

Силовые полупроводниковые блоки компании ОАО «Электровыпрямитель» для мощных преобразователей электрической энергии

Power semiconductor assemblies from JSC «Electrovipryamitel» for high power converters of electric energy

Елисеев В.В., заместитель генерального директора ОАО «Электровыпрямитель» по науке
Мартыненко В.А., главный инженер НИЦ СПП ОАО «Электровыпрямитель»
Мускатиньев В.Г., начальник ОПП НИЦ СПП ОАО «Электровыпрямитель»
Толкачев С.И. (), заведующий сектором СБ НИЦ СПП ОАО «Электровыпрямитель»
Алешин В.С. (), инженер-конструктор НИЦ СПП ОАО «Электровыпрямитель»

Yeliseyev V.V., Deputy General Director JSC "Electrovipryamitel" of science
Martynenko V.A., Chief Engineer of Scientific Engineering Center JSC "Electrovipryamitel"
Muskatinev V.G., Department Chief of MOS devices, cooling systems and power assemblies JSC "Electrovipryamitel"
Tolkachev S.I., Chief of sector of power assemblies JSC "Electrovipryamitel"
Aleshin V.S., Design Engineer of Scientific Engineering Center JSC "Electrovipryamitel"

В публикации представлены основные конструкторские решения и особенности унифицированных силовых сборок, изготавливаемых ОАО «Электровыпрямитель» для комплектации преобразовательной техники

This paper presents main design decisions of the unified power assemblies made by JSC "Electrovipryamitel" for a complete set of converting equipment

Ключевые слова: силовой блок, силовой полупроводниковый прибор, охлаждающая система, преобразователь, выпрямитель, ключ, инвертор

Key words: power assembly, power semiconductor device, cooling system, converter, rectifier, switch, inverter

1. Введение

При всем многообразии выпускаемых сегодня преобразователей в них всегда присутствуют типовые силовые схемы, которые целесообразно использовать как отдельные законченные сборки, рассчитанные, в зависимости от применения, на различные рабочие напряжения и токовые нагрузки.

Построение силовых схем в виде готовых моноблоков позволяет достичь максимально высоких технических и массогабаритных показателей, а также обеспечить существенное снижение издержек в производстве и обслуживании преобразовательного оборудования.

2. Элементная база

Базовые силовые сборки состоят из силовых полупроводниковых приборов (СПП) в дискретном или модульном исполнении, теплоотводов с жидкостным и воздушным охлаждением, соединенные по стандартным схемам. Кроме того, ОАО «Электровыпрямитель» выполняет заказы на законченные блоки любой конфигурации, а также эксклюзивные поставки нестандартных силовыхборок, в том числе с использованием теплоотводов индивидуальной конструкции.

В зависимости от требований потребителей, силовые блоки могут поставляться с вентиляторами, снабженными элементами и теплопроводящими (для СПП таблеточной конструкции) изоляторами, датчиками тока и температуры, драйверами управления и пр. Имеется возможность поставки тиристорных и симисторныхборок с опторазвязкой силовых и управляющих схем, комплектации защитных цепей мощными низкоиндуктивными резисторами и симметричными высокоэффективными ограничителями напряжения собственного изготовления.

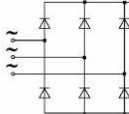
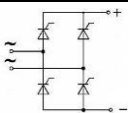
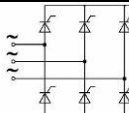
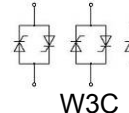
В силовых блоках используются полупроводниковые приборы производства ОАО «Электровыпрямитель», в том числе, мощные диоды, тиристоры, триаки, IGBT и SFRD модули и другие СПП на токи в диапазоне от 10 до 10000 А, напряжение от 200 до 7000 В.

Для блоков на основе приборов штыревой и таблеточной конструкций производятся воздушные и жидкостные теплоотводы с односторонним и двухсторонним способами охлаждения (более 60 типов), с системами прижима и контроля усилий сжатия, крепежом, шинами и прочими аксессуарами. Максимальная мощность рассеивания, достигнутая на теплоотводах воздушного и жидкостного охлаждения, составляет соответственно 2,0 и 10 кВт.

3. Основные конструкции силовых блоков и их назначение

Основные конструктивные исполнения силовых выпрямительных блоков и ключей переменного тока на основе биполярных приборов выполняются по электрическим схемам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Исполнение блока	Однофазный	Трехфазный
Выпрямитель неуправляемый	 B2U	 B6U
Выпрямитель управляемый	 B2C	 B6C
Ключ переменного тока	 W1C	 W3C

Для рассмотрения особенностей силовых блоков с воздушным охлаждением целесообразно условно их разделить на две группы: блоки на основе силовых беспотенциальных модулей и блоки с применением дискретных СПП.

Базовая конструкция выпрямительных блоков В6U и В6С и ключа переменного тока W3C выполнена на основе одной охлаждающей системы О55 (рис. 1) и трех двухключевых беспотенциальных модулей. Эти блоки рассчитаны на рабочие токи до 400 А и напряжение 400 В.



а)



б)

Рисунок 1 – Базовая конструкция выпрямителя (а) и ключа переменного тока (б) с охлаждающей системой О55

Конструкция таких блоков поддерживает два способа охлаждения: воздушное естественное и воздушное принудительное. Длина охладителей варьируется в зависимости от величины рассеиваемой мощности. Блоки оснащаются комплектом силовых шин. Для защиты полупроводниковых приборов от перенапряжений применяются RC-цепи, для защиты от перегрева – термореле или термодатчики, установленные на охладители. Места установки термочувствительных элементов на охладители определяются по результатам моделирования тепловых процессов и измерений температур полупроводниковых ключей в предельных режимах работы блоков (рисунок 2).

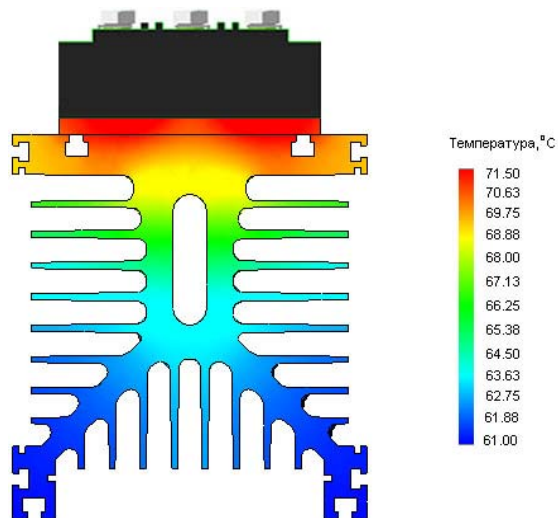
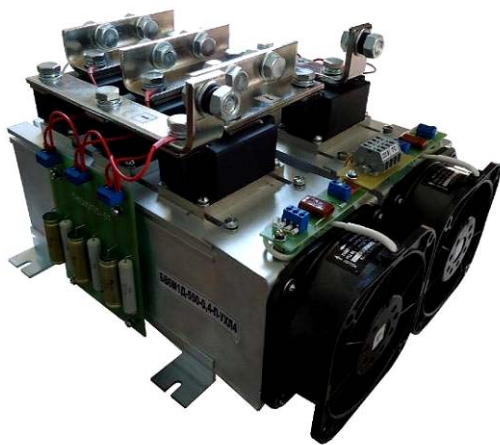
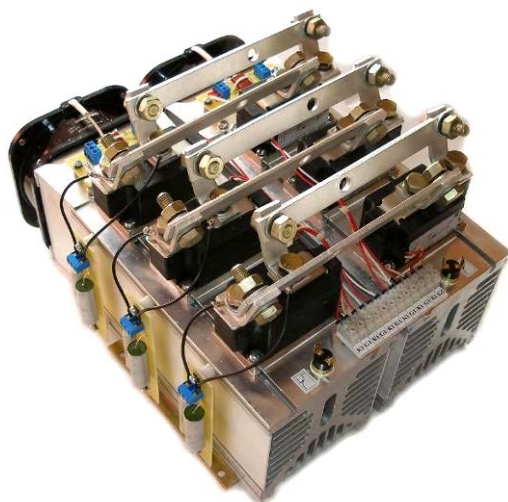


Рисунок 2 – Пример результатов теплового расчета охладителя О55 с беспотенциальным модулем

На основе базовой конструкции системы охлаждения О55 разработаны силовые блоки выпрямителей В6U и В6С (рис. 3, а) и ключа переменного тока W3C (рис. 2, б), рассчитанные на максимальный ток до 700 А, напряжение 400 В.



а)



б)

Рисунок 3 – Силовые блоки выпрямителя (а) и ключа переменного тока (б) с двумя охлаждающими системами О55

Данные блоки выполнены на шести одноключевых беспотенциальных модулях и двух охлаждающих системах О55. Блоки комплектуются защитными RC-цепями и двумя термореле (по одному на каждый охладитель).

Более мощные выпрямительные блоки В6U и В6С собираются на трех охлаждающих системах О55 (рисунок 4). Максимальный выпрямленный ток таких блоков достигает 1000 А. Данная система выполнена на шести одноключевых беспотенциальных модулях. Вентиляторы блока питаются от однофазного напряжения 220 В через индивидуальную плату питания. Блок может комплектоваться дополнительно плавкими предохранителями для защиты полупроводниковых приборов от короткого замыкания в цепи нагрузки.

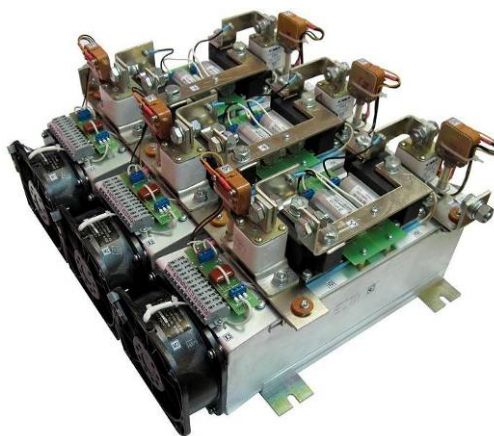


Рисунок 4 – Силовой блок выпрямителя с тремя охлаждающими системами О55

Для работы на повышенных мощностях разработаны силовые блоки на базе таблеточных силовых полупроводниковых приборов. Трехфазные выпрямители В6U и В6С выполнены на охлаждающей системе О153 (рисунок 5). Данная конструкция является базовой для таблеточных приборов с диаметром выпрямительного элемента до 56 мм. Максимальный выпрямленный ток такой конструкции 3000 А. Здесь каждый полупроводниковый прибор имеет индивидуальный двусторонний охладитель типа О153. Данная конструкция рассчитана на принудительное воздушное охлаждение, которое осуществляется с помощью трех вентиляторов. Канал охлаждения – общий для всех приборов. Силовые шины объединяются по схеме за пределами воздушного канала. В состав блока входят три термореле, расположенные в наиболее горячих точках охладителя с торца блока. Крепление данной конструкции осуществляется с помощью четырех изоляторов, вмонтированных в крайние охладители.



Рисунок 5 – Силовой блок выпрямителя с охлаждающей системой О153

Особенностью конструкции сборок на основе таблеточных СПП является наличие потенциала на охладителях, что предполагает необходимость обеспечения изоляции дополнительными средствами у потребителя.

Для сверхмощных применений таблеточных приборов с диаметрами выпрямительных элементов 63÷76 мм разработана базовая конструкция силовых блоков на охлаждающей системе O173 с литыми изоляционными панелями из негорючей пластмассы (рисунок 6), рассчитанная на ток до 5000 А. В этой охлаждающей системе применены охладители O173 или O273. В данном блоке для создания необходимого воздушного потока используются два вентилятора на один охладитель. Защитные RC-цепи располагаются на боковой стенке блока. Еще одной функциональной особенностью изоляционных панелей является возможность соединения нескольких одиночных блоков между собой. Это позволяет на основе базового блока собирать одно и трехфазные ключи переменного тока (рисунки 7 и 8, соответственно). Изоляционные панели имеют крепежные элементы, с помощью которых осуществляется крепление блока внутри шкафа преобразователя.

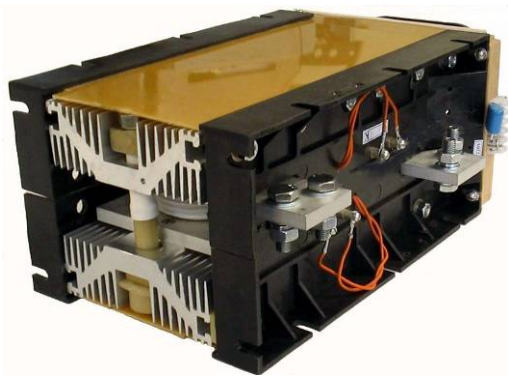


Рисунок 6 – Базовая конструкция силового блока на охлаждающей системе O173

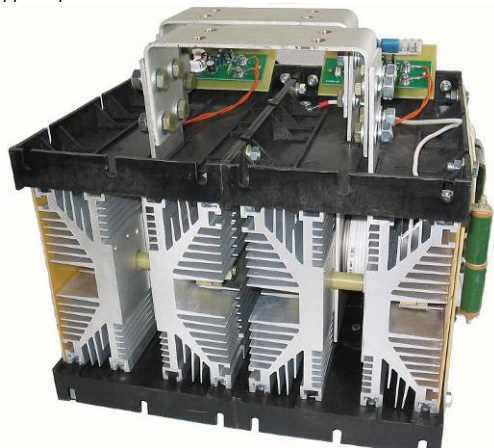


Рисунок 7 – Силовой блок однофазного ключа переменного тока с применением двух охлаждающих систем O273



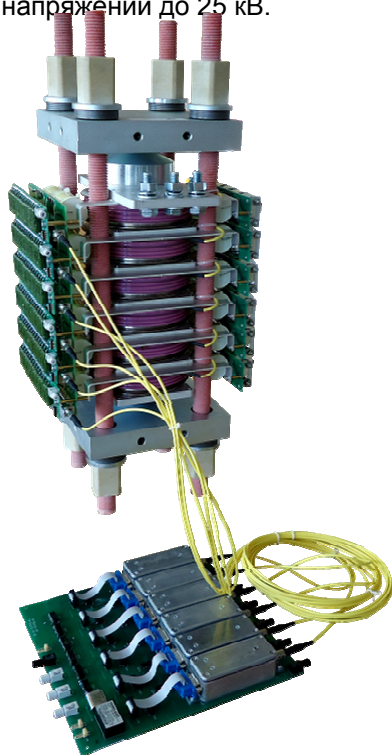
Рисунок 8 – Силовой блок трехфазного ключа переменного тока с применением трех охлаждающих систем O273

Кроме этого, для обеспечения максимальных рабочих токов, существует ряд конструкций выпрямительных силовых блоков с применением жидкостного охлаждения таблеточных приборов (рисунок 9). В данном случае каждый полупроводниковый прибор имеет индивидуальный двусторонний охладитель типа OM107. Полупроводниковые приборы вместе с охладителями и силовыми шинами стянуты попарно на одном основании. Между выходными шинами и элементами стяжки установлены изоляторы. Выходные шины объединяются, образуя трехфазный выпрямитель В6U. Номинальный ток при длительной эксплуатации такого выпрямителя со

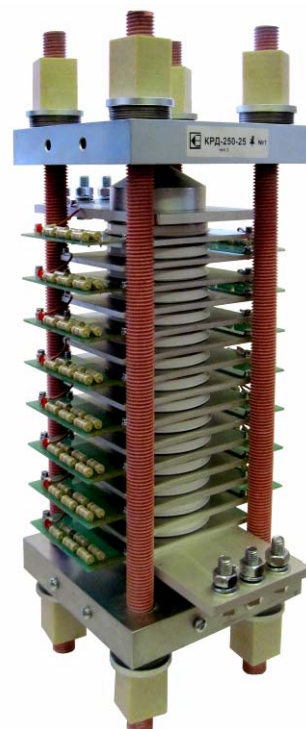


Рисунок 9 – Силовой блок трехфазного выпрямителя с применением жидкостного охлаждения

Для формирования коротких импульсов тока большой энергии мы изготавливаем силовые блоки коммутаторов импульсного применения на основе фототириستоров и реверсивно-включаемых динисторов (рисунок 10). Данные конструкции выполняются по принципу классических высоковольтных столбов с последовательным соединением полупроводниковых приборов с дополнительными промежуточными шинами, без охлаждающих систем. В конструкции блоков коммутаторов входят защитные снабберные платы, и платы контроля состояния полупроводниковых приборов, установленные на промежуточных шинах. Блоки коммутаторов на основе фототиристоров комплектуются оригинальными драйверами управления. Система стяжки позволяет стягивать в столб до 15 полупроводниковых приборов и обеспечивать равномерное распределение усилия сжатия между ними. Блоки коммутаторов на основе фототиристоров позволяют формировать импульсы тока амплитудой до 100 кА длительностью 800 мкс, при номинальном рабочем напряжении до 12 кВ. Блоки коммутаторов на основе РВД позволяют формировать импульсы тока амплитудой до 300 кА длительностью 0,5 мс, при номинальном рабочем напряжении до 25 кВ.



а)



б)

Рисунок 10 – Силовые блоки коммутаторов на основе фототиристоров (а) и на основе РВД (б)

Для коммутации и регулирования постоянного тока, а так же для построения инверторов нашим предприятием разрабатываются и изготавливаются силовые блоки на основе IGBT модулей (рисунок 11). В конструкцию блоков входят охлаждающие устройства типа О56, О57, О58 с каналом охлаждения и центробежными вентиляторами. Длина охладителя варьируется в зависимости количества модулей и рассеиваемой ими мощности. Силовой блок в зависимости от назначения может комплектоваться выпрямительными мостами, блоками конденсаторов, платами драйверов, защитными снабберными цепями, устройствами защиты от Г

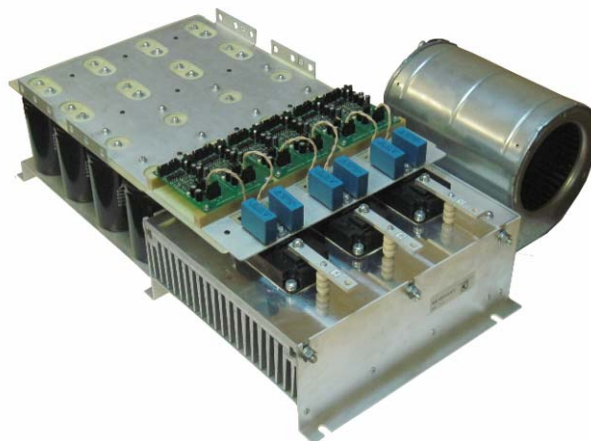


Рисунок 11 – Силовой блок DC-AC инвертора на основе IGBT модулей

Заключение

ОАО «Электровыпрямитель» предлагает разработчикам устройств силовой электроники широкие возможности по расчету, проектированию и поставкам силовых блоков. Благодаря блочной конструкции основных элементов преобразователей, их унификации и конструктивной гибкости, совместимости с различным дополнительным оборудованием, наши силовые сборки находят применение в различных областях промышленности, энергетике, научно-исследовательских проектах, в том числе, международных. И практически полностью покрывают все технические требования заказчиков. Индивидуальный подход к каждому заказу позволяет разрабатывать устройства, не имеющие аналогов с функциональными возможностями необходимыми заказчику.

Библиографический список

1. Мартыненко В.А., Чумаков Г.Д. Новые высоко-мощные диоды и тиристоры для промышленности, транспорта и энергетики// Силовая электроника. 2005. № 1.
2. ОАО «Электровыпрямитель». Силовые блоки// HiT: Разработки в электронике. 2004. № 4.
3. Масленников В.И., Мартыненко В.А., Толкачев С.И., Биктиев Р.Ш., Чумаков Г.Д. Силовые блоки на основе мощных диодов и тиристоров// HiT: Разработки в электронике. 2006. № 3.
4. Пустыльняк И.А., Толкачев С.И., Мускатиньев В.Г., Мартыненко В.А. Серия силовых интеллектуальных сборок на основе биполярных полупроводниковых приборов//Силовая электроника. 2012. № 3.

Контактная информация: тел./факс:
(8342) 48-07-33 доб. 34, 27-02-83, e-mail:
el.press@mail.ru , martin@moris.ru ,
nicpp@saransk-com.ru