



Константин Староверов

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ МОДУЛЕЙ IRAM

Линейка интегрированных силовых модулей IRAM производства *International Rectifier* дополнена новыми изделиями. Теперь модули охватывают более широкую область применения регулируемых электроприводов переменного тока и делают возможной реализацию более компактных и энергоэффективных систем управления.

В условиях жесткой конкуренции и непрерывного дорожания энергоресурсов производители бытовой техники находятся в постоянном поиске решений, направленных на улучшение ряда показателей выпускаемой ими продукции, в том числе себестоимости, надежности, безопасности, энергоэффективности, сервисных функций. Во многих случаях этого удастся добиться за счет применения регулируемого электропривода переменного тока, одной из составляющих частей которого является силовой инвертор напряжения. Именно в ответ на растущую потребность в таком электроприводе компанией International Rectifier и было создано семейство интеллектуальных силовых модулей IRAM, которые помимо силового инвертора содержат драйверный каскад и контрольные элементы. Использование модулей IRAM существенно облегчает проектирование регулируемых электроприводов, т.к. разработчик получает возможность сосредоточиться на основных задачах управления электродвигателем и не вникать при этом в тонкости реализации силового и драйверного каскадов. Детальный обзор многих модулей IRAM уже публиковался на страницах НЭ [1]. С тех пор их линейка пополнилась новыми представителями (см. таблицу 1), которые дают возможность создавать более компактные системы управления электродвигателями различных мощностей, от сотен ватт до единиц киловатт.

Двухамперные модули одно- и трехфазных инверторов

Широкое распространение в бытовой технике электроприводов мощностью менее 250 Вт (например, вентиляторы, насосы систем отопления или компрессоры холодильников) обусловило появление в линейке IRAM двухамперных модулей однофазного (IRAM109-015SD) и трехфазного (IRAM336-025SB) инверторов (см. рис. 1). Появление данных модулей стало настоящим «сломом традиций», ведь прежде в семейство IRAM входили исключительно модули трехфазных инверторов и исключительно на основе IGBT-транзисторов. Теперь же в качестве силовых коммутаторов используются силовые МОП-транзисторы и в линейке появился первый модуль для управления однофазными электродвигателями переменного тока. В принципе эта перемена традиций достаточно просто объясняется с технической точки зрения: просто стали актуальными те ниши, где на данный момент по совокупности параметров выгоднее использовать МОП-транзисторы. Именно такой нишей являются слаботочные применения, где МОП-транзисторы еще способны работать с повышенными напряжениями и, при этом, конкурируют по эффективности с IGBT-транзисторами. Двухамперные модули также стали первыми модулями IRAM, которые выпускаются в более компактном корпусе SIP-S. Этот корпус занимает в два раза меньшее пространство, чем корпус SIP1. Однако здесь

International IOR Rectifier

же необходимо указать на недостаток новых модулей: их контактирующая с теплоотводом металлическая пластина не является изолированной, а соединена с отрицательным полюсом питающей шины. Таким образом, при необходимости электрической изоляции теплоотвода потребуется установка дополнительной изоляционной прокладки.

Однофазный модуль IRAM109-015SD включает два силовых полумоста с драйверами затворов, а также элементы контроля тока (токовый шунт) и температуры (термистор). В отличие от многих модулей IRAM, ИС драйверов данного модуля не оснащены логикой защиты от токовой перегрузки. Взамен у них предусмотрен вход отключения /SD, который дает возможность внешней схеме, в случае выявления аварийной ситуации, быстро и одновременно отключить оба канала.

Внутренняя схема трехфазного модуля IRAM336-025SB тоже имеет свои особенности. Здесь ИС драйвера включает логику токовой защиты, но вот токовый шунт не предусмотрен. С другой стороны, это дает возможность использовать вход контроля тока ITRIP как вход отключения. Отключение силовых транзисторов происходит, если напряжение на этом входе превысит пороговое значение (0,48 В). Еще одной особенностью этого модуля являются соединенные вместе выводы EN (разрешение работы) и /F (выход с открытым стоком сигнализации аварийного режима). Они присутствуют на выводе 17 (FAULT/EN) модуля и дают возможность внешней схеме по одной и той же двунаправленной линии и контролировать состояние модуля, и, при необходимости, блокировать его работу.

Таблица 1. Модули IRAM

Наименование	Характеристика	Мощность ЭД, кВт	$V_{CES}/V_{BR(DSS)}$, В	I_o (25°C, rms), А	I_o (100°C, rms), А	P_D , Вт	Финим, кГц	Rш, мОм	Rt(25), кОм	$R_{th(j-c)}$, °C/Вт	Корпус	Размеры корпуса, мм
IRAM109-015SD	Модуль однофазного H-мостового инвертора	0,06...0,25	500	2	1	18	20	220	100	5,1	SIP-S	29,2x14,4x4,5
IRAM336-025SB	Модуль трехфазного инвертора	≤0,25	500	2	1	15	20	—	100	5,8	SIP-S	29,2x14,4x4,5
IRAM136-0461G	Модуль трехфазного инвертора и однофазного выпрямительного моста	0,1...0,3	600	3,6	2	16	20	340	22	6,6	SIP1	62x22,3x5
IRAMS06UP60A	Модуль трехфазного инвертора	0,10...0,50	600	6	3	20	20	—	100	4,2	SIP1	62x22,3x5
IRAMS06UP60B	Модуль трехфазного инвертора	0,10...0,50	600	6	3	20	20	50	100	4,2	SIP1	62x22,3x5
IRAMS10UP60A	Модуль трехфазного инвертора	0,40...0,75	600	10	5	20	20	—	100	4,2	SIP1	62x22,3x5
IRAMS10UP60B	Модуль трехфазного инвертора	0,40...0,75	600	10	5	20	20	33	100	4,2	SIP1	62x22,3x5
IRAM136-1060B	Модуль трехфазного инвертора	0,25...0,75	600	10	5	25	20	33	100	4,6	SIP05	44x26,5x5,5
IRAM136-1060BS	Модуль трехфазного инвертора	0,25...0,75	600	10	5	25	20	73	100	4,6	SIP05	44x26,5x5,5
IRAMX16UP60A	Модуль трехфазного инвертора	0,75...1,50	600	16	8	35	20	—	100	4,0	SIP2	62x29x5,5
IRAMX16UP60B	Модуль трехфазного инвертора	0,75...1,50	600	16	8	31	20	18	100	3,5	SIP2	62x29x5,5
IRAMX20UP60A	Модуль трехфазного инвертора	0,75...1,50	600	20	10	38	20	—	100	1,5	SIP2	62x29x5,5
IRAMY20UP60B	Модуль трехфазного инвертора	0,75...2,20	600	20	12,5	68	20	17	100	1,6	SIP3	78x31,6x6
IRAM136-3063B	Модуль трехфазного инвертора	≤3	600	30	15	73	20	9,6	100	1,5	SIP3	78x31,6x6
IRAM136-3023B	Модуль трехфазного инвертора	≤4	150	30	15	89	20	8,3	100	1,2	SIP3	78x31,6x6

Примечания:

1. Новинки выделены красным цветом.
2. Синим цветом отмечены наименования модулей, внутренняя схема которых существенно отличается от остальных.

10-амперные модули трехфазных инверторов

Прежде компания IR уже выпускала 10-амперные модули для управления трехфазными нагрузками IRAMS10UP60A и IRAMS10UP60B, различающиеся схемой соединения эмиттеров IGBT-транзисторов нижнего уровня. Теперь, линейка 10-амперных модулей расширена двумя новыми представителями IRAM136-1060B и IRAM136-1060BS, у которых эмиттеры транзисторов нижнего уровня, подобно IRAMS10UP60B, соединены вместе. Главным отличием и преимуществом новых модулей является их конструкция. Новые модули размещены в более компактном корпусе SIP05, занимаемое которым место примерно на 20% меньше, чем у корпуса SIP3. Применение более

компактного корпуса стало возможным благодаря замене NPT IGBT-транзисторов на более современные Trench IGBT, которые отличаются от прочих разновидностей IGBT-транзисторов меньшей площадью кристалла [2]. Однако платой за снижение размеров стало некоторое ухудшение характеристик суммарных потерь мощности, что ограничивает возможности использования модулей в применениях с близкой к максимальной (20 кГц) частоте коммутации. Например, при токе 7 А и частоте коммутации 20 кГц суммарные потери мощности новых модулей выше примерно на 40% относительно своих предшественников. При более низких токах и частотах коммутации соотношение потерь мощности менее существенно.

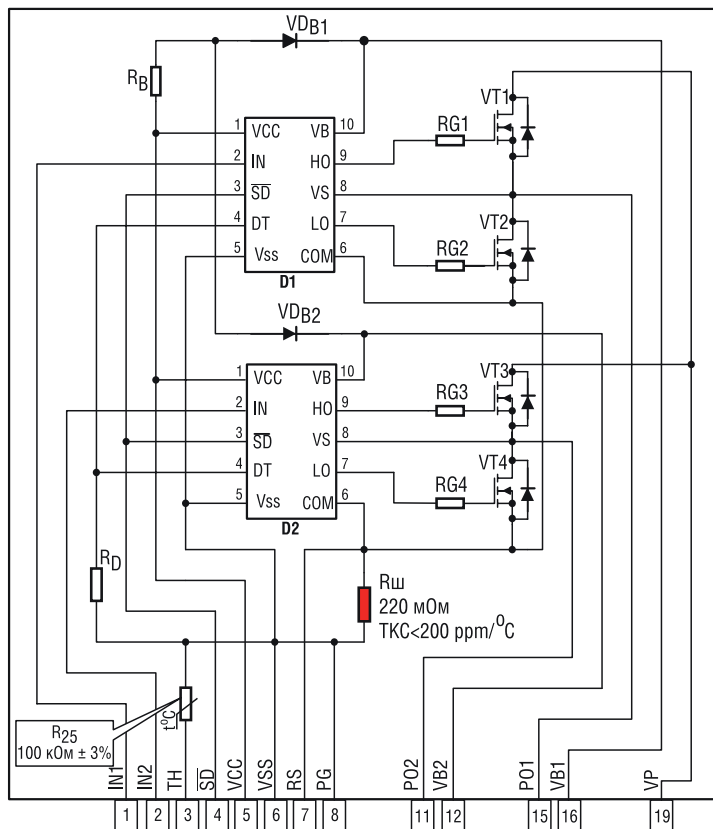
Новые модули также дают возможность снизить размеры и себестоимость конечного решения за счет снижения емкости внешних конденсаторов, используемых для формирования напряжения управления затворами IGBT-транзисторов верхнего уровня. Например, рекомендованное значение емкости этих конденсаторов при работе на частотах, близких к 20 кГц, составляет 1,5 мкФ у новых модулей и 2,2 мкФ у предшественников.

Несмотря на то, что для управления затворами транзисторов у новых и предшествующих модулей используются функционально-подобные ИС драйверов, изменения коснулись и этой части модуля. Самые главные отличия заключаются в том, что у новых модулей имеется два дополнитель-

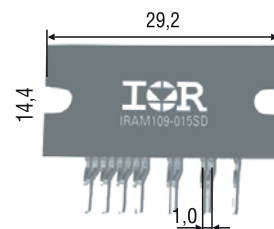
Особенности IRAM109-015SD

Интегрирует два МОП-транзисторных полумоста для управления однофазными двигателями мощностью 60...250 Вт (сеть – 85...253 В), драйверы затворов, токовый шунт, термистор

Внутренняя электрическая схема



Корпус SIP-S



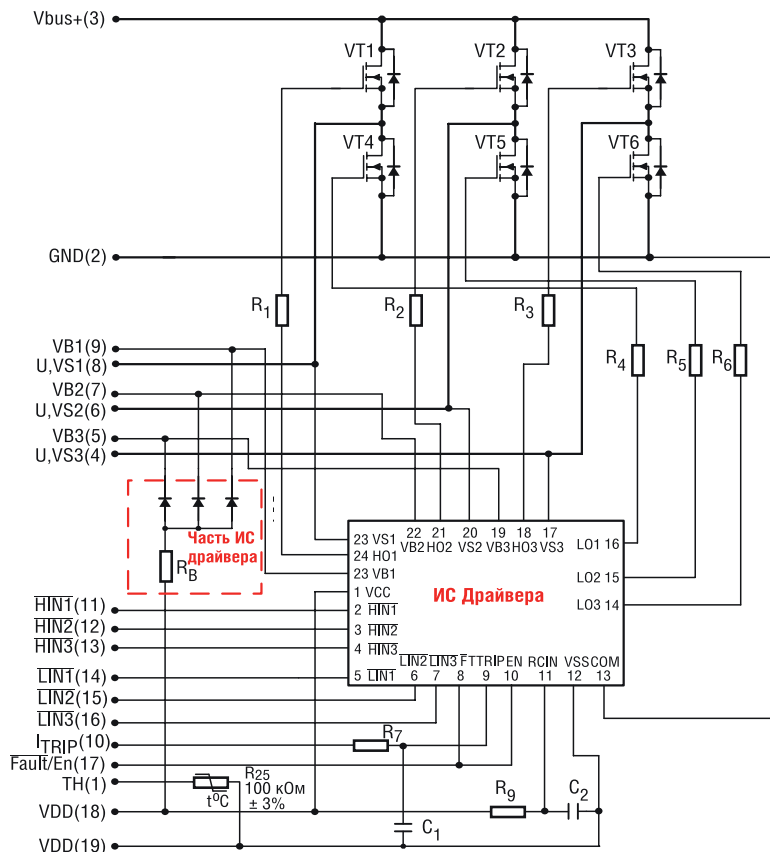
Тепловое сопротивление переход-корпус

MOSFET:
 $R_{th(J-C)} = 5,1...6,9 \text{ } ^\circ\text{C/Wt}$

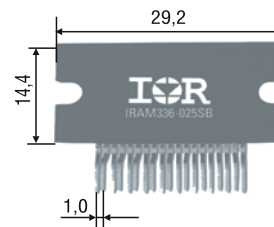
Особенности IRAM336-025SB

Интегрирует инвертор на МОП-транзисторах для управления трехфазными двигателями мощностью до 250 Вт (сеть – 85...253 В), драйверы затворов, термистор

Внутренняя элек рическая схема



Корпус SIP-S



Тепловое сопротивление переход-корпус

MOSFET:
 $R_{th(J-C)} = 5,8...8,0 \text{ } ^\circ\text{C/Wt}$

Рис. 1. Двухамперные модули одно- и трехфазных инверторов

ных вывода: ISD, который связан встроенным резистором с выводом ITRIP ИС драйвера, и RCIN, напрямую соединенный с одноименным выводом этой же ИС. Благодаря этому, применение модулей становится более гибким, так как появляются возможности регулировки уставки срабатывания токовой защиты и задержки перезапуска после выявления аварийного режима работы. У предшествующих модулей эти параметры были фиксированными. Уместно упомянуть, что именно диапазон регулировки уставки по току является единственным различием новых модулей IRAM136-1060B и IRAM136-1060BS. У модуля IRAM136-1060B уставка регулируется в пределах 15...20 А, а у IRAM136-1060BS — 7...9 А. Задержка перезапуска у предшествующих модулей фиксированная и составляет не более 8 мс, у новых же модулей ее можно увеличить до 32 мс. На рисунке 2 показана схема включения новых модулей, где выделено подключение регулировочных элементов. В их качестве выступают обычные резисторы, от величины сопротивления которых зависит значение уставки. Для выбора сопротивлений резисторов в документации на модули приводятся специальные графики. Граничные значения уставок можно задавать и без помощи резисторов. Если резистор задания уставки по току исключить из схемы, то уставка будет минимальной (15 А), а если замкнуть — максимальной (20 А). При исключении из схемы резистора регулировки задержки перезапуска ее величина будет составлять 32 мс. Закорачивание этого резистора недопустимо, т.к. его рекомендованное минимальное сопротивление ограничено значением 1 МОм (задержка около 4 мс).

Еще одно отличие новых модулей состоит в том, что входы подачи ШИМ-сигналов у них имеют прямую логику (активный уровень высокий), а у предшественников — инверсную (активный уровень низкий). В остальном, функции новых модулей, в т.ч. контроль тока и температуры, блокировка при снижении напряже-

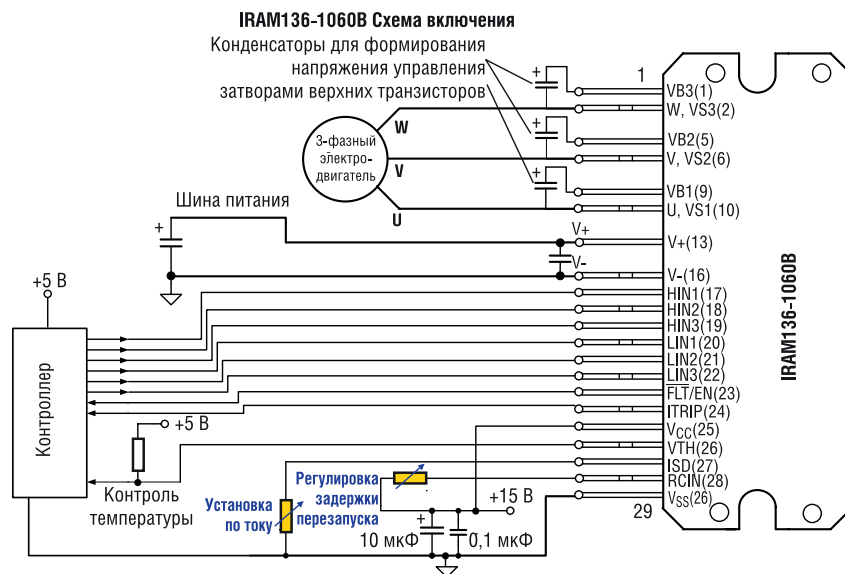


Рис. 2. Схема включения модуля IRAM136-1060B

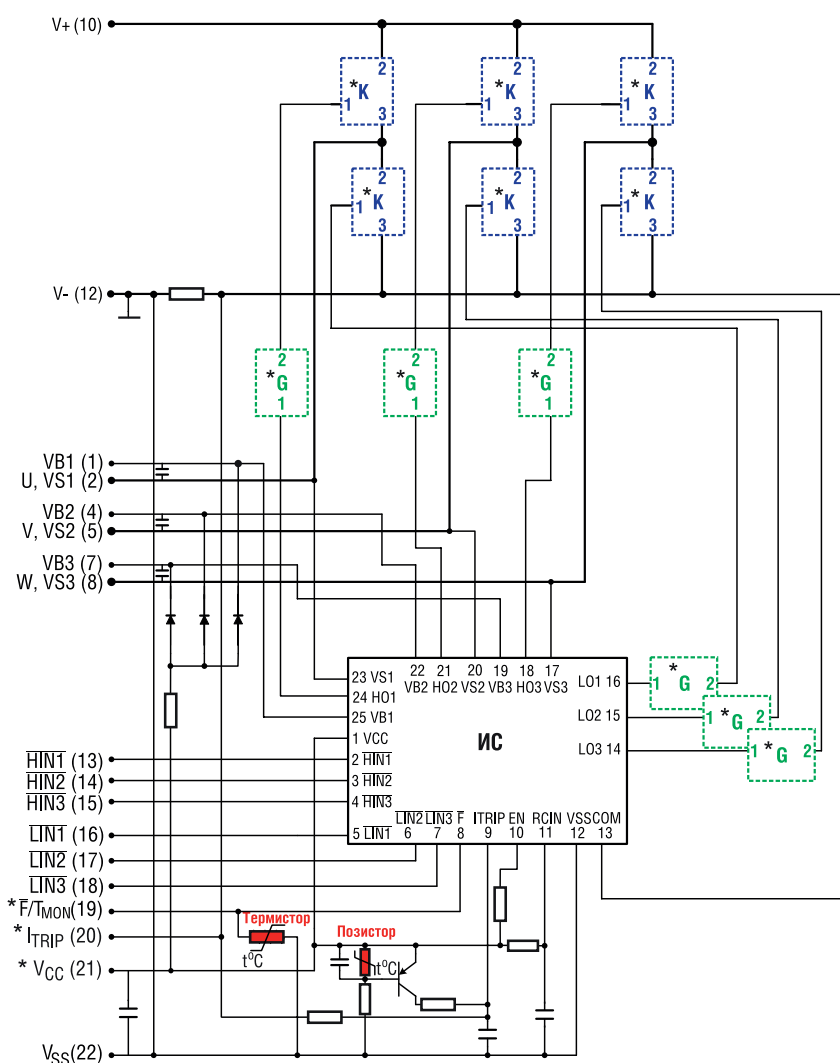
ния и исключение сквозной проводимости идентичны прежним.

30-амперные модули трехфазных инверторов

Линейка модулей IRAM теперь замыкается 30-амперными модулями трехфазных инверторов (предшествующие им модули являются 20-амперными). Таким образом, диапазон мощностей трехфазных электродвигателей, которыми могут управлять модули IRAM, расширен от 2,2 до 3 кВт при условии питания от сети переменного тока 220 В. Новые 30-амперные модули IRAM136-3023B и IRAM136-3063B выполнены по идентичной схеме (см. рис. 3). Их главное отличие заключается в типе используемого коммутатора и напряжении пробоя. Модуль IRAM136-3063B выполнен на основе Punch-Through IGBT-транзисторов, характеризующихся напряжением пробоя 600 В, а в более низковольтном модуле IRAM136-3023B используются силовые МОП-транзисторы (напряжение пробоя 150 В). Появление отдельного низковольтного модуля связано с тем, что современные силовоточные МОП-транзисторы, с одной стороны, отличаются меньшими потерями мощности по сравнению с IGBT-транзисторами, но, с другой стороны, не способны работать при столь же высоких напряжениях. Таким образом, реализация низковольтных и, при этом, силовоточных модулей с точки зрения эффективности

более выгодна с использованием МОП-транзисторов. Эта выгода особенно ощутима при работе с близкими к максимальным току и частоте преобразования (20 кГц). Например, суммарные потери мощности 600-вольтового модуля, работающего с током 18 А на частоте 20 кГц, будут составлять около 280 Вт. 150-вольтовый модуль в таких же условиях будет «терять» порядка 210 Вт. Такая экономия особенно важна в портативном электроинструменте с батарейным питанием, т.к., с одной стороны, снижаются размеры теплоотвода, а с другой, — более эффективно расходуется энергия батарейного источника, повышая длительность работы инструмента без перезаряда. Существенное различие в предельно-допустимом напряжении также отражается и на области использования модулей. Если 600-вольтовый модуль, как и большинство других модулей IRAM, рассчитан на применение в бытовом и промышленном электрооборудовании с питанием от сети переменного тока 220 В и для управления электродвигателями кондиционеров, компрессоров и т.п., то 150-вольтовый модуль больше ориентирован на применение в электроавтомобилях, портативном силовом электроинструменте и светотехнических системах с напряжением питающей шины 48...100 В постоянного тока.

Оба модуля размещены в корпусе SIP3, габаритные размеры ко-



*	K	G	(19)	(20)	(21)
IRAM136-3023B			F/TMON	ITRIP	VCC
IRAM136-3063B			FAULT	ISENSE	VDD

Рис. 3. Внутренняя электрическая схема модулей IRAM136-30xxB

торого составляют 78x31 мм (шаг выводов 2,54 мм). Независимо от того, что наименования некоторых выводов отличаются, их назначение идентично. Если сопоставить внутреннюю схему 30-амперных модулей с другими трехфазными модулями, то можно обнаружить два важных отличия.

- Вывод встроенного термистора и вывод сигнализации обнаружения аварийного режима у 30-амперных модулей соединены вместе. С одной стороны, такое решение экономит число линий ввода-вывода управляющего контроллера (вместо двух, одной аналоговой и одной цифровой, линий теперь

требуется только одна аналоговая линия), а с другой стороны, может потребоваться изменение кода программы, чтобы диагностировать активизацию вывода /FT ИС драйвера. Если использовать на этом совмещенном выводе рекомендуемый в документации подтягивающий резистор 12 кОм, то напряжение на нем будет варьироваться от 5 В при температуре -40°C до 0,5 В при температуре 150°C. Таким образом, более низкие напряжения на этом выводе можно интерпретировать, как срабатывание логики защиты ИС драйвера.

- Применена дополнительная температурная защита на основе

позистора, которая своим исполнительным элементом воздействует на вход контроля тока ITRIP ИС драйвера, вызывая срабатывание логики токовой защиты.

В остальном возможности этих модулей идентичны остальным трехфазным модулям IRAM.

Выводы

Таким образом, главными особенностями рассмотренных новинок являются более компактная конструкция и ориентация на новые сферы применения: бытовое электрооборудование с маломощным одно- или трехфазным электроприводом, электромобили, портативный силовой электроинструмент, светотехнические системы. Добиться столь существенного снижения габаритных размеров модулей стало возможным благодаря применению новых типов силовых коммутаторов, которым свойственна меньшая занимаемая кристаллом площадь. Кроме того, несмотря на использование функционально подобных ИС драйверов, вследствие применения различных схем их включения, имеются некоторые отличия в функциональных возможностях новых модулей.

Более детальную информацию по рассмотренным модулям IRAM можно найти на сайте производителя (www.irf.com) в разделе Motion Control → Intelligent Power Modules.

Литература

1. Башкиров В. IRAMxx – интеллектуальные силовые IGBT-модули для электропривода широкого применения // *Новости электроники*, №7, 2007 г. – С. 14-17.

2. Башкиров В. Транзисторы Trench IGBT шестого поколения // *Новости электроники*, №7, 2007 г. – С. 26-30.

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Людмила Горева

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: power.vesti@compel.ru