

IGBT МОДУЛИ SEMiX – СОХРАНЯЯ ТРАДИЦИИ

Semikron – одна из немногих компаний, чьим основным направлением деятельности является полупроводниковая силовая электроника. В данном материале изложена информация об одном из основных типов модулей компании Semikron – семейство Semix, а также о его применении.

Семейство IGBT модулей SEMiX появилось в производственной программе SEMIKRON в 2003 году, через год компанией был разработан специализированный драйвер SKYPER, предназначенный для управления модулями данной серии. Интеллектуальные силовые модули, построенные на основе SEMiX, SKYPER и адаптерных плат, осуществляющих механическую связь силовых ключей с драйверами, были одними из основных экспонатов стенда SEMIKRON на выставке PCIM-2005. Предлагаемая конструкция обладает очень высокой степенью «интеллектуализации» — кроме всех базовых функций защиты и мониторинга драйвер SKYPER имеет изолированный интерфейс и встроенный изолированный DC/DC конвертер [1].

Внешний вид IGBT-модулей и выпрямительных мостов семейства SEMiX изображен на рисунке 1. Напомним основные особенности и преимущества низкопрофильного конструктива SEMiX:

- возможность установки платы управления непосредственно на корпусе модуля без применения пайки или использования соединительных проводов;
- применение пружинных контактов для всех типов сигнальных соединений;
- одинаковый тип и высота корпуса (17 мм), одинаковый способ подключения для всех компонентов семейства;
- стандартный ряд рабочих напряжений: 600, 1200, 1700 В;
- диапазон рабочих токов: 100...950 А;
- разделение силовых терминалов AC и DC;
- наличие всех стандартных конфигураций IGBT и выпрямителей;
- использование новейших поколений кристаллов IGBT.

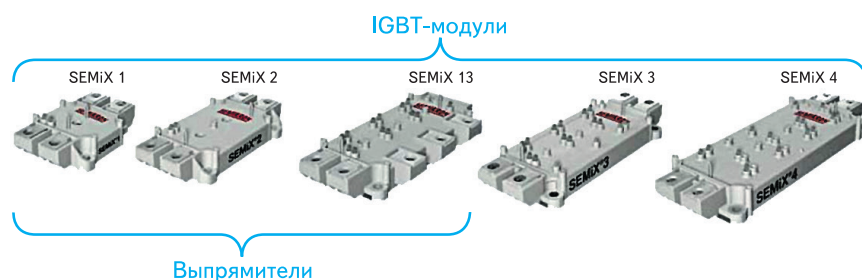


Рис. 1. Семейство SEMiX: IGBT-модули и выпрямительные мосты

Перечисленные особенности позволяют принципиально изменить подход к проектированию преобразовательной техники и создавать устройства с рекордными показателями плотности мощности. Один из вариантов конструкции с использованием компонентов SEMiX показан на рис. 2. На одном монтажном уровне размещаются входной выпрямитель и силовые каскады инвертора, звено постоянного тока и платы управления. При использовании полу управляемого выпрямителя, доступного теперь и в конструктиве SEMiX, на нем также может быть размещен соответствующий драйвер. На общей DC-шине монтируются конденсаторы, при этом вряд ли случается необходимость в снабберах, так как обеспечивается минимальное расстояние между силовыми модулями и конденсаторами шины. Снижение уровня распределенной индуктивности позволяет уменьшить уровень переходных перенапряжений, улучшить электромагнитную совместимость [2].

Выпуск выпрямителей серии SEMiX определил новые стандарты в разработке компактных силовых преобразовательных устройств. Наличие выпрямительных мостов и модулей IGBT в одинаковом корпусе позволяет применить для их соединения одну DC-шину с разнесенными по краям входными и выходными терминалами. Использование такой шины способствует упрощению конструкции преобразователей, уменьшению паразитных индуктивностей линий связи, что, соответственно, повышает надежность работы в динамических режимах [1].

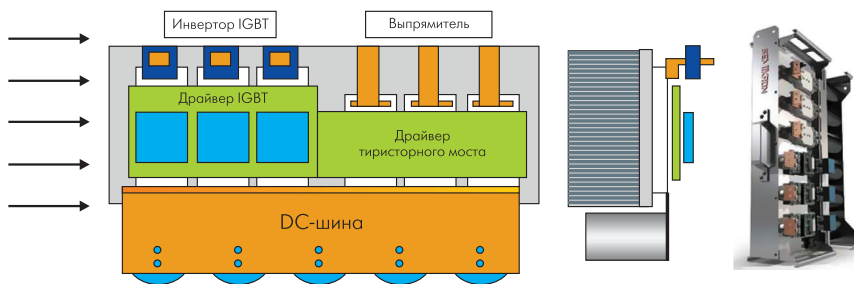


Рис. 2. Одноуровневая конструкция преобразователя: входной выпрямитель (3 x SEMiX 2), инвертор IGBT (3 x SEMiX 3); вариант практической реализации конвертора.

SEMiX453GB17E4S

SEMiX453GB17E4S (Рис. 3) – это продукт из хорошо зарекомендовавшей себя серии SEMiX от компании Semikron с напряжением коллектор-эмиттер 1700 В, номинальным током 555 А. Данная серия была разработана с прицелом на повышенную плотность тока, при использовании как можно меньшего корпуса с удобным расположением как силовых, так и сигнальных выводов. Входные и выходные силовые выводы выведены на разные стороны корпуса, сигнальные выводы – это пружинный контакт, что позволяет избежать такой технологической операции как пайка, при сборке модуля. Пружинные контакты обеспечивают надёжный контакт модуля с платой драйвера. При использовании в устройствах при эксплуатации, которых, силовая часть подвергается вибрации с течением времени, не происходит деформации сигнальных контактов и потрескивания печатной платы.



Рис. 3. Внешний вид SEMiX404GB17E4S

Если есть необходимости на выходе полумоста получить ток больше чем 555 А, есть возможность поставить два модуля SEMiX453GB17E4S параллельно с использованием драйвера Skyper 42 (Рис. 4) и переходной платы. При этом получается полумост с восемью крепёжными отверстиями (4 на каждый модуль), в минималь-

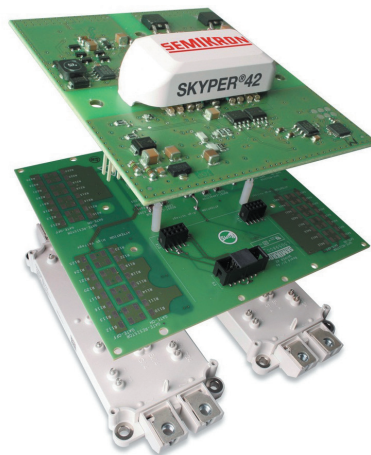


Рис. 4. Внешний вид сборки на двух SEMiX404GB17E4S и skyper 42

ных габаритах, с номинальным напряжением коллектор-эмиттер 1700В и номинальным током порядка 1000 А ($555 \text{ А} \cdot 2 = 1110 \text{ А}$; $1110 \text{ А} - 1110 \text{ А} \cdot 0.1 (10\%) = 999 \text{ А}$, данное решение получается дешевле аналогичного решения у конкурентов на 20-30% процентов, также упрощается и удешевляется комплект ЗИП.

Преимущества модулей SEMiX:

- современный корпус модуля;
- максимально возможная площадь основания, что позволяет эффективно отводить тепло;
- модуль выполнен по технологии Trench.

Основными областями применения SEMiX453GB17E4S являются:

- инверторы;
- индукционный нагрев;
- источники питания.

SKYPER – драйвер для IGBT-модулей в форм-факторе Semix

Технические характеристики силового преобразовательного устройства во многом определяются схемой управления. От параметров

драйвера зависят динамические свойства силового каскада, уровень радиопомех, качество работы схемы защиты и мониторинга. Правильно рассчитанная и сконструированная схема управления обеспечивает функциональность и надежность силового преобразовательного устройства. Драйвер SKYPER знаменует собой новую концепцию в разработке устройств управления изолированным затвором MOSFET/IGBT. SKYPER является «ядром», основой для построения серии драйверов широкого применения. Он содержит набор базовых функций и блоков, необходимых в большинстве практических применений: блок обработки сигнала с изолированным интерфейсом, устройство защиты, входные каскады управления изолированными затворами и изолированный DC/DC-преобразователь. Внешний вид «ядра» SKYPER показан на рис. 5, а его функциональная схема — на рис. 6. Связь ядра с силовым модулем осуществляется с помощью платы адаптера, осуществляющей механический и электрический интерфейс. На плате адаптера устанавливаются компоненты, являющиеся специфическими для конкретного применения, например, резисторы затвора и элементы, необходимые для регулировки чувствительности схемы защиты. Данное техническое решение обеспечивает простое, недорогое и надежное решение для большинства практических применений. Сильным аргументом в пользу SKYPER является тот факт, что основой для его разработки послужила схема драйвера SKH1 22, выпущенного в сотнях тысяч экземпляров, проверенного временем и доказавшего свою надежность и высокие потребительские свойства. Основные технические характеристики SKYPER:

- 2 канала управления;
- встроенный изолированный DC/DC-конвертор;
- гальваническая изоляция сигналов управления с помощью импульсных трансформаторов;
- выходной ток (пиковый) — 15 А;



Рис. 5. Внешний вид «ядра» skyper

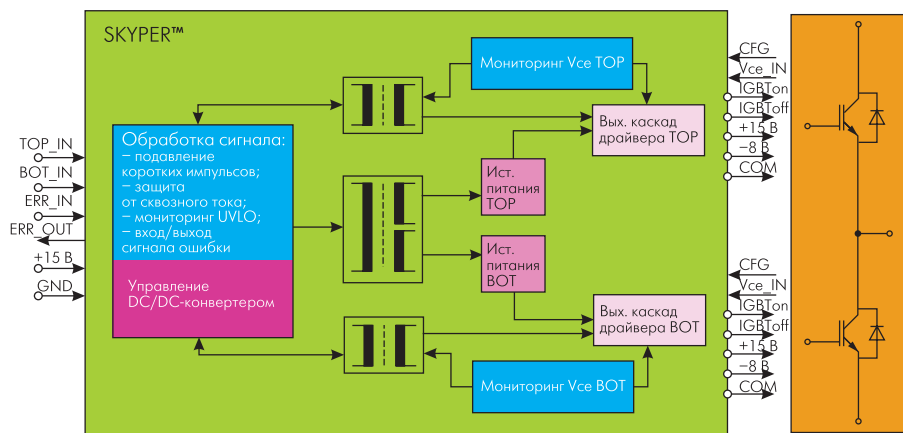


Рис. 6. Функциональная схема skyper

- заряд затвора управляемого транзистора — до 6,3 мкКл;
- рабочая частота — до 50 кГц;
- напряжение изоляции — 4 кВ;
- виды защиты: DESAT, UVLO, подавление коротких импульсов, программируемое время tdt.

Для работы драйвера SKYPER необходим один источник напряжения 15 В (двух полярное напряжение +15/-8 В, необходимое для питания выходных каскадов, вырабатывается встроенным изолированным DC/DC-конвертером). Изоляция входных логических сигналов (уровень напряжения управления — CMOS) осуществляется с помощью импульсных трансформаторов, обеспечивающих напряжение изоляции «вход — выход» 4 кВ. Передача сигналов управления с помощью трансформаторов, использование двунаправленных импульсных фильтров обеспечивает драйверу высокий иммунитет к наведенным со стороны выхода импульсным перенапряжениям со скоростью нарастания до 50 кВ/мкс. Кроме выполнения основных функций — управления затворами и формирования изолированных напряжений питания, SKYPER содержит следующий набор функций:

- защита от выхода транзистора из режима насыщения (DESAT);
- подавление коротких импульсов;
- формирование времени задержки переключения транзисторов полумоста (deadtime);
- защита от падения напряжения питания (UVP, UVLO);
- обработка и формирование сигнала неисправности. Защита от перегрузки с помощью мониторинга напряжения насыщения (V_{CEsat}) является наиболее известным и распространенным способом защиты. Контроль напряжения насыщения позволяет выявить перегрузку по току, вызванную замыканием нагрузки, пробоем выхода на корпус или сквозным током при открывании (или пробое оппозитного транзистора). Данный способ защиты является достаточно быстродействующим, не подверженным воздействию электромагнитных помех (как в случае индукционных датчиков тока), он не приводит к дополнительным потерям мощности, в отличие от схем защиты с использованием резистивных шунтов. При использовании данного типа защиты от перегрузки ее необходимо блокировать в течение некоторого времени T_b (в англоязычной литературе — blanking time) после подачи отпирающего напряжения на затвор тран-

зистора. Дело в том, что между моментом включения транзистора и его входом в насыщение существует задержка, равная сумме времени задержки включения t_{don} и времени включения t_r . Все это время на коллекторе присутствует достаточно высокое напряжение, которое может быть воспринято схемой защиты, как перегрузка по току. Необходимое время запрета зависит от типа транзистора, также как и требуемый уровень V_{CEsat} , при котором должно произойти отключение транзистора и который определяется по графику зависимости $V_{CE} = f(I_C)$. Для возможности «адаптации» схемы защиты SKYPER к параметрам

конкретного силового модуля и сокращения времени анализа аварийной ситуации используются подстроечные элементы, устанавливаемые на плате адаптера. Особенностью работы защиты DESAT драйвера SKYPER является динамическое опорное напряжение V_{CEref} , и сама идеология защиты, заложенная в SKYPER, носит название DSCP — Dynamic Short Circuit Protection. Графики, приведенные на рис. 7, показывают, как меняется опорное напряжение схемы защиты V_{CEref} при открывании транзистора (момент времени T_{on}) при нормаль-

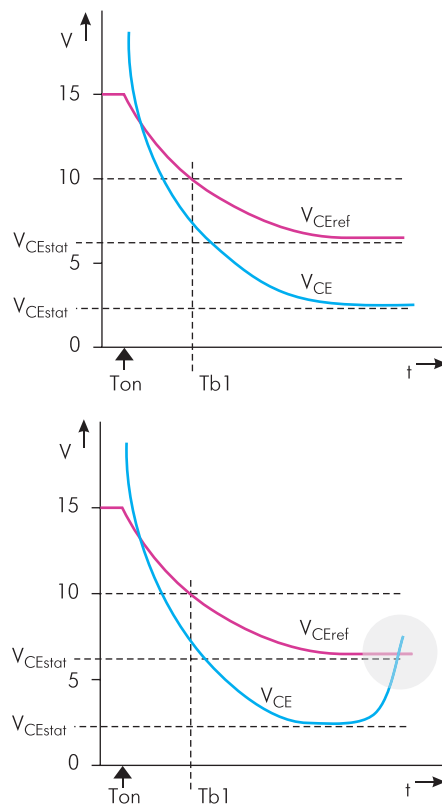


Рис. 7.

ной работе (А) и перегрузке (В). Динамический характер изменения опорного напряжения, согласованный с кривой спада напряжения «коллектор-эмиттер», позволяет сократить время реакции (уменьшить T_{bl}) и снизить риск ложных срабатываний. При отсутствии состояния перегрузки опорное напряжение схемы защиты и напряжение насыщения V_{CEsat} достигают установившегося значения V_{CEstat} . Время запрета срабатывания защиты (T_y на рис. 7) и постоянная времени изменения опорного напряжения могут регулироваться элементами, устанавливаемыми на плате адаптера. Таким образом, осуществляется оптимальное согласование характеристик защиты с параметрами силового модуля. На рис. 7б показано, что при возникновении аварийной ситуации напряжение V_{CEsat} сравнивается с опорным напряжением, после чего отключаются силовые транзисторы. Все основные функции SKYPER выполняются специализированной микросхемой (ASIC — Application Specific Integrated Circuit) SKIC 2001, разработанной и выпускаемой SEMIKRON для драйверов и интеллектуальных силовых модулей последних поколений. Двухканальная микросхема SKIC 2001 выполняет следующие функции:

- подавление шумовых импульсов;
- нормирование уровней и фронтов входных сигналов;
- мониторинг напряжения питания (защита UVLO);
- мониторинг сигналов ошибки;
- запрет одновременного включения транзисторов полумоста, формирование tdt ;
- управление встроенным изолированным DC/DC-конвертером.

Благодаря использованию специализированной интегральной схемы, количество дискретных компонентов SKYPER сведено к минимуму. Простота топологии и небольшое количество элементов обеспечивают высокую надежность и снижение стоимости устройства [3].

Модули SEMISTACK

В заключение хочу рассказать о готовой сборке SEMISTACK на основе модулей SEMiX. Компания SEMIKRON имеет большой опыт разработки законченных конструкторских решений на основе выпускаемых фирмой силовых модулей. Занимаясь проектированием силовых преобразователей почти 30 лет, компания имеет в своей базе более 2000 сборок,

что позволяет оперативно предлагать заказчику проверенное решение, прошедшее к тому необходимые испытания. Верная своим традициям, компания SEMIKRON разработала такие конструктивы и для своего новейшего модуля SEMiX (первый образец конструкции, представленный на рис. 8, был показан на выставке PCIM 2004). Конструктив SEMISTACK, построенный на основе последних разработок SEMIKRON, должен стать универсальной недорогой платформой для разработки мощных преобразовательных устройств для различных применений. Сборка может быть построена на основе модулей SEMiX 2, 3 или 4, отличающихся диапазоном рабочего тока.

Защитные и сервисные функции преобразователей на основе нового SEMISTACK обеспечиваются применением в сборке новейших драйверов SKYPER, осуществляющих управление силовыми модулями, гальваническую изоляцию сигналов управления, защиту от аварийных режимов и подавление шумовых сигналов. Важными особенностями модулей SEMISTACK на основе SEMiX и SKYPER является применение низкоиндуктивных планарных силовых шин, мониторинг напряжения DC-шины, наличие датчиков тока и температуры, использование высокочастотных снабберов. Предлагаемые компанией SEMIKRON готовые сборки SEMISTACK могут быть отнесены к изделиям «plug-and-play», поскольку они являются не только законченными конструктивно, но и протестированными по основным электрическим и тепловым параметрам. В них возможно использование двух типов охлаждения: принудительное воздушное и жидкостное в тех случаях, когда требуется максимальная эффективность при минимальных габаритах.

Заключение

Представленные на рынке IGBT модули и выпрямители Semix, драйвера к ним Skyper а также сборки на их основе позволяют разрабатывать преобразователи различной мощности с очень высоким показателем надежности продуманными входными и выходными цепями, исполнение драйвера позволяет ещё больше упростить конструкцию преобразователя.

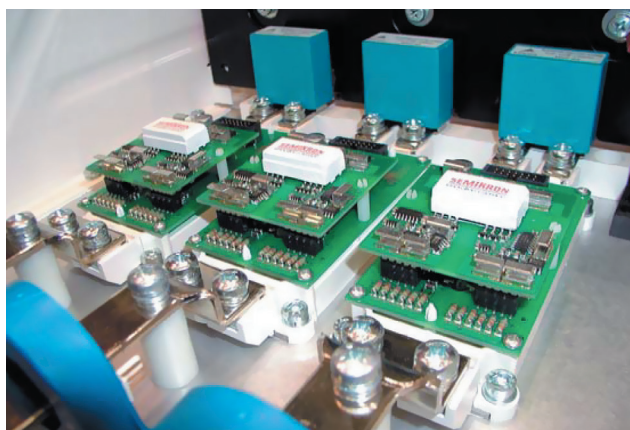


Рис. 8. Внешний вид 3-фазной сборки SEMiX 703 GB126HD + плата адаптера + SKYPER Pro

Литература

1. Колпаков А. Semix — мост между прошлым и будущим. Силовая электроника 2004. №4.
2. Колпаков А. О Семействе Semix и не только. Электронные компоненты 2007. № 6.
3. Колпаков А. SEMiX + SKYPER = Адаптивный интеллектуальный силовой модуль IGBT нового поколения. Силовая электроника 2004. №2.