

# Силовые блоки на основе мощных диодов и тиристоров

## Часть 1. Выпрямители. Ключи переменного тока

**В статье представлены результаты работы, проводимой в ОАО «Электровыпрямитель» в области конструирования и производства силовых сборок, выполненных по стандартным схемам преобразования электрической энергии.**

**Валерий Масленников,  
Валентин Мартыненко,  
Станислав Толкачев,  
Рафаэль Биктиев,  
Геннадий Чумаков**

martin@moris.ru

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 отдельных моноблоков позволяет достичь максимально высоких технических и массогабаритных показателей, а также обеспечить существенное снижение издержек в производстве и обслуживании преобразовательного оборудования.

ОАО «Электровыпрямитель» обладает более чем 40-летним успешным опытом проектирования и производства силовых полупроводниковых приборов (СПП), охладителей и преобразовательных устройств для многих областей применения. Это дает возможность предложить заказчику разнообразные технические решения в области силовых схем — от простейших выпрямительных мостов до сложных преобразователей мощности мультимегаваттного диапазона.

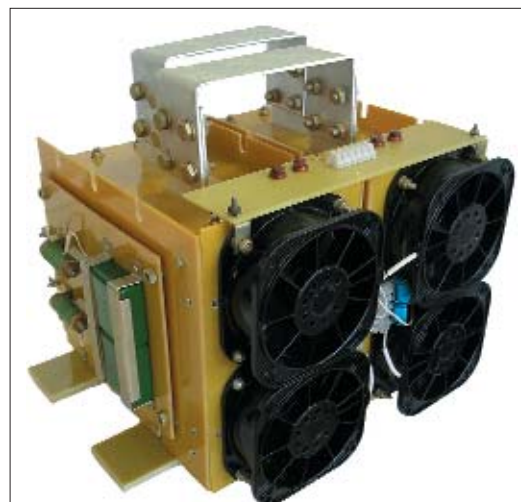
Базовые силовые сборки предприятия состоят из мощных полупроводниковых приборов в дискретном или модульном исполнении, теплоотводов с жидкостным и воздушным охлаждением, соединенных по стандартным схемам: В2U, В2НК, В2С, В6U, В6НК, В6С, W1С, W3С2, W3С и др. Кроме того, мы поставляем законченные блоки любой конфигурации, выполняем эксклюзивные заказы на нестандартные конструкции силовых сборок, в том числе с использованием нестандартных теплоотводов.

По требованию заказчика силовые блоки могут поставляться с вентиляторами, снабженными элементами и изоляционными теплопроводящими (для СПП таблеточной конструкции) элементами, датчиками тока и температуры, драйверами управления и пр. Есть возможность поставки тиристорных и симисторных сборок с опторазвязкой силовых и управляющих схем; комплектации защитных цепей низкоиндуктивными кремниевыми резисторами и симметричными высокоэффективными ограничителями напряжения собственного изготовления.

Ряд применяемых в силовых блоках полупроводниковых приборов производства ОАО «Электровыпрямитель» включает в себя мощные диоды, тиристоры, триаки, IGBT-компоненты и другие СПП на токи в диапазоне от 10 до 6300 А, напряжение от 200 до 6500 В. Предприятие производит также большую серию охлаждающих устройств, применяемых в силовых сборках, для всех типов выпускаемых СПП.

Для приборов штыревой и таблеточной конструкций производятся воздушные и жидкостные теплоотводы с односторонним и двухсторонним способами охлаждения (всего 57 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 5,5 кВт.

Один из вариантов конструкции силовых блоков с применением мощных таблеточных тиристоров типа Т163-1000-42 и охладителей типа ДЖИЦ 432275.014 [1] показан на рис. 1. Он представляет собой силовую сборку, состоящую из двух автономных субблоков с воздушным принудительным охлаждением.



**Рис. 1.** Силовой блок однофазного ключа переменного тока

В данной конструкции реализован однофазный ключ переменного тока на действующий ток 1400 А, напряжение 3500 В. Силовые блоки оснащаются R-С-цепями для обеспечения надежного включения тиристоров и защиты от перенапряжений. С помощью этих блоков легко собирается соответствующий многофазный ключ с теми же выходными параметрами, который может быть использован, например, в компенсаторах реактивной мощности. На основе этих же блоков можно собрать любую другую из перечисленных выше стандартных силовых схем, к примеру, мощный управляемый трехфазный выпрямительный мост для электропривода постоянного тока прокатного стана или для других применений.

Достаточно просто решается конструкция силового блока на основе плоских водяных охладителей разработки ОАО «Электровыпрямитель» и мощных таблеточных СПП, где все элементы схемы собраны в единый блок с общим прижимным устройством. Варьируя количество СПП и охладителей, их пространственное расположение относительно друг друга, можно реализовать практически все стандартные силовые схемы в широком диапазоне мощностей — от высоковольтных диодных или тиристорных столбов до многофазных схем выпрямления и ключей переменного тока.

На рис. 2 представлен один из таких блоков, выполненный по схеме однофазного моста, с применением жидкостных теплоотводов ДЖИЦ 432281.011-01 [1] и тиристоров Т173-4000-10, рассчитанный на выходные токи до 3000 А.

При необходимости приборы могут быть электрически изолированы от охлаждающих устройств с помощью выпускаемых предприятием изоляционных теплопроводящих элементов.

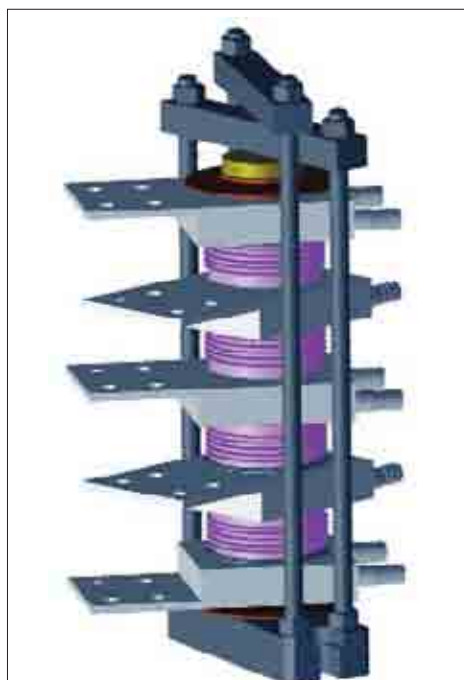


Рис. 2. Пример применения плоских жидкостных охладителей ДЖИЦ 432281.011-01 с тиристорами Т173-4000 при реализации силового блока по схеме однофазного выпрямительного моста

Весьма перспективными силовыми блоками в диапазоне преобразуемых мощностей от 5 до 400 кВт являются диодно-тиристорные сборки на основе беспотенциальных модулей [2]. ОАО «Электровыпрямитель» выпускает сегодня большую серию силовых энерготермостойких диодно-тиристорных модулей прижимной конструкции с шириной медного основания 20, 34, 50, 60 и 70 мм; специально для этой серии были разработаны высокоэффективные охлаждающие устройства, в том числе предусматривающие групповое размещение модулей. Конструкция таких охлаждающих устройств зависит от электрической схемы и мощности силового блока, типа и количества применяемых модулей.

На рис. 3 показан силовой блок трехфазного регулируемого выпрямителя на ток 246 А, напряжение 0,4 кВ, с применением трех двухключевых тиристорных модулей типа М2Т-160 и нового охладителя типа 055, который по эффективности теплосъема и габаритно-присоединительным размерам полностью соответствует аналогичным теплоотводам, выпускаемым фирмами Fischer, Semikron, Eures.



Рис. 3. Силовой блок трехфазного выпрямительного моста

Оптимальная длина охладителя для каждого конкретного случая рассчитывается с использованием трехмерного моделирования распределения тепла в силовом блоке (рис. 4) при заданных заказчиком режиме токовой нагрузки и условиях охлаждения модулей. На каждом блоке устанавливаются термореле и снабберные цепи.

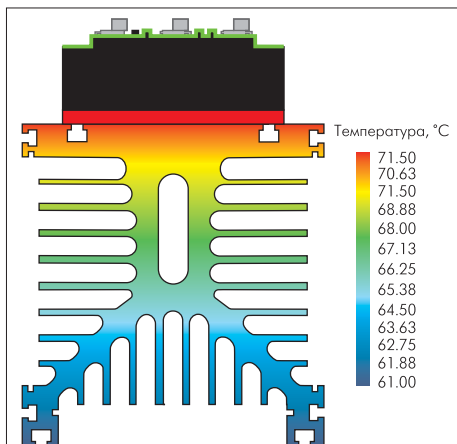


Рис. 4. Пример пространственного распределения температуры в силовом блоке трехфазного выпрямительного моста при мощности потерь в модуле 200 Вт и естественном охлаждении



Рис. 5. Силовой блок реверсивного трехфазного тиристорного моста

Блоки такой конструкции предназначены для устройств плавного пуска и управления скоростью вращения электродвигателей постоянного тока, регуляторов температуры и освещенности, электросварки, индукционного нагрева, гальваники, источников бесперебойного питания. Особенности конструкции блоков: компактные, легкие, беспотенциальный охладитель, высокая плотность мощности на единицу объема, высокая надежность при работе в тяжелых режимах циклических нагрузок.

Если общая токовая нагрузка превышает допустимый отвод тепла от элементов схемы, то на одном охладителе монтируется плечо схемы, а все силовое устройство компактно размещается на общей несущей плите. Этот случай представлен на рис. 5, где изображен силовой блок реверсивного трехфазного тиристорного моста для мощного тягового электропривода постоянного тока. Здесь используются 12 тиристорных модулей типа М1Т-630-12 и моноплиты, аналогичные охладителю 055. Основные технические характеристики и параметры силового блока реверсивного моста представлены в таблице.

Таблица

Наименование параметра	Величина
Питающая сеть:	
Номинальное напряжение (линейное), В	380
Частота, Гц	50
Число фаз	3 + нейтраль
Выходные параметры:	
Ток, А	900
Напряжение, В	0–400
Наличие реверса	имеется
Габариты, мм	450×600×300
Масса, кг	45
Охлаждение	принудительное
Скорость потока воздуха, м/сек	6,0
Режим работы	продолжительный

На предприятии проводится разработка эффективных воздушных охладителей в виде моноплит шириной 260 мм и более для сложных и мощных преобразовательных устройств, силовые блоки которых также включают в себя (помимо схемы выпрямления) IGBT-инверторы.

#### Литература

1. Мартыненко В. А., Чумаков Г. Д. Новые высокоомощные диоды и тиристоры для промышленности, транспорта и энергетики // Силовая электроника. 2005. № 1.
2. ОАО «Электровыпрямитель». Силовые блоки // НИТ Разработки в электронике. 2004. № 4.