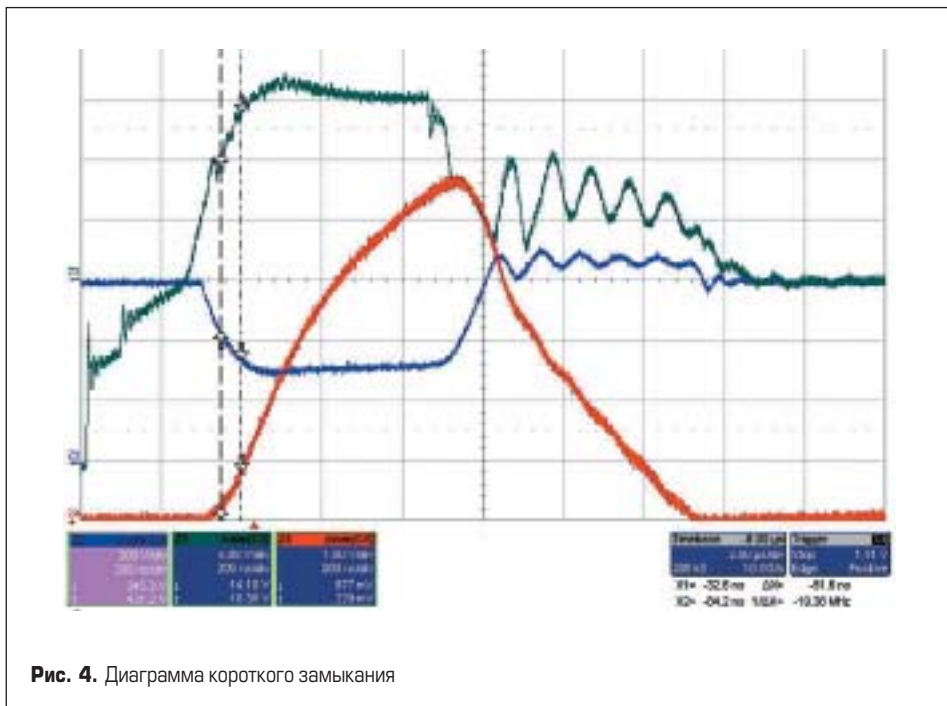


Рис. 4. Диаграмма короткого замыкания

Данный мониторинг функционирует параллельно с мониторингом напряжения насыщения коллектор-эмиттер и защищает не только IGBT, но и обратный диод.

Защита от перенапряжений

Так как любой проводник характеризуется наличием паразитной индуктивности, то при коммутации больших токов с высокой скоростью возможно возникновение перенапряжений на коллекторе. Для защиты от таких перенапряжений (особенно при выключении IGBT-модуля в режиме короткого замыкания) в IPS-драйверах имеется встроенное ограничительное устройство. Отключение осуществляется с использованием активного ограничения перенапряжений (IGBT-модуль: Infineon FF300R12KS4, IPS-драйвер: 2IPSD70PW12-50) (рис. 4). При этом использование обратной связи и автоматически переключающихся резисторов обеспечивает надежную защиту модуля от разрушения.

Входной цифровой фильтр

IPS-драйверы имеют цифровой входной фильтр, способный выявлять и устранять высокочастотные колебания входного сигнала управления. Если колебания во входном сигнале управления не обнаруживаются, то по истечении 700 нс драйвер включает выходной усилитель и приводит сигнал обратной связи в активное состояние. В случае обнаружения колебаний постоянная времени увеличивается, что позволяет управляющему компьютеру определить причину неисправности через оптоволоконную связь. По желанию пользователя постоянную времени можно менять при помощи специального алгоритма программного обеспечения, а также — в зависимости от применения — деактивировать.

Области применения цифровых драйверов

IPS-драйверы находят свое применение в различных областях техники: в двух-, трех- и многоуровневых преобразователях, в преобразователях электротяги и ветрогенераторах, в преобразователях для обеспечения электроснабжения электрифицированных железных дорог, в индукционных преобразователях, промышленных приводах и многих других сферах использования высоковольтных IGBT-модулей. ■