

# Новые высокоомощные диоды и тиристоры

## для промышленности, транспорта и энергетики

**ОАО «Электровыпрямитель» освоило производство и приступило к выпуску высокоомощных диодов и тиристоров таблеточной конструкции для преобразовательного оборудования, используемого в промышленности, энергетике, транспорте, металлургии, на крупных объектах коммунального хозяйства и др. Новые приборы изготавливаются на основе кремниевых структур диаметром от 63 до 101 мм, собираются в металлокерамические корпуса и предназначены для эксплуатации во всех климатических зонах России, а также в районах с холодным и тропическим климатом.**

**Валентин Мартыненко,  
Геннадий Чумаков**

martin@moris.ru

### Тиристоры

Предприятие выпускает широкий ряд приборов с напряжением от 600 В до 6,5 кВ, которые работают в силовых схемах с питающим напряжением от 230 до 1000 В и более.

Разработаны серии тиристоров как для **низковольтных**, так и для **высоковольтных** применений. Они наиболее полно учитывают режимы работы и условия эксплуатации у различных потребителей.

Электрофизические параметры и конструкция кремниевых структур тиристоров спроектированы для достижения оптимального баланса между потерями во включенном состоянии и динамическими потерями. Это позволяет эффективно управлять максимальными мощностями в диапазоне частот от 50 до 400 Гц.

Тиристоры имеют разветвленную топологию управления четырехслойной структурой с внутренним усилением сигнала управления и эффективную шунтировку катодного эмиттера, что обеспечивает прибору быстрое и однородное включение, длительную эксплуатацию в режиме высоких скоростей коммутации анодного тока ( $\geq 200$  А/мкс) и напряжений ( $\geq 1000$  В/мкс).

Применение радиационно-легированного кремния, патентованная технология управления диффузионными профилями и временем жизни неосновных носителей заряда в технологическом цикле изготовления тиристоров позволили минимизировать технологический разброс выходных параметров, таких, как  $U_{TM}$ ,  $t_{q}$ ,  $Q_{RR}$ ,  $I_{RR}$ ,  $t_{RR}$  и полностью удовлетворить требования потребителей при поставках приборов, предназначенных для работы в схемах с последовательным и параллельным соединением.

Диоды и тиристоры ОАО «Электровыпрямитель» имеют высочайшую стабильность прямых падений напряжений, что гарантирует им точный подбор для параллельной работы и высокую симметрию токов в силовых ветвях преобразователей на весь период эксплуатации. Приборы обладают повышенной механи-

ческой прочностью, они надежно работают при воздействии вибрационных нагрузок в диапазоне частот 1–2000 Гц с ускорением 200 м/с<sup>2</sup>, одиночных и многократных ударов с ускорением соответственно 10000 и 1500 м/с<sup>2</sup>, могут без повреждений выдерживать значительные перекосы сжимающих усилий, которые зачастую имеют место в реальной эксплуатации.

**Низковольтное применение** — электролиз цветных металлов, электрохимия, компенсаторы реактивной мощности с напряжением до 3 кВ, индукционный нагрев, электроприводы постоянного тока, плавный пуск асинхронных двигателей, преобразователи для питания тяговых двигателей магистральных и карьерных электровозов и другие мощные источники постоянного тока.

Здесь используются тиристоры с рабочим напряжением от 200 В до 3,4 кВ, токами до 5,5 кА и временем выключения от 63 мкс (табл. 1).

**Высоковольтное применение** — преобразователи линий электропередач постоянного тока, мощные высоковольтные статические компенсаторы реактивной энергии, выпрямители систем возбуждения мощных турбо- и гидрогенераторов, электроприводы и плавный пуск высоковольтных электродвигателей постоянного и переменного тока, преобразователи тяговых подстанций, различные высоковольтные ключи переменного тока и пр.

Для этих преобразователей поставляются тиристоры с напряжением от 3,6 до 6,5 кВ, токами до 3,2 кА и временем выключения от 250 мкс (табл. 2).

При необходимости ОАО «Электровыпрямитель» может разработать и поставить силовые диоды и тиристоры с рабочим напряжением до 8,0 кВ.

Анализ результатов многолетней эксплуатации тиристоров предыдущих поколений, а также проводимые на предприятии исследования надежности силовых полупроводниковых приборов позволяют по требованиям потребителей производить поставки мощных таблеточных тиристоров с увеличенным сроком службы (25 лет и более).

Таблица 1

Тип	$V_{DRM} - V_{RRM}, В$	$I_{T(AV)}, А$		$I_{TSM} (10 мс), кА$	$V_{T(ТО)}, В$	$r_{Tr} мОм$	$t_{qf} мкс$	$T_{imax}, °C$	$R_{th(j-c)}, °C/Вт$	Рисунок
		$T_c=70 °C$	$T_c=85 °C$							
T163-2500	200-800	3190	2680	50	0,82	0,07	63-125	140	0,016	1
T163-2000	400-1200	2510	2050	40	0,85	0,103	80-160	130	0,016	
T163-1600	1400-1800	2020	1615	35	0,95	0,15	100-200	125	0,016	
T163-1250	2000-2600	1610	1300	25	1,05	0,27	160-320	125	0,016	
T263-1000	2800-3200	1420	1150	20	1,15	0,36	200-400	125	0,016	
T173-5000	200-800	5590	5080	66	0,85	0,042	63-125	150	0,010	2
T173-4000	200-1000	4770	4020	62	0,84	0,053	63-125	140	0,010	
T173-3200	200-1200	4110	3350	60	0,83	0,062	80-160	130	0,010	
T173-2500	1000-1600	3220	2570	52	0,95	0,095	100-200	125	0,010	2
T173-2000	1600-2000	2770	2220	49	0,95	0,125	100-200	125	0,011	
T273-2000	1800-2600	2600	2100	42	0,95	0,15	160-320	125	0,011	
T173-1600	2400-3400	2100	1700	34	1,08	0,25	200-400	125	0,011	3
T373-3200	800-1600	4500	3590	70	0,86	0,06	100-200	125	0,008	
T373-2500	1800-2800	3760	3030	60	0,9	0,1	160-320	125	0,008	
T473-2500	3000-3400	3380	2730	55	0,95	0,13	200-400	125	0,008	
T193-4000	800-1400	5460	4350	90	0,9	0,048	100-200	125	0,0065	4
T193-3200	1600-2400	4670	3740	85	1,0	0,07	160-320	125	0,0065	
T193-2500	2600-3800	3600	2920	70	1,1	0,14	320-450	125	0,0065	

Таблица 2

Тип	$V_{DRM} - V_{RRM}, В$	$I_{T(AV)}, А$		$I_{TSM} (10 мс), кА$	$V_{T(ТО)}, В$	$r_{Tr} мОм$	$t_{qf} мкс$	$T_{imax}, °C$	$R_{th(j-c)}, °C/Вт$	Рисунок
		$T_c=70 °C$	$T_c=85 °C$							
T163-1000	3400-4200	1250	1020	18	1,20	0,50	320-450	125	0,016	1
T263-800	4400-5000	1120	920	15	1,20	0,60	350-500	125	0,017	
T163-800	5200-6000	1060	870	12	1,20	0,7	400-600	125	0,017	
T163-630	6200-6500	900	750	10	1,25	1,03	500-800	125	0,017	
T273-1250	2800-4400	1840	1500	32	1,2	0,33	320-450	125	0,011	2
T173-1000	5000-6000	1560	1270	24	1,2	0,45	400-600	125	0,012	
T273-1000	6200-6500	1320	1080	22	1,25	0,68	500-800	125	0,012	3
T373-2000	3600-4200	3020	2460	50	1,0	0,17	320-450	125	0,008	
T473-2000	4400-5200	2520	2060	40	1,07	0,24	350-500	125	0,0085	
T373-1600	5400-6000	2100	1710	33	1,2	0,33	400-600	125	0,009	3
T373-1250	6200-6500	1880	1540	28	1,25	0,43	500-800	125	0,009	
T193-2000	4000-6000	2920	2380	54	1,2	0,235	400-600	125	0,0065	4
T193-1600	6200-6500	2360	1940	45	1,25	0,4	500-800	125	0,0065	
T193-1250	до 8000				по запросу					

Таблица 3

Тип	$V_{RRM}, В$	$I_{F(AV)} (T_c=85 °C), А$		$I_{FRMS}, А$	$I_{FSM} (10 мс), кА$	$V_{TO}, В$	$r_{Tr} мОм$	$T_{imax}, °C$	$R_{th(j-c)}, °C/Вт$	Рисунок
		$T_c=85 °C$	$T_c=100 °C$							
D163-4000	200-1000	4700	4120	7370	55	0,73	0,04	175	0,016	5
D163-3200	1200-2200	4080	3600	6400	45	0,77	0,06	175	0,016	
D163-2500	2400-3200	3380	2990	5300	35	0,85	0,097	175	0,016	
D163-2000	3400-4200	2520	2170	3950	28	0,9	0,154	160	0,016	
D163-1600	4400-5000	1980	1670	3100	23	0,92	0,23	150	0,016	
D163-1250	5200-6000	1770	1500	2770	20	0,98	0,3	150	0,016	
D263-1250	6200-6500	1660	1410	2600	18	1,0	0,35	150	0,016	6
D173-6300	200-1000	7530	6600	11820	75	0,73	0,025	175	0,010	
D173-5000	1200-2200	6410	5650	10060	65	0,77	0,04	175	0,010	
D173-4000	2400-3200	5290	4680	8300	50	0,85	0,065	175	0,010	
D173-3200	3400-4200	3940	3400	6180	40	0,90	0,103	160	0,010	
D173-2500	4400-5000	3060	2580	4800	32	0,95	0,155	150	0,010	
D173-2000	5200-6000	2760	2300	4330	28	0,98	0,2	150	0,010	
D273-2000	6200-6500	2530	2150	3970	22	1,0	0,25	150	0,010	7
D373-6300	1200-2200	7460	6600	11710	70	0,77	0,04	175	0,008	
D373-5000	2400-3200	5690	5060	8930	65	0,85	0,08	175	0,008	
D373-4000	3400-4200	4680	4050	7340	55	0,9	0,095	160	0,008	
D373-3200	4400-5000	4000	3370	6280	50	0,94	0,11	150	0,008	
D373-2500	5200-6000	3540	2990	5550	45	0,98	0,15	150	0,008	
D473-2500	6200-6500	3160	2690	4960	40	1,0	0,2	150	0,008	8
D193-8000	1200-2200	10220	9010	16040	80	0,77	0,023	175	0,0065	
D193-6300	2400-3200	8500	7510	13340	75	0,85	0,037	175	0,0065	
D193-5000	3400-4200	6330	5450	9930	65	0,9	0,059	160	0,0065	
D193-4000	4400-5000	4950	4160	7770	55	0,94	0,088	150	0,0065	
D193-3200	5200-6000	4450	3760	6980	45	0,98	0,115	150	0,0065	
D293-3200	6200-6500	4170	3530	6540	40	1,0	0,135	150	0,0065	

Масса  
710 г  
Рис. 1



Масса  
1200 г  
Рис. 2



Масса  
1450 г  
Рис. 3



Масса  
3000 г  
Рис. 4



## Диоды

Предприятие выпускает широкий ряд новых мощных диодов, конструкция которых оптимизирована на низкие потери в проводящем состоянии. Диоды имеют блокирующие напряжения от 800 В до 6,5 кВ, рабочие токи до 10,0 кА и подходят для эксплуатации в силовых сетях с частотой 50-400 Гц и напряжением до 3 кВ (табл. 3).

Эти высоконадежные приборы необходимы для всех применений, где требуется преобразование AC/DC, включая входные выпрямители для различных электроприводов, преобразователей транспорта, тяговых подстанций, сварки и мощных источников питания постоянного тока.

Масса  
710 г  
Рис. 5



Масса  
1200 г  
Рис. 6





ОАО «Электровыпрямитель» имеет хорошо отработанную технологию производства силовых диодов, большой опыт поставок (десятки миллионов штук) и эксплуатации. На многих объектах России и за рубежом силовые диоды ОАО «Электровыпрямитель» проработали уже более 40 лет, они успешно эксплуатируются и по сей день.

### Охладители

Ряд обычных и специальных охладителей производства ОАО «Электровыпрямитель», применяемых для серийных силовых полупроводниковых приборов [1], пополнен новыми охлаждающими системами для диодов и тиристоров большой мощности (табл. 4 и 5). Они удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к современным полупроводниковым компонентам, спроектированы с учетом оптимизации характеристик и эффективности теплосъема при естественном и принудительном воздушном, масляном и водяном способах охлаждения. Максимальная мощность рассеивания, достигнутая на охладителях воздушного и жидкостного охлаждения, составляет соответственно 2,0 кВт и 5,5 кВт.

### Силовые блоки

По заказам ОАО «Электровыпрямитель» проектирует и поставляет силовые блоки, используя всю имеющуюся на предприятии номенклатуру мощных диодов и тиристоров, модулей, охладителей, изоляторов, предохранителей, ограничителей напряжения, конденсаторов, резисторов и драйверов управления.

Пример силового блока, выполненного на тиристорах 173-й серии по схеме однофазного ключа переменного тока на ток 3500 А и напряжение 0,4 кВ представлен на рис. 13.

Перед запуском в производство по техническим требованиям заказчика проводятся моделирование и компьютерные расчеты режимов работы силового блока, после чего выбирается наиболее оптимальный (по техническим характеристикам и цене) вариант конструкции

Таблица 4. Охладители воздушного охлаждения

Тип	Габаритные размеры (Ш×Д×В), мм	Масса, кг	Диаметр контактной поверхности, мм	Тепловое сопротивление, °С/Вт		Перепад давления, Па	Рисунок
				естественное охлаждение	скорость воздуха 6 м/с		
ДЖИЦ.432275.014	200×250×195 max	13,4	76	0,185	0,055	40	9
ДЖИЦ.432275.019	300×300×245 max	20,4	100	0,101	0,035	40	10

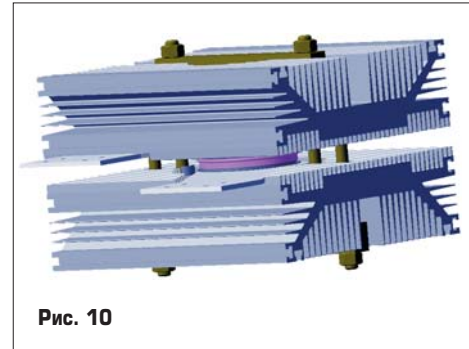
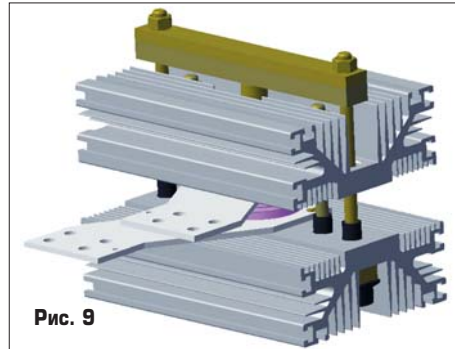
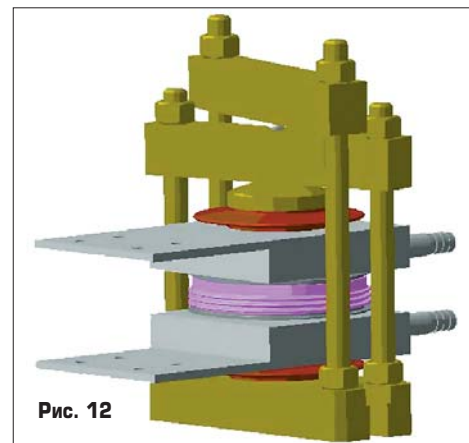
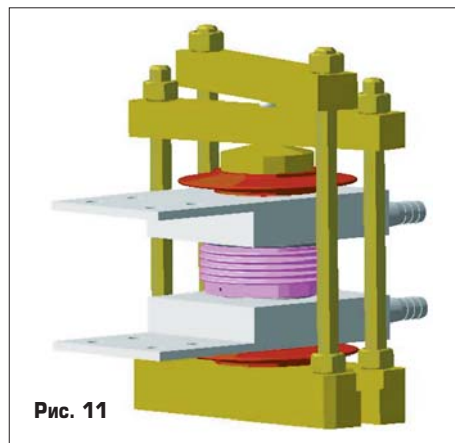


Таблица 5. Охладители водяного охлаждения

Тип	Габаритные размеры (Ш×Д×В), мм	Масса, кг	Диаметр контактной поверхности, мм	Тепловое сопротивление, °С/Вт	Перепад давления, Па	Рисунок
				расход воды 3 л/мин		
ДЖИЦ.432281.011-01	100×200×80	5,0	78	0,025	24000	11
ДЖИЦ.432281.012	245×104×25	5,6	102	0,013	24000	12



сборки. Весь процесс проектирования, начиная с выдачи технического задания до представления заказчику законченного конструкторского решения, цен и сроков изготовления заказанных блоков, производится с использованием электронной связи. Это позволяет оперативно удовлетворять потребности заказчика.

Поставляемые ОАО «Электровыпрямитель» силовые сборки производятся по современным технологиям, они имеют высокие техни-

ко-экономические показатели, так как базируются на постоянно проводимых предприятием исследованиях и разработках в области СПП и преобразовательной техники.

### Литература

ОАО «Электровыпрямитель». Полупроводниковые приборы силовой электроники. Краткий каталог. 2004.

