

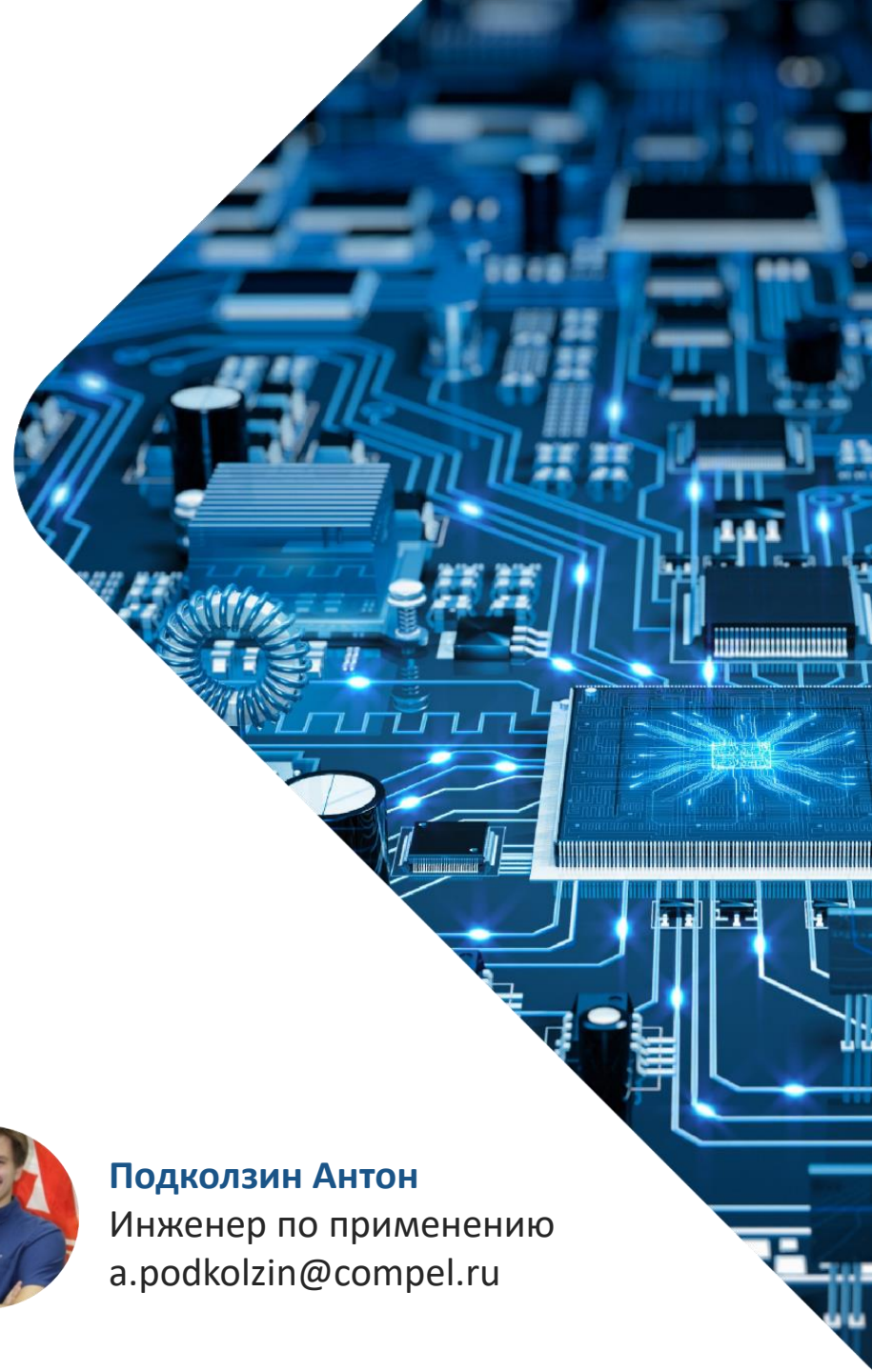
# Силовое электрооборудование для транспорта



**Долгов Владислав**  
Инженер по применению  
[v.dolgov@compel.ru](mailto:v.dolgov@compel.ru)

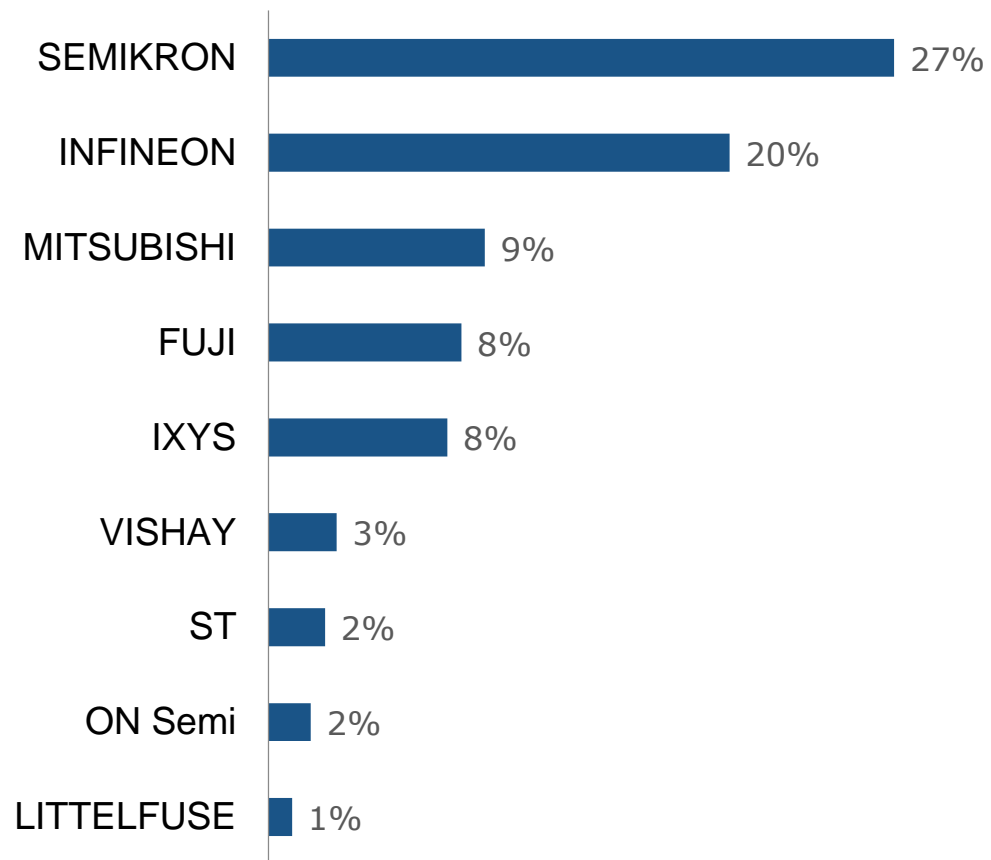


**Подколзин Антон**  
Инженер по применению  
[a.podkolzin@compel.ru](mailto:a.podkolzin@compel.ru)

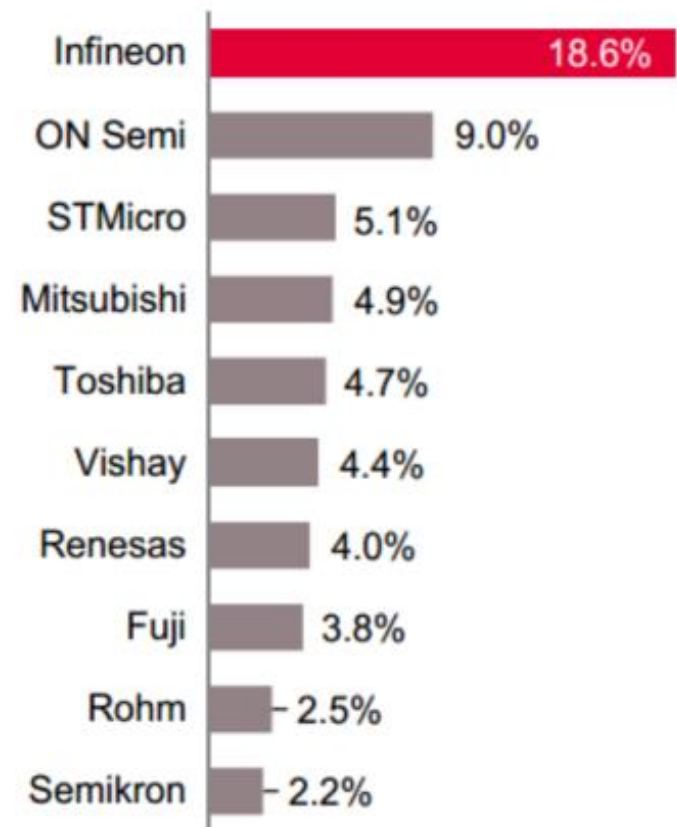


# Компоненты для силовых применений:

## Доли производителей силовых ПП компонентов на рынке РФ



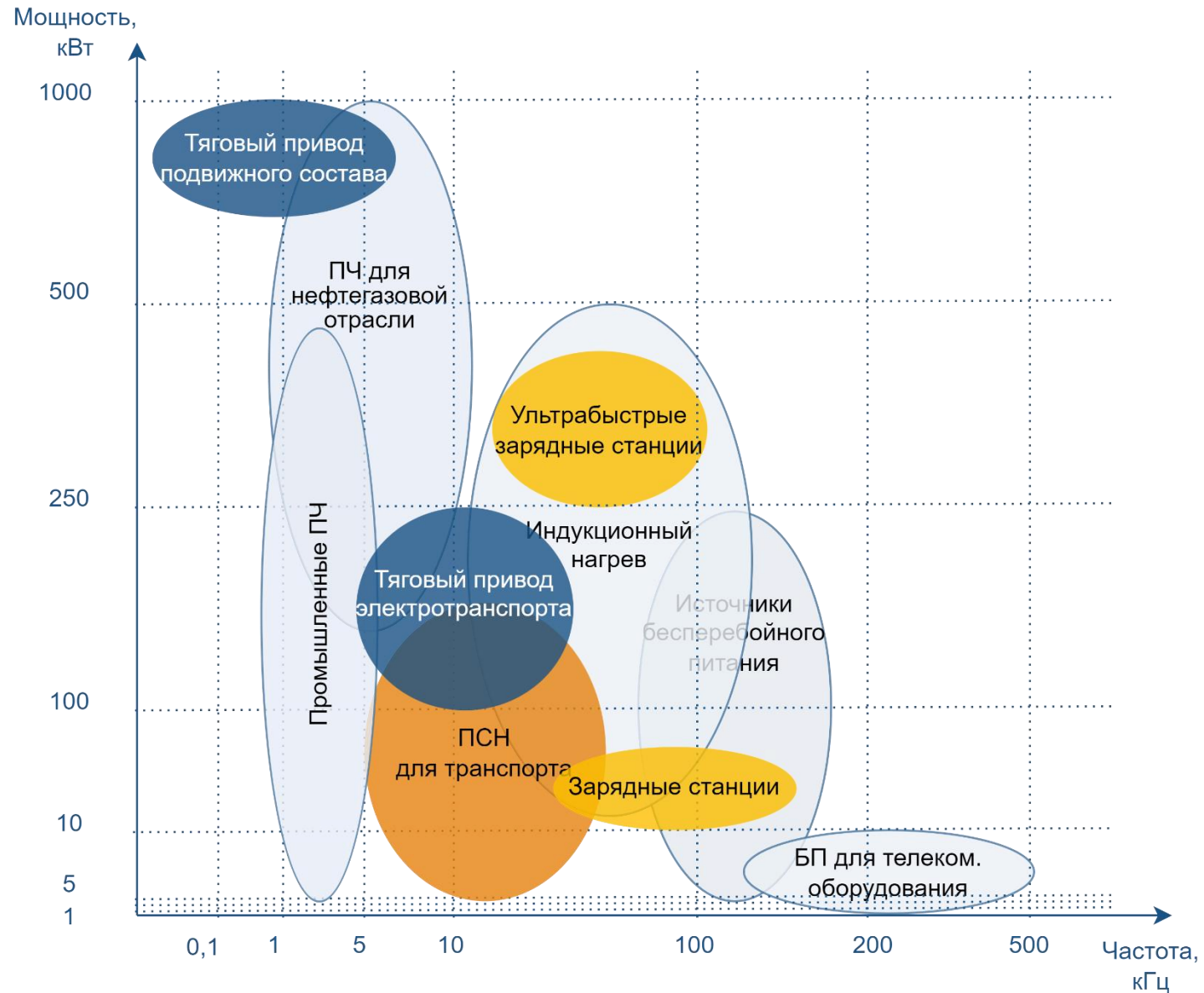
## Доли производителей силовых ПП компонентов в мире



# Содержание

- Обзор распространенных силовых применений
- Компоненты для реализации узлов тяговых преобразователей
- Компоненты для реализации узлов ПСН и электрочарядных станций
- Нюансы и сравнительный анализ китайских производителей силовой электроники

# Основные применения в силовой электронике

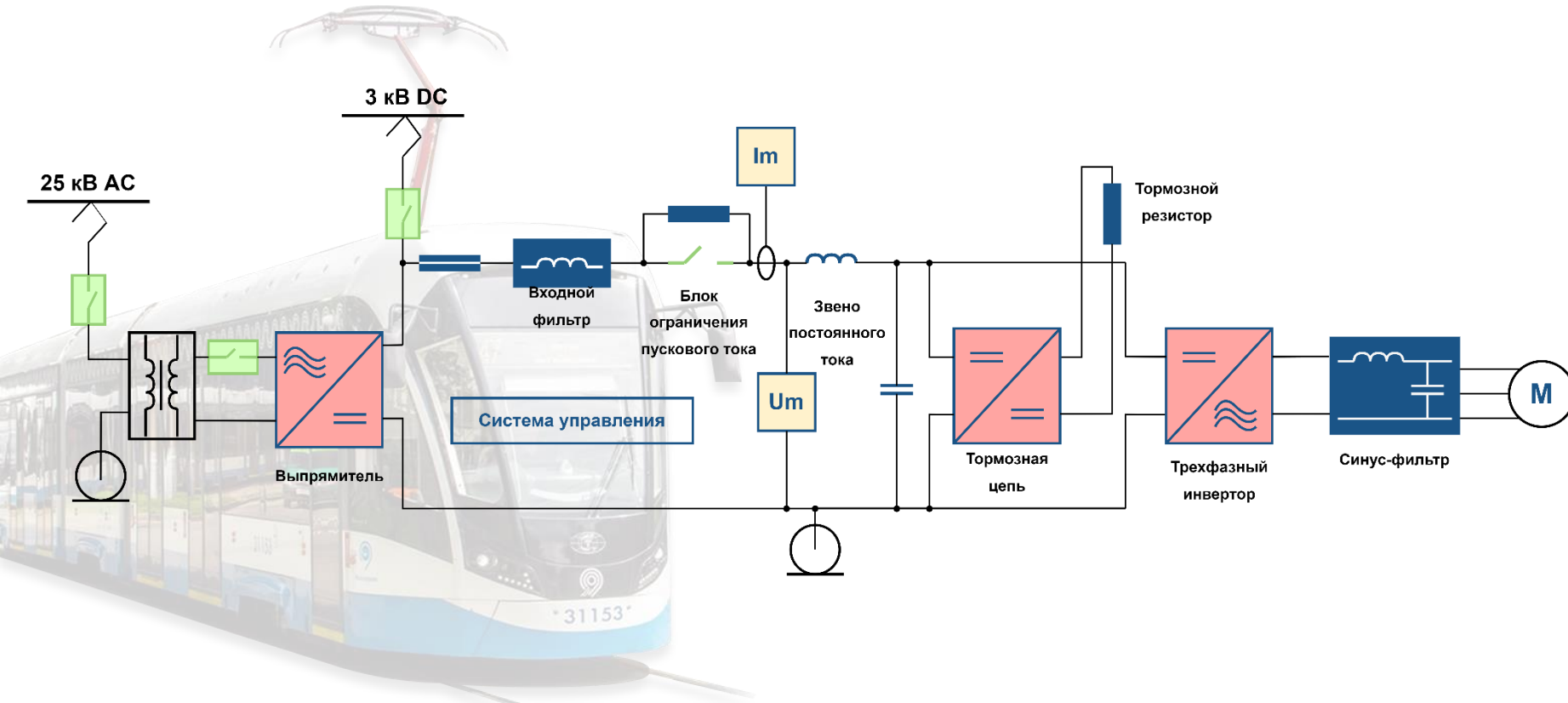


# Силовая электроника в электротранспорте

- Тяговые преобразователи для электробусов, троллейбусов, трамваев и метро
- Тяговый преобразователь для ж/д транспорта
- Преобразователи собственных нужд
- Электростанции зарядные станции
- Ультрабыстрые зарядные станции



# Компоненты для реализации узлов тяговых преобразователей



	Электробус	Троллейбус	Трамвай	Метро	ЖД транспорт
Питание	От батареи 400-750 В DC	Контактная сеть 550 В DC		Контактный рельс 550-600 В DC	3 кВ DC / 25 кВ AC
Мощность электродвигателей		120 – 250 кВт			400-1500 кВт
Класс напряжения		12- 17			17, 33, 45, 65
Ток		500 -800 А			600-3600 А

## Силовые полупроводниковые компоненты

YZPST®	CRRC
starpower	台芯科技 TAIXIN TECH
js	Leapers Semiconductor

## Силовые пассивные и защитные компоненты

HONGFA	GS GUOSHENG BOCHEN
YZPST®	HOLLYLAND

## Su'scon
















## Датчики

CHEEMI	BYD	择明朗熙 ZE MING LANG XI
--------	-----	-------------------------

## Электромеханика и силовые разъемы



DEGSON	KLS electronic
G®	HONGFA

# Альтернативы популярным моделям IGBT модулей от западных производителей

Популярный IGBT модуль	Бренд	Корпус модуля	 Yangjie	 Starpower	 Taixin	 CRRC	 Leapers
SKM100GB125DN	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 34 мм (94x30x34 мм)	MG100HF12TFC1	GD100HFU120C1S	TXFF100R12T1HS	В работе	В работе
SKM195GB066D	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 62 мм (106x29x62 мм)	-	GD200HFX65C1S	TXFF200R07T2ME		
FF450R12KT4HOSA1	 Infineon	Стандартный 62 мм (106x29x62 мм)	MG450HF12TFC2	GD450HFY120C2S	TXFF450R12T2HS		
SKM150GB12T4	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 62 мм (106x29x62 мм)	MG150HF12TLC1	GD150HFY120C1S	TXFF200R12T2HS		
SKM100GB176D	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 34 мм (94x30x34 мм)	-	GD100HFX170C1S	-		
SKM100GB12T4	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 34 мм (94x30x34 мм)	MG100HF12TFC1	GD100HFY120C1S	TXFF100R12T1HS		
SKM75GB12T4	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 34 мм (94x30x34 мм)	MG75HF12TFC1	GD75HFY120C1S	TXFF75R12T1HS		
SKM200GB12T4	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 62 мм (106x29x62 мм)	MG200HF12TLC2	GD200HFY120C2S	TXFF200R12T2HS		
SKM145GB176D	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 34 мм (94x30x34 мм)	-	GD100HFX170C1S	-		
FF150R12RT4HOSA1	 Infineon	Стандартный 34 мм (94x30x34 мм)	MG150HF12TLC1	GD150HFY120C1S	TXFF150R12T1HS		
SKM300GB125D	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 62 мм (106x29x62 мм)	MG300HF12TLC2	GD300HFU120C2S	TXFF200R12T2HS		
SKM300GB12T4	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 62 мм (106x29x62 мм)	MG300HF12TLC2	GD300HFY120C2S	TXFF300R12T2HS		
SKM200GB125D	 SEMIKRON innovation+service	Стандартный 62 мм (106x29x62 мм)	MG200HF12TFC2	GD200HFU120C2S	TXFF150R12T2HS		
FF200R12KS4HOSA1	 Infineon	Стандартный 62 мм (106x29x62 мм)	MG200HF12TFC2	GD200HFU120C2S	TXFF200R12T2HS		
SEMiX603GB12E4p	 SEMIKRON innovation+service	EconoDual (152x17x62 мм)	-	GD600HFY120C6S	TXFF600R12MMT		
SEMiX453GB12E4p	 SEMIKRON innovation+service	EconoDual (152x17x62 мм)	-	GD450HFY120C6S	TXFF450R12MMT		



# Альтернативы популярным диодно-тиристорным модулям

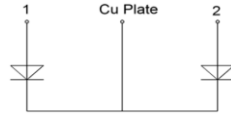
Популярный диодно-тиристорный модуль	Бренд	Корпус модуля	YZPST® YZPST	 Yangjie
SKKT330/16E	 innovation+service	SEMIPACK3 (115x50x52 мм)	YZPST-SKKT330/16E	MT330C16T3
SKKT570/18E		SEMIPACK5 (150x60x52 мм)	YZPST-SKKT570/18E	MT570C18DT6
SKKT162/16E		SEMIPACK2 (94x34x30 мм)	YZPST-SKKT162/16E	MT200C16T2
SKKT570/16E		SEMIPACK5 (150x60x52 мм)	YZPST-SKKT570/16E	MT570C16DT6
SKKT107/16E		SEMIPACK1 (93x20x30 мм)	YZPST-SKKT107/16E	MT110C16T1
SKKT92/12E		SEMIPACK1 (93x20x30 мм)	YZPST-SKKT92/12E	MT110C16T1
SKKT106/16E		SEMIPACK1 (93x20x30 мм)	YZPST-SKKT106/16E	MT110C16T1
SKKT273/16E		SEMIPACK3 (115x50x52 мм)	YZPST-SKKT273/16E	MT275C16T3
SKKT162/12E		SEMIPACK2 (94x34x30 мм)	YZPST-SKKT162/12E	MT200C16T2
SKKH106/16E		SEMIPACK1 (93x20x30 мм)	YZPST-SKKH106/16E	MT110CB12T1
SKKH162/16E		SEMIPACK2 (94x34x30 мм)	YZPST-SKKH162/16E	MT200CB16T2
SKKT250/12E		SEMIPACK3 (115x50x52 мм)	YZPST-SKKT250/16E	MT275C16T3
SKKT106/12E		SEMIPACK1 (93x20x30 мм)	YZPST-SKKT106/12E	MT110C16T1





# Быстрые диодные модули от Yangjie

## Диоды Шоттки



Наименование	Repetitive peak reverse voltage VRRM (V)	Forward average current IF(AV) d=0.5 Tc=125°C ( A )	Forward voltage drop VF@IF Tj=125°C (V)	Junction-case thermal resistance Rth(jc)per chip (°C/W)	encapsulation
MB200K01F3	100	2X100	0.68	0.15	F3
MB400K01F3	100	2X200	0.68	0.15	F3
MB400K01F4	100	2X200	0.68	0.15	F4
MB400K02F3	200	2x200	0.78	0.15	F3
MB400K02F4	200	2X200	0.78	0.15	F4
MB600K01F3	100	2X300	0.78	0.14	F3
MB800K01F3	100	2X400	0.82	0.15	F3
MB200DU01FJ	100	2x100	0.68	0.15	FJ
MB300U02FJ	200	300	0.9	0.13	FJ

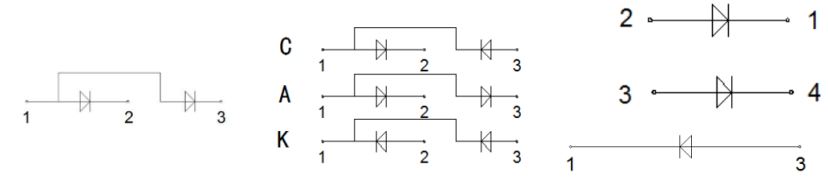
F3



F4



## FRED-модули



Наименование	Repetitive peak reverse voltage VRRM (V)	Forward average current IF (AV )@TC (V) (A)	Maximum Forward Voltage Drop VFM@IF (V)	reverse recovery time @trr (ns)	Junction-case thermal resistance Rth(jc) (°C/W)	encapsulation
MF100A06F1	600	100	1.3	50	0.2	F1
MF100A12F1	1200	100	1.35	55	0.2	F1
MF150A06F2	600	150	1.45	50	0.34	F2
MF200A12F2	1200	200	1.9	57	0.11	F2
MF300A06F2	600	300	1.45	55	0.07	F2
MF300C12F2	1200	300	2.4	65	0.07	F2
MF400U12F2	1200	400	1.7	76	0.22	F2
MF500U12F2	1200	500	1.8	80	0.1	F2
MF200DU06FJ	600	2X100	1.2	50	0.15	FJ
MF200DU12FJ	1200	2X100	1.38	45	0.16	FJ

F1











F2

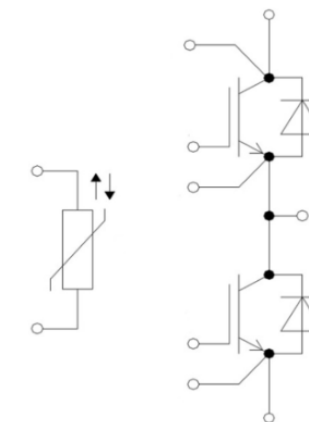


FJ (SOT-227)

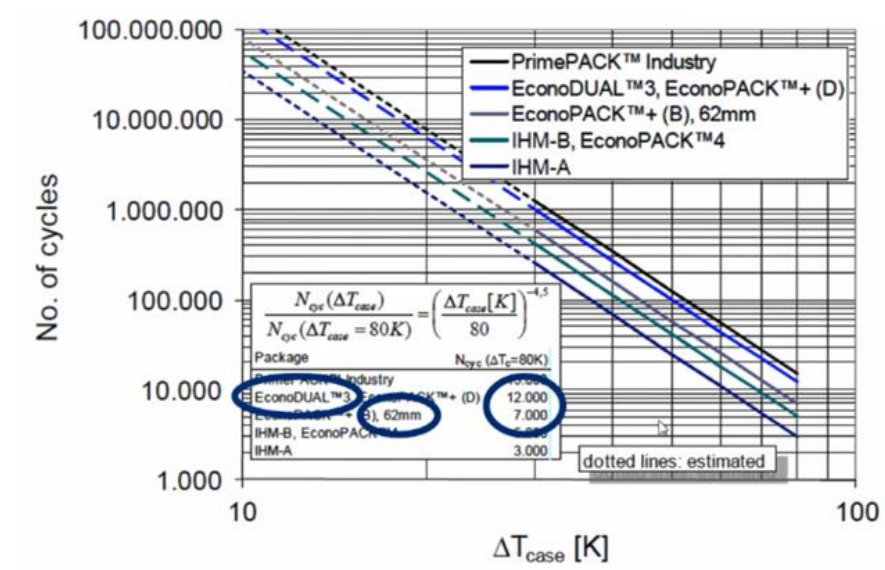


# Передовые IGBT модули 12 класса в корпусе EconoDual для тяговых преобразователей электробусов.











				
Наименование	FF900R12ME7_B11	2MBI800XNE120-50	SEMiX703GB12M7p	GD900HFA120C6S
Корпус				
UCE, В	1200	1200	1200	1200
IC, А	900 (Tc=90°C)	800 (Tj=100°C)	863 (Tj=80°C)	900 (Tj=90°C)
VCE(sat), В	1,65 (Tj=125°C)	1,80 (Tj=125°C)	1,81 (Tj=150°C)	1,6 (Tj=125°C)
QG, мкКл	14,3	5,5	6,15	13,6
Cies, нФ	122	85	132	51,5

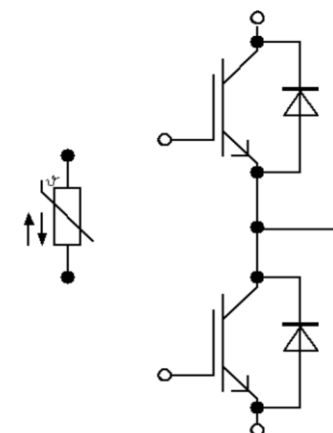


Топология: Полумост с термистором



# IGBT модули для тяговых преобразователей в корпусе PrimePACK

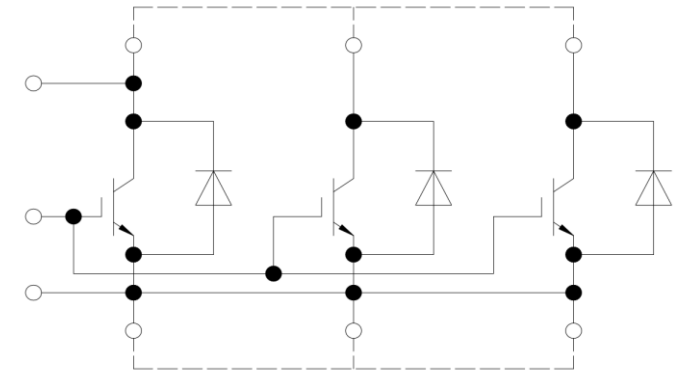
					
Наименование	FF1400R17IP4	2MBI1400VXB-170E-50	GD1400HFX170P2S	YZPST-FF1400R17P6	TG1400HF17H1-S300
Корпус					
UCE, В	1700	1700	1700	1700	1700
IC, А	1400 (Tj=100°C)	1400 (Tj=100°C)	1400 (Tj=100°C)	1400 (Tj=100°C)	1400 (Tj=65°C)
VCE(sat), В	2,1 (Tj=125°C)	2,85 (Tj=125°C)	2,4 (Tj=125°C)	2,45 (Tj=125°C)	2,45 (Tj=125°C)
QG, мкКл	13,5	-	13,2	13,5	11,7
Cies, нФ	110	113	169	-	113



Топология: Полумост с термистором









# IGBT модули для тяговых преобразователей в корпусе 190x140мм для ж/д применений.

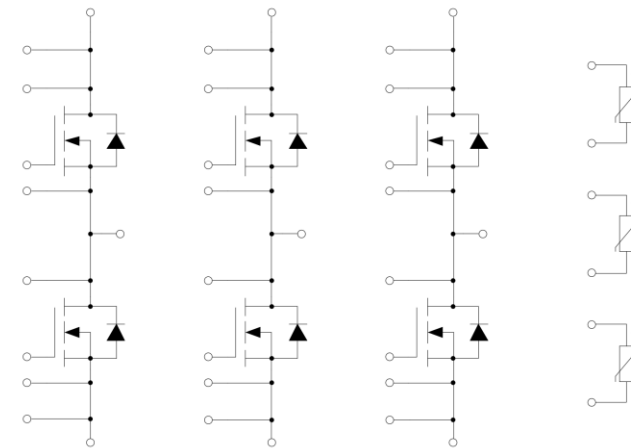
				
Наименование	FZ1500R33HE3	MBN1500E33E3	YZPST-MIF1500-33	TIM1500ESM33-PSA012
Корпус				
UCE, В	3300	3300	3300	3300
IC, А	1500 (Tj=95°C)	1500 (Tj=95°C)	1500 (Tj=80°C)	1500 (Tj=95°C)
VCE(sat), В	3,0 (Tj=125°C)	3,2 (Tj=125°C)	3,1 (Tj=125°C)	2,95 (Tj=125°C)
QG, мкКл	42	-	11	25
Cies, нФ	280	195	151	260



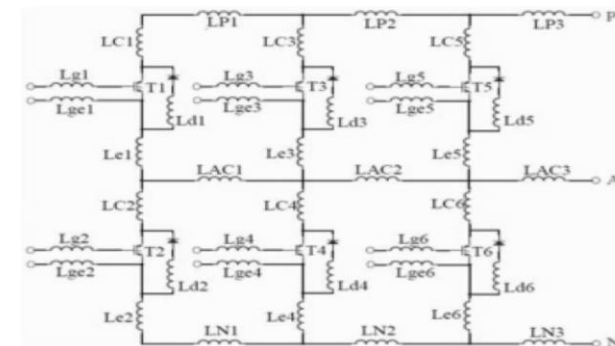
Топология: Одиночный ключ

# Интересные SiC модули для тяговых преобразователей наземного электротранспорта.

				
Наименование	FS03MR12A6M A1B	MD22HTC120P6 HE	YZPST-S480F120A31	DFS03FB12HDB1
Корпус				
UCE, В	1200	1200	1200	1200
ID, А	400	480	480	600
RDS(on), мОм	2,75	2,18	2,2	2,2
QG, нКл	1320	1624	1690	1140
Cies, нФ	42,6	49,6	-	24

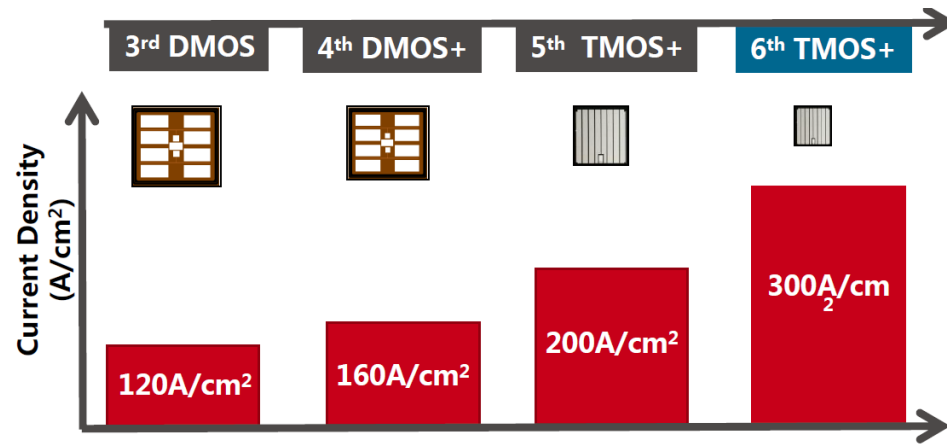


Топология: Трехфазный инвертор с термисторами

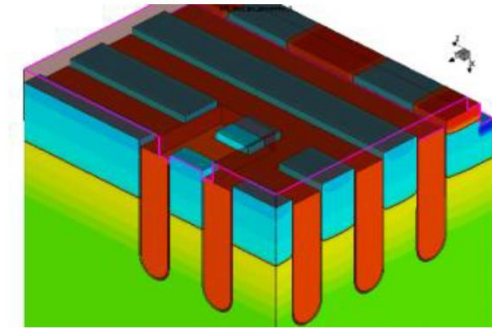


Эквивалентная схема модуля

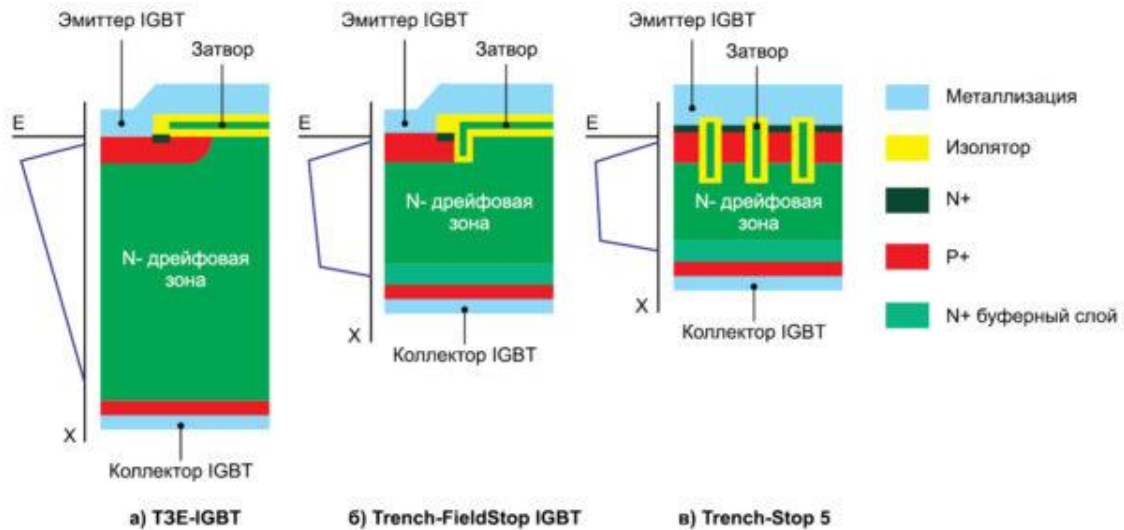
# Технологии производства силовых модулей. Кристаллы IGBT



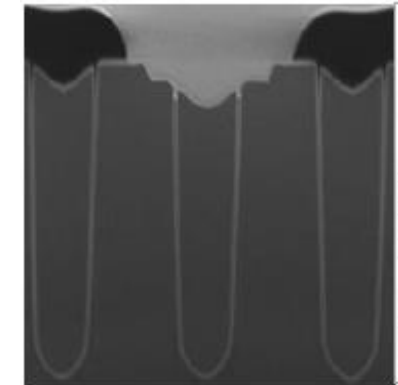
Сравнение кремниевых структур IGBT кристаллов разных поколений от компании CRRC



3D модель кристалла TMOS от компании CRRC

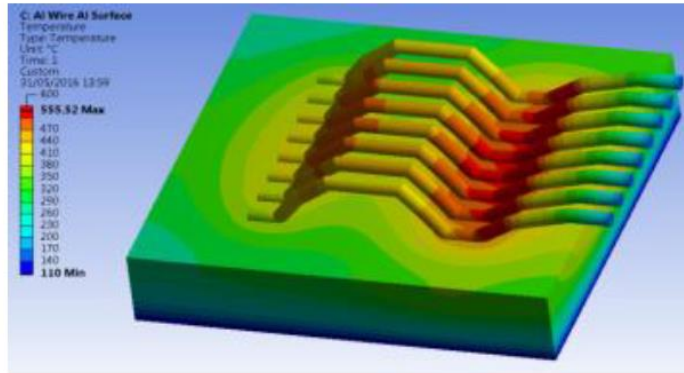


Сравнение кремниевых структур IGBT кристаллов Infineon разных поколений

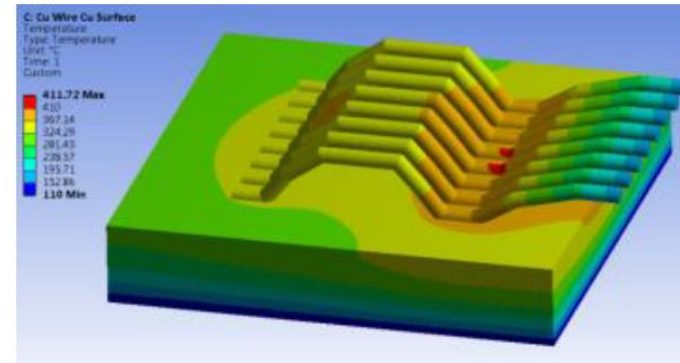


Кристалл IGBT от компании CRRC

# Технологии производства силовых модулей. Материалы



Temperature distribution of aluminum metallization layer + aluminum wire bonding at 1000A surge current,  $T_{max}=552^{\circ}\text{C}$



Temperature distribution of copper metallization layer + aluminum wire bonding at 1000A surge current,  $T_{max}=411^{\circ}\text{C}$

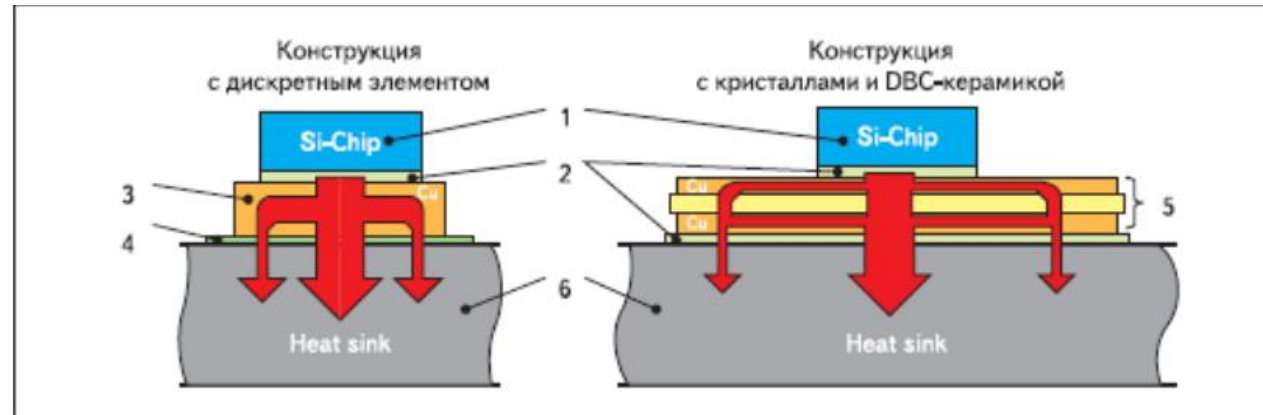
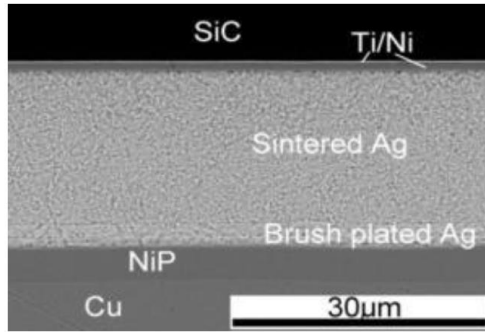
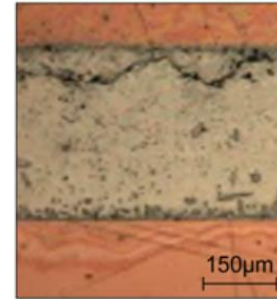


Рис. 2. Распределение тепла в дискретной и модульной конструкции  
1 — полупроводниковый кристалл силового элемента; 2 — слой припоя; 3 — медное основание корпусного силового элемента; 4 — изолятор из слюды; 5 — DBC-керамика (состоит из трех слоев); 6 — радиатор (основание силового модуля)

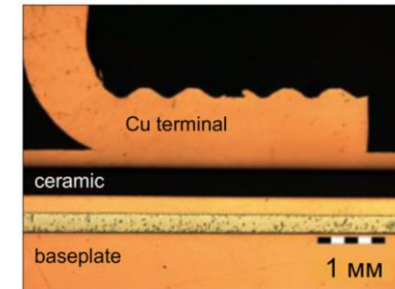
# Технологии производства силовых модулей. Сборка



Кристалл транзистора соединенный с подложкой по технологии спекания (sintering)



Разрушение припоя между медными поверхностями из-за термоциклирования



Сравнение технологии пайки и технологии ультразвуковой сварки

Material characteristic	Silver sintering layer	Sn-Pb solder layer	Sn-Ag solder layer
Process temperature (°C)	<300	217	260
Maximum operation temperature (°C)	710	183	221
Melting point (°C)	961	183	221
Conductivity (MS/m)	41	6.8	7.8
Thermal conductivity (W/mK)	250	51	70
Thermal expansion rate (ppm/K)	19	25	28

Сравнение спечённого серебряного слоя с оловянно-свинцовым припоем и бессвинцовым припоем



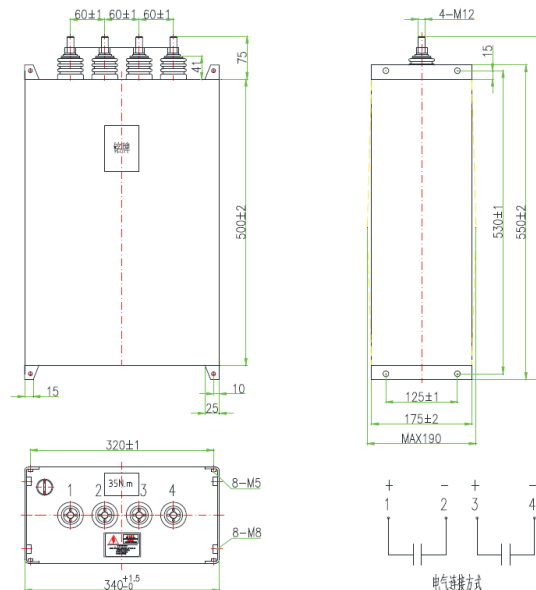
Установка ультразвуковой сварки



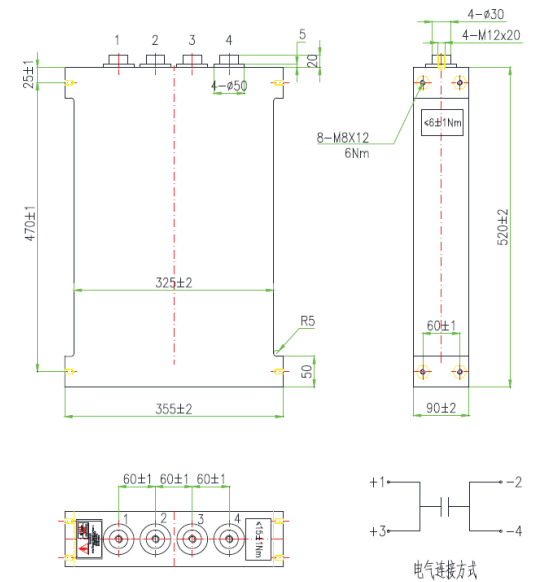
«Лапка» токового вывода приваренная ультразвуковой сваркой



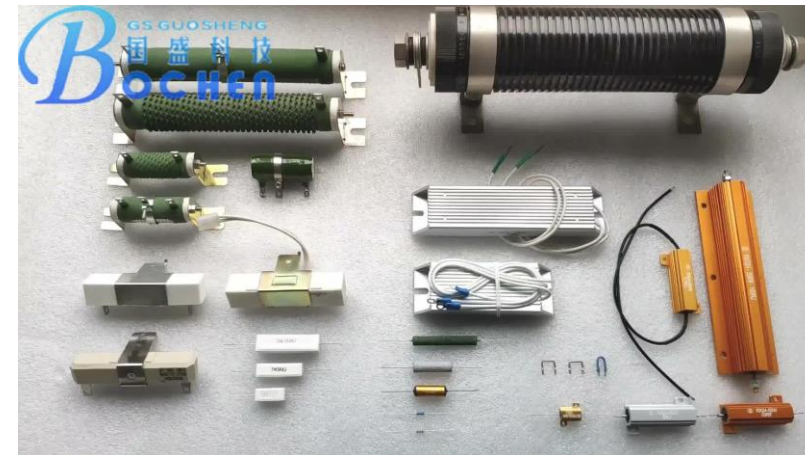
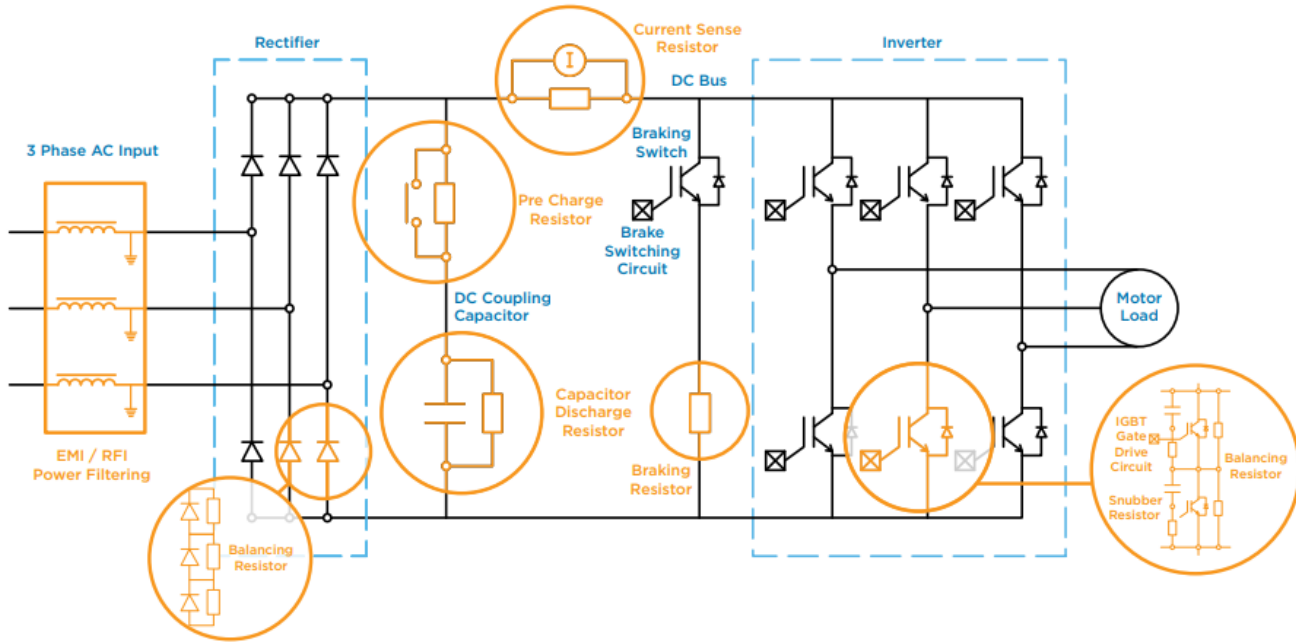
YZPST-DGMJ2.4-1566	
Номинальное напр-е Un	2400 VDC
Номинальная ёмкость Cn	1566 $\mu$ F +/- 5%
Рабочая температура	-40*С / +70*С
Температура хранения	-45*С / +85*С
Действ. знач. тока Irms	300 A
Изоляция terminal-case	6000 VAC, 60 s
Изоляция terminal-terminal	3600 VDC, 60 s
Размеры	340 x 115 x 510 mm
Вес	~ 30 kg



YZPST-DKMJ1.2-5000	
Номинальное напр-е Un	1200 VDC
Номинальная ёмкость Cn	5000 $\mu$ F +/- 5%
Рабочая температура	-40*С / +70*С
Температура хранения	-45*С / +85*С
Действ. знач. тока Irms	350 A
Изоляция terminal-case	6000VAC, 60 s
Размеры	355 x 90 x 520 mm
Вес	~ 20 kg



# BOCHEN, YZPST- производители силовых резисторов



Функционал	Применение
Резисторы плавного пуска	Используются в цепях плавного пуска для заряда входных накопительных емкостей, ограничивая пусковой ток при заряде силового конденсатора
Резисторы разряда емкостей	Шунтируют силовые конденсаторы, разряжая их на себя, позволяя избавиться от остаточного напряжения
Тормозные резисторы	Используются в системах частотного электропривода для поглощения энергии при быстром замедлении или остановки электродвигателя и системах рекуперации энергии
Балансные резисторы	Нужны для выравнивания потенциалов на силовых компонентах, последовательно включенных под общую шину напряжения (например, IGBT и конденсаторы)
Резистивные токовые шунты	Низкоомные резисторы серии применяются в качестве токовых шунтов для измерения тока
Снабберные резисторы	Используются для поглощения и ограничения переходных выбросов высокого напряжения, возникающих из за паразитных параметров при коммутации силовых ключей

## BOCHEN, YZPST - обзор силовых резисторов



YZPST®



Семейство:  
**RX27, SQP**  
Диапазон мощностей:  
**2 ... 40Вт**  
Сопротивления:  
0.1 Ом – 150 кОм



Семейство:  
**RX20, RXG20**  
Диапазон мощностей:  
**50 ... 2500Вт**



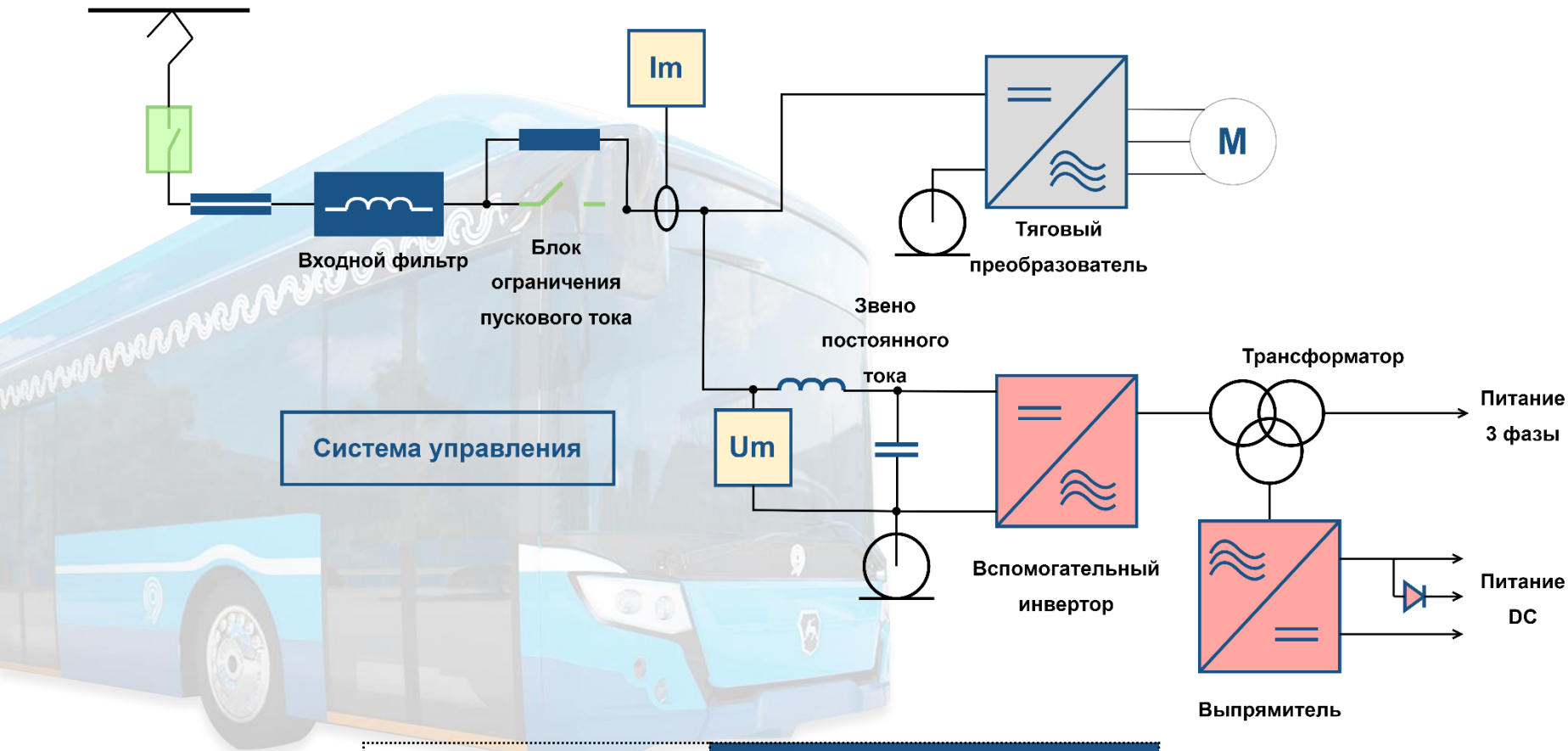
Семейство: **RX24, RXG24**  
Диапазон мощностей: **5 - 500Вт**  
Сопротивления: 0.01 Ом – 82 кОм  
Напряжения: 1кV, 2кV  
Допуск:  $\pm 1, \pm 5\%$   
ТКС:  $\pm 50, \pm 100$  ppm



Семейство:  
**RX18, RX19, RXG19**  
Диапазон мощностей:  
**50 - 5000Вт**  
Сопротивления:  
0.01 Ом – 100 кОм  
Допуск:  
 $\pm 0.1 \dots \pm 10\%$

# Компоненты для реализации узлов бортового преобразователя напряжения (БПН).

500 В DC / 750 В DC



Бортовой преобразователь напряжения	
Питание	От сети питания тягового преобразователя
Мощность потребителей	4-200 кВт
Класс напряжения	12, 17
Ток	200-300 А

## Силовые полупроводниковые компоненты

YZPST®

CRRC

starpower

台芯科技  
TAIXIN TECH

YS

Leapers  
Semiconductor

WeEn  
Web Semiconductors

Tyco Tianrun  
Global Power Technology Co., Ltd.

## Силовые пассивные и защитные компоненты

HONGFA

OS GUOSHENG  
国盛科技  
BOCHEN

YZPST®

HOLLYLAND

Su'scon

## Датчики

СНЕЭМ

BYD

择明朗熙  
ZE MING LANG XI

## Электромеханика и силовые разъемы

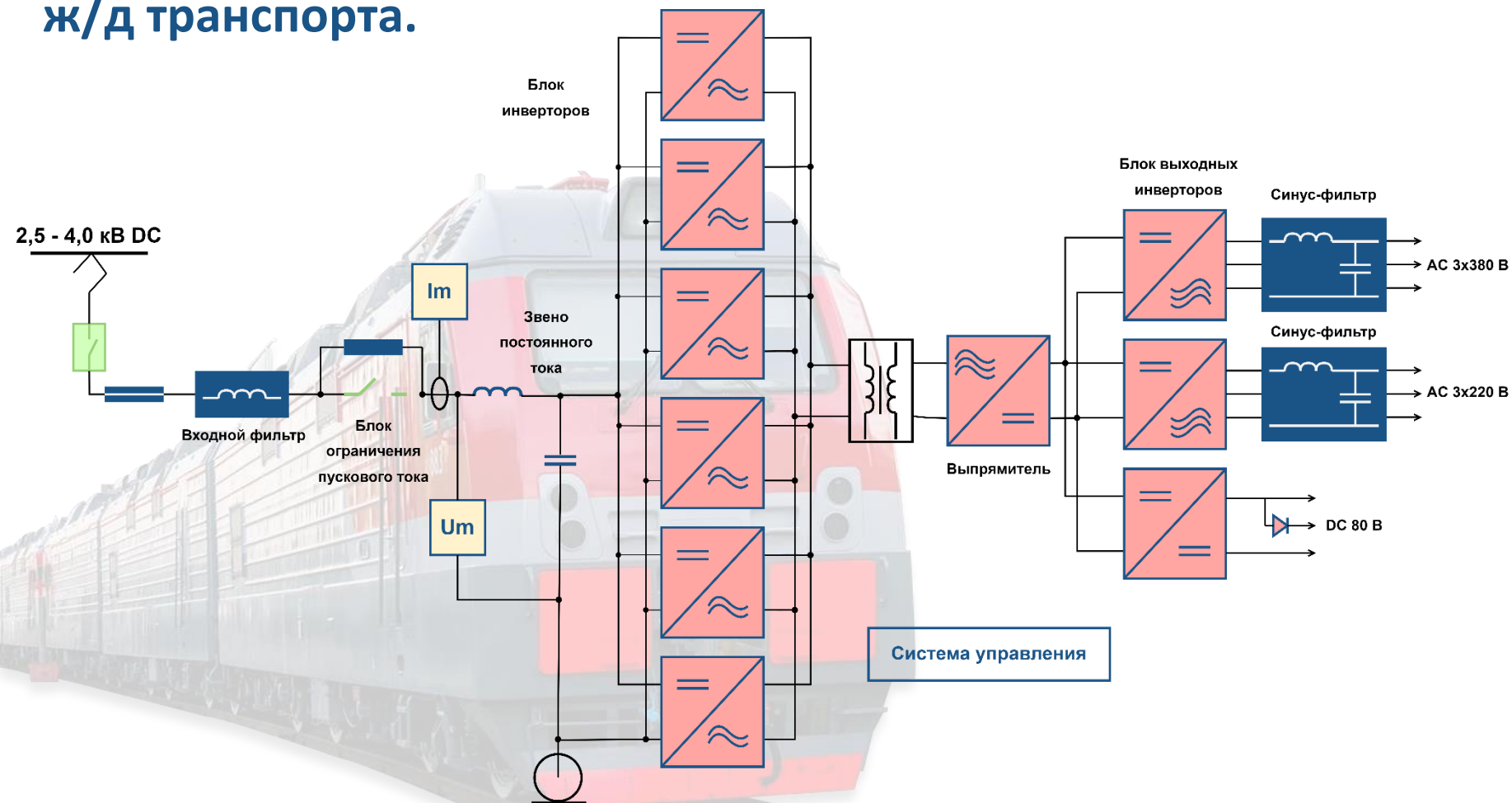
DEGSON

KLS  
electronic

G®

HONGFA

# Компоненты для реализации узлов ПСН для пассажирского ж/д транспорта.



	ПСН для ж/д
Питание	От сети питания тягового преобразователя
Мощность потребителей	60-250 кВт
Класс напряжения	12, 17
Ток	200-300 А

## Силовые полупроводниковые компоненты

YZPST®

CRRC

starpower

台芯科技  
TASIN TECH

js

Leapers  
Semiconductor

WeEn  
WeEn Semiconductors

Tyco Tianrun  
Global Power Technology Co., Ltd.

## Силовые пассивные и защитные компоненты

HONGFA

BOCHEN  
BOCHEN

YZPST®

HOLLYLAND

Su'scon

## Датчики

CHEEMI

BYD

择明朗熙  
ZE MING LANG XI

## Электромеханика и силовые разъемы

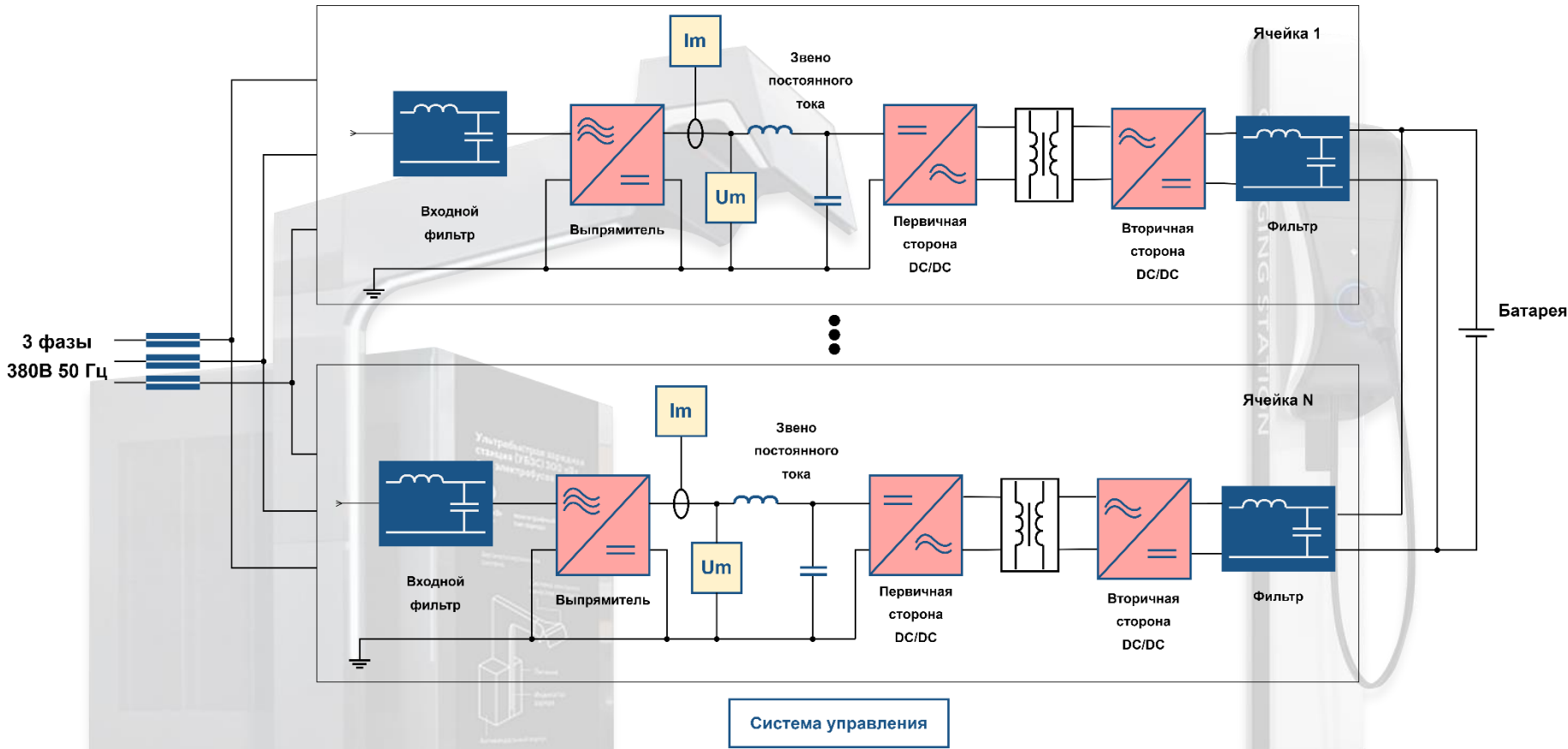
DEGSON

KLS  
electronic

®

HONGFA

# Электрoзарядные станции и ультрабыстрые зарядные станции



	Электрoзарядные станции	Ультрабыстрые зарядные станции
Питание	3 фазы 380В 50Гц	3 фазы 380В 50Гц
Мощность потребителей	10-50 кВт	200-400 кВт
Класс напряжения	12, 17	12, 17
Ток	100-200 А	200-300 А

## Силовые полупроводниковые компоненты

YZPST®

CRRC

starpower

台芯科技  
TAIXIN TECH

js

Leapers  
Semiconductor

WeEn  
WeEn Semiconductors

Tyco Tianrun  
Global Power Technology Co., Ltd.

## Силовые пассивные и защитные компоненты

HONGFA

GS GUOSHENG  
国盛科技  
BOCHEN

YZPST®

HOLLYLAND

Su'scon

## Датчики

CHEMI

BYD

择明朗熙  
ZE MING LANG XI

## Электромеханика и силовые разъемы

DEGSON

KLS  
electronic

G®

HONGFA

ADAM  
TECH

# SiC MOSFET для ПСН и электростанций

Vbr	1200V				1700V	
	Wolfspeed	YZPST	Infineon	YANGJIE	Wolfspeed	YZPST
P/N	C3M0040120D	YZPST-M2A040120K	IMW120R040M1H	YJD212040NCTG1	C2M0045170P	YZPST-M1A045170L
Id @ 25°C	66 A	68 A	55 A	63 A	75 A	72 A
Id @ 100°C	48 A	49 A	39 A	41 A	48 A	48 A
Rds(on) @ 25°C (typ)	40 mOhm	40 mOhm	39 mOhm	42 mOhm	40 mOhm	45 mOhm
Rds(on) @ 175°C (typ)	68 mOhm	65 mOhm	77 mOhm	77 mOhm	80 mOhm	90 mOhm
Qgate	101 nC	121 nC	59 nC	41 nC	204 nC	193 nC
Ciss @ 800V	2900 pF	2070 pF	1620 pF	2225 pF	3455 pF	3550 pF
Coss @ 800V	103 pF	112 pF	75 pF	141 pF	171 pF	165 pF
Eon	270 uJ (@ 175°C)	1410 uJ (@ 175°C)	305 uJ (@ 175°C)	1500 uJ (@ 175°C)	2,0 mJ (@ 25°C)	3,1 mJ (@ 25°C)
Eoff	77 uJ (@ 175°C)	750 uJ (@ 175°C)	53 uJ (@ 175°C)	300 uJ (@ 175°C)	0,31 mJ (@ 25°C)	1,1 mJ (@ 25°C)
Diode Vforward	5.5 V	4.5 V	3.8 V	4.0 V	3.8 V	3.6 V
Diode recovery Trr	45 ns	38 ns	-	54 ns	44 ns	55 ns
Diode charge Qrr	624 nC	109 nC	160 nC	283 nC	1900 nC	220 nC
Total power Ptot @ 25°C	326 W	340 W	227 W	298 W	338 W	520 W

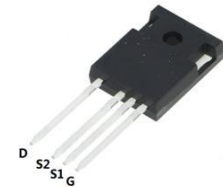
TO-247-3L



# SiC MOSFET для ПСН и электростанций



Vbr	1200V					
	Wolfspeed	YZPST	Wolfspeed	YZPST	WeEn Semi	YANGJIE
P/N	C3M0016120K	YZPST-M1A016120L1	C3M0075120K	YZPST-M1A080120L1	WNSCM80120R	YJD212080NCFG1
Id @ 25°C	115 A	115 A	32 A	36 A	45 A	39 A
Id @ 100°C	85 A	76 A	20 A	24 A	32 A	28 A
Rds(on) @ 25°C (typ)	16 mOhm	16 mOhm	75 mOhm	80 mOhm	80 mOhm	77 mOhm
Rds(on) @ 175°C (typ)	28.8 mOhm	28 mOhm	120 mOhm	140 mOhm	110 mOhm	122 mOhm
Qgate	211 nC	242 nC	53 nC	79 nC	59 nC	41 nC
Ciss @ 800V	6085 pF	4300 pF	1390 pF	1475 pF	1350 pF	890 pF
Coss @ 800V	230 pF	236 pF	58 pF	94 pF	68 pF	58 pF
Eon	2,3 mJ (@ 25°C)	2,1 mJ (@ 25°C)	270 uJ (@ 25°C)	564 uJ (@ 25°C)	393 uJ (@ 25°C)	377 uJ (@ 25°C)
Eoff	0,6 mJ (@ 25°C)	1,6 mJ (@ 25°C)	77 uJ (@ 25°C)	260 uJ (@ 25°C)	42 uJ (@ 25°C)	14 uJ (@ 25°C)
Diode Vforward	4.6 V	4.5 V	4.5 V	3.6 V	4.1 V	3.9 V
Diode recovery Trr	30 ns	55 ns	20 ns	35 ns	36 ns	28 ns
Diode charge Qrr	1238 nC	278 nC	254 nC	91 nC	108 nC	190 nC
Total power Ptot @ 25°C	556 W	582 W	136 W	192 W	270 W	223 W

TO-247-4L








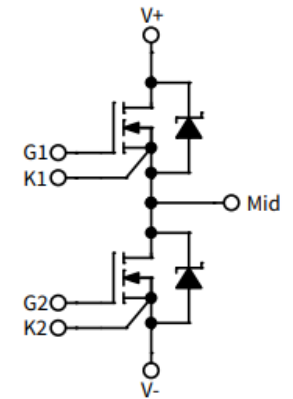


# SiC диоды для ПСН, электростанций и других применений

Vrrm	650V				1200V		
	Wolfspeed	Yangjie	YZPST	GPT	Wolfspeed	Yangjie	YZPST
P/N	C6D10065A	YJD106510PG1	YZPST-S4A010065A	G5S06510AT	C4D20120D	YJD112020NCTQG2	YZPST-S4A020120K
If(avr) @ Tj =25°C	37 A	42 A	38 A	36 A	2 x 34 A	2 x 40 A	2 x 25 A
If(avr) @ Tc = 125°C	19 A	20 A	19 A	19 A	2 x 16,5 A	2 x 20 A	2 x 13 A
Vf @ 25°C (typ)	1.27 V	1.44 V	1.27 V	1.30 V	1.5 V	1.5 V	1.45 V
Vf @ 175°C (typ)	1.37 V	1.72 V	1.38 V	1.62 V	2.2 V	2.2 V	2.0 V
Cj @ 400V	53 pF	34,6 pF	48 pF	56 pF	38 pF	38 pF	34 pF
Capacitive charge @ 400V	34 nC	22,8 nC	25 nC	31 nC	52 nC	52 nC	25 nC
Total power dissipation Ptot @ 25°C	109 W	128 W	150 W	129 W	352 W	500 W	250 W
	<p><b>TO-220-2</b></p> 				<p><b>TO-247-3</b></p> 		

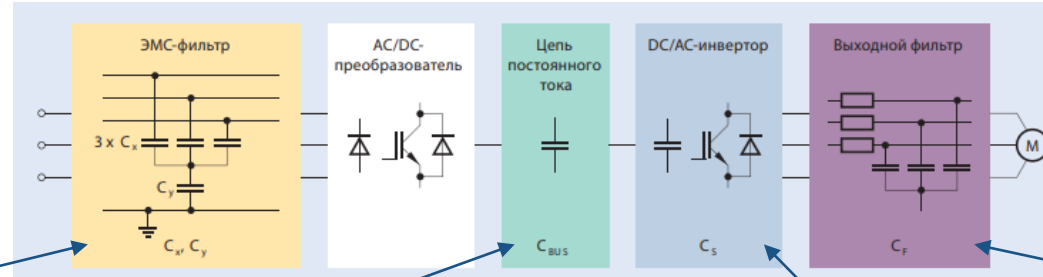
# SiC модули для ПСН и элеткрозарядных станций

					
Наименование	CAS175M12BM3	CAS300M17BM2	MD200HFR120C2S	MD250HFR170C2S	YZPST-300B170F46
Корпус					
UDS, В	1200	1700	1200	1700	1700
IC, А	175	300	250	200	288
RDS(on), мОм	8,0	8,0	6,7	8,3	7,5
QG, нКл	422	1076	642	1272	1158
Cies, нФ	12,9	20	8	27	21,3



Топология: Полумост

# HONGFA - обзор портфолио пленочных конденсаторов



<b>ЭМИ-Фильтр</b>	<b>PFC-Фильтр</b>	<b>DC-Фильтр</b>	<b>Снаббер</b>	<b>Резонанс</b>	<b>АС-Фильтр</b>
-------------------	-------------------	------------------	----------------	-----------------	------------------



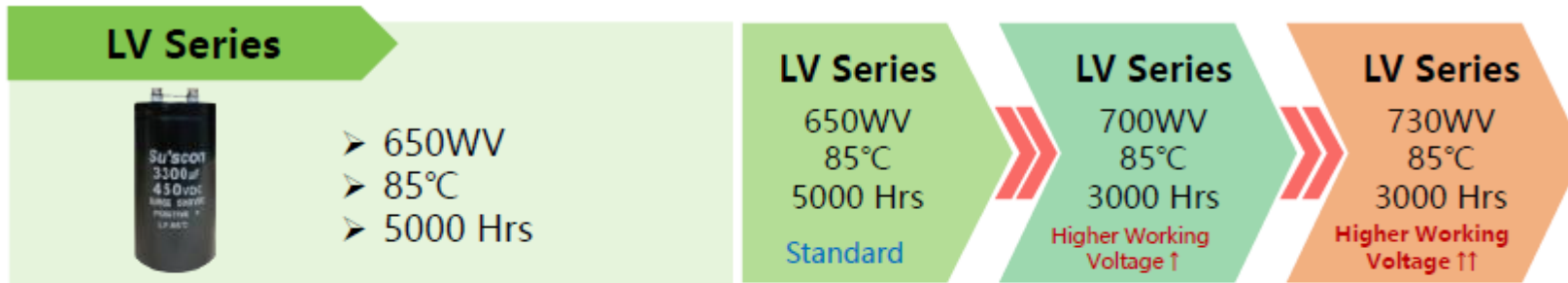
HCBB62-X2	HMKP25	HCDB	HCDA	HCSC	HMMKP82	HCAB	HCAA
Interference suppression Class X2	Metallized polypropylene	DC-Link Capacitor for PCB	DC-Link-Capacitor (Dry-type, Aluminum Case)	Snubber capacitor for IGBT (Lug terminals)	Double sided metallized polypropylene	AC filter Capacitor for PCB	AC filter capacitor (Dry-type)
275Va.c.~350Va.c.	450Vd.c.~630Vd.c.	500Vd.c.~1500Vd.c.	600Vd.c.~4000Vd.c.	630Vd.c.~2500Vd.c.	250Vd.c.~2000Vd.c.	250Va.c.~600Va.c. 50/60Hz	250Va.c.~600Va.c. 50/60Hz
0.001μF~25.0μF	0.022μF~22μF	0.6μF~140μF	20μF ~ 5500μF	0.047μF~10μF	0.00068μF~3.9μF	0.33μF~60μF	20μF~600μF
Заменяет EPCOS: B32921 - B32926	Заменяет EPCOS: B32620, B32621	Заменяет EPCOS: B32744 - B32788	Заменяет EPCOS: B2562, B2568	Заменяет EPCOS: B32656S - B32658S	Заменяет EPCOS: B32641B - B32643B	Заменяет EPCOS: B32754 - B32758	Заменяет EPCOS: B3236

# SUSCON – производитель силовых электролитов

- **Серия LV:** силовые электролиты с болтовым соединением
- Рабочее напряжение: 500 ... **650 VDC** (4700 мкФ)
- Диапазон емкостей: 1000 ... **15000 мкФ** (500 VDC)
- Ток пульсаций (Iripple): 5.9 ... 39.8 A
- Срок службы: 5000 часов \ +85°C
- 



## 📌 Screw Type: High Working Voltage Product







## 📌 R&D Road map





Серия		Параметры серии	Макс. разрыв
HC105EV		EV Fuse 10x38 500V DC \10A-50A	20KA
HB5EV		EV Fuse 500V DC \50A-400A	50KA
HB7EV		EV Fuse 750V DC \50A-400A	50KA
HC10LPV		Photovoltaic Fuse 10x85 1500V DC \1A-35A	30KA
HC10PV		Photovoltaic Fuse 10x38 1000V DC \1A-30A	30KA
HC14gPV		Photovoltaic Fuse 14.3X51 1500V DC \1A-15A	30KA
HC10aR		Class of Operation: AR 10X38 1000V/500V/690V DC/AC \250mA-32A	120KA
HC10NR		Fast-Acting Fuses Class CC 600V AC, 300V DC \1A-30A	200KA @ 600V AC 20KA @ 300V DC
HC10SR		Time-Delay Fuses Class CC 600V AC, 300V DC \1A-30A	200KA @ 600V AC 10KA @ 300V DC



Серия		Параметры серии	Макс. разрыв
NH1gPV		Photovoltaic Fuse 1100V DC \40A-250A	50KA
NH1XLgPV		Photovoltaic Fuse 1500V DC \63A-200A	30KA
NH2XLPV		Photovoltaic Fuse 1500V DC \63A-400A	30KA
NH3LgPV		Photovoltaic Fuse 1500V DC \400A-630A	50KA
NH2XLaR		aR Type 1500V DC \125A-420A	250KA
NH3XLaR		aR Type 1500V DC \400A-630A	250KA
HBA		Class of Operation:AR 150V AC/DC \70A-400A	100KA @ 150V AC 20KA @ 150V DC
HEA		Class of Operation: AR 690V AC, 500V DC \6A-400A	80KA @ 690V AC 50KA @ 500V DC
HBE		Class of Operation: AR 1000V AC / 750V DC \35A-800A	100KA @ 1000V AC 50KA @ 750V DC



AC Charging Piles

**AC Circuit: 6HF**



Rated Voltage : 500V ac/dc  
Rated Current: 12A~30A  
Interrupting Capacity: 10kA



DC Charging Piles

**DC Circuit: HB5(7)EV**



Rated Voltage : 500(750)Vdc  
Rated Current: 50A~400A  
Interrupting Capacity: 50kA



PDU

**PDU: HE7EV**



Rated Voltage :750Vdc  
Rated Current: 10A~100A  
Interrupting Capacity: 50kA



DC/DC, OBC, PTC

**OBC: HC105EV**



Rated Voltage :500Vdc  
Rated Current: 10A~50A  
Interrupting Capacity: 20kA



15KW String Inverter

**Fuses for String Inverters:**

**HC10gPV**



Rated Voltage: 1000Vdc  
Rated Current: 1A~30A  
Interrupting Capacity: 30kA



320KW String Inverter

**NH2MgS**



Rated Voltage: 900Vac  
Rated Current: 200A~400A  
Interrupting Capacity: 50kA



**3.125MW Central Inverter**

### Fuses for Central Inverters: NH2XLPV



Rated Voltage: 1500Vdc  
Rated Current: 125A~630A  
Interrupting Capacity: 50kA



**Combiner Box**

### Fuses for Combiner Boxes: HC10LPV



Rated Voltage: 1500Vdc  
Rated Current: 1A~35A  
Interrupting Capacity: 20kA



**Battery Pack**

### Fuses for Battery Pack: H1BB



Rated Voltage: 250Vdc  
Rated Current: 200A~450A  
Interrupting Capacity: 50kA



**Battery Modules**

### Fuses for Battery Modules: NH2XLaR



Rated Voltage: 1500Vdc  
Rated Current: 125A~420A  
Interrupting Capacity: 250kA



**PCS Converter**

### Fuses for PCS Converters: NH3XLaR



Rated Voltage: 1500Vdc  
Rated Current: 400A~630A  
Interrupting Capacity: 250kA



**Integrated System**

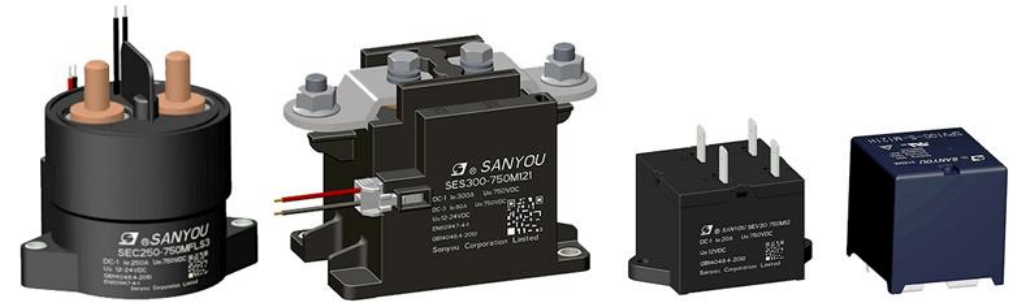
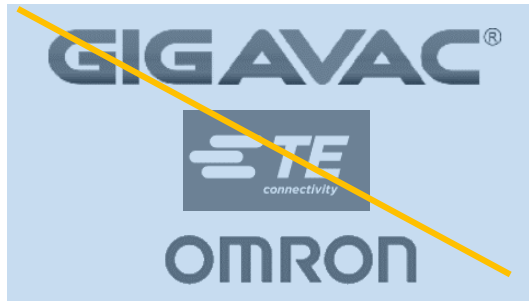
### Fuses for Integrated System: H5FG



Rated Voltage: 1500Vdc  
Rated Current: 1800A~3000A  
Interrupting Capacity: 250kA



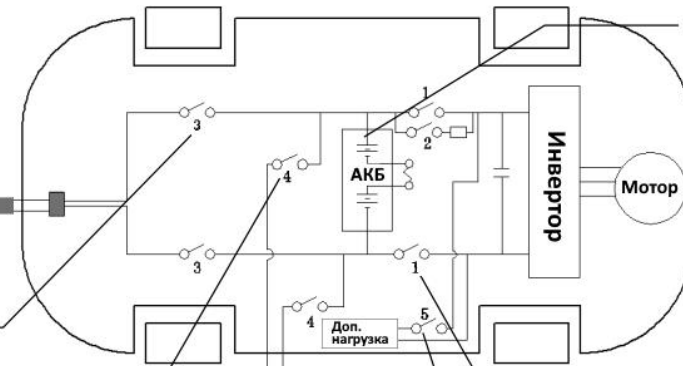
# DC-контакторы



- 1NO, 2NO
- До 1кА / 1.5кВ
- Герметичная конструкция
- Высокая устойчивость к перенапряжению
- DIP, фастоны, винты, сокет



3. Быстрая зарядка



2. Предпусковые реле



- Подвижной состав
- Колёсный электротранспорт
- Мощные UPS для серверов
- Инверторы и пр.



4. Медленная зарядка



5. Дополнительная нагрузка (нагрев/охлаждение вспомогательные системы)



1. Управление двигателем

# Датчики тока Cheemi для замены продукции западных брендов



Наименование	CSNR151 Honeywell	CHB125AP15D6 2.5 (CHEEMI)	HASS 100-S (LEM)	CHK50BSR5S6L- 02 (CHEEMI)	HASS 400-S (LEM)	CHK400BSR5S6 -02 (CHEEMI)
Внешний вид						
Тип	Closed loop	Closed loop	One loop	Open loop	One loop	One loop
Номинальный ток	125 A	125 A	100 A	100A	400A	400A
Размеры	36.5 x 29.9 x 14.5 mm	36.5 x 29.3 x 15.5 mm	40 x 30 x 30 mm	40 x 30 x 29 mm	40 x 30 x 30 mm	40 x 30 x 29 mm
Коэффициент преобразования	2000	2000	-	-	-	-
Диапазон измерения	± 200 A	± 375 A	± 300 A	± 300 A	± 1100 A	± 900 A
Напряжение питания	± 12... ± 15 V	± 9 ... ± 15 V	+5.0V	+5.0V	+5.0V	+5.0V
Точность	± 0.5 %	± 0.5 %	± 1%	± 1%	± 1%	± 1%
Полоса пропускания	150 kHz	200 kHz	-	-	-	-
Время отклика (90%)	-	-	3.5μs	3μs	3.5μs	3μs
Напряжение изоляции	3 kV	3 kV	3.6 kV	2.6 kV	3.6 kV	2.6 kV
Рабочая температура	-40 ... +85 °C	-40 ... +85 °C	-40 ... +105 °C	-40 ... +85 °C	-40 ... +105 °C	-40 ... +85 °C





# Датчики тока BYD



BSX1-IOV1										
Rated Primary Current	200A	300A	400A	500A	600A	700A	800A	900A	1200A	1500A
Measuring Supply Voltage	±200A	±300A	±400A	±500A	±600A	±700A	±800A	±900A	±1200A	±1500A
Power Supply Voltage	5V			Linearity				< ±1% / ±2% (1500A)		
Frequency Bandwidth	50kHz@-3dB			Accuracy				< ±1% / ±2% (1500A)		
Operating Temperature Range	-40~+125°C			Response Time				5~8μs		



BSX7-IOV1							
Rated Primary Current	200A	400A	500A	600A	800A	900A	1200A
Measuring Supply Voltage	±200A	±400A	±500A	±600A	±800A	±900A	±1200A
Power Supply Voltage	5V		Linearity			< ±1%	
Frequency Bandwidth	40kHz@-3dB		Accuracy			< ±1%	
Operating Temperature Range	-40~+125°C		Response Time			< 6μs	



BST1-IOV1								
Rated Primary Current	200A	300A	400A	500A	600A	700A	800A	900A
Measuring Supply Voltage	±200A	±300A	±400A	±500A	±600A	±700A	±800A	±900A
Power Supply Voltage	5V			Linearity				< ±1%
Frequency Bandwidth	50kHz@-3dB			Accuracy				< ±1%
Operating Temperature Range	-40~+125°C			Response Time				< 5μs



BSX1-IOV1HA								
Rated Primary Current	200A	300A	400A	500A	600A	700A	800A	900A
Measuring Supply Voltage	±200A	±300A	±400A	±500A	±600A	±700A	±800A	±900A
Power Supply Voltage	5V			Linearity				< ±1%
Frequency Bandwidth	20kHz@-3dB			Accuracy				< ±2%
Operating Temperature Range	-40~+125°C			Response Time				15~20μs



# Датчики тока BYD



BCX6-IOV1					
Rated Primary Current	100A	200A	300A	Conversion Ratio	1:2000
Measuring Supply Voltage	±150A	±200A	±300A	Offset current	< ±0.15mA
Power Supply Voltage	±15V			Linearity	< ±0.1%
Frequency Bandwidth	100kHz@-3dB			Accuracy	< ±0.5%
Operating Temperature Range	-40~+105°C			Response Time	< 1μs



BSX2-ICV3				
Rated Primary Current	500A		Conversion Ratio	1:5000
Measuring Supply Voltage	±1200A		Offset current	< ±0.1mA
Power Supply Voltage	±15~±18V		Linearity	< ±0.1%
Frequency Bandwidth	100kHz@-3dB		Accuracy	< ±0.5%
Operating Temperature Range	-40~+105°C		Response Time	< 1μs



BSX2-ICV3				
Rated Primary Current	±800A		Output Voltage	$(V_{cc}/5) \times (2.5 + G \times I_P)$
Measuring Supply Voltage	±800A		Linearity	< 1%
Power Supply Voltage	5V		Accuracy	< 1%
Frequency Bandwidth	40kHz@-3dB		Response Time	< 6μs
Operating Temperature Range	-40~+125°C			



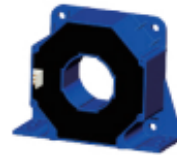
BSX2-ICV3				
Rated Primary Current	800A	1200A	Output Voltage	$(V_{cc}/5) \times (2.5 + G \times I_P)$
Measuring Supply Voltage	±800A	±1200A	Linearity	< ±1%
Power Supply Voltage	5V		Accuracy	< ±1%
Frequency Bandwidth	40kHz@-3dB		Response Time	< 3μs
Operating Temperature Range	-40~+125°C			



# Датчики тока BYD



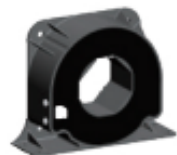
BSF2-300ICV6			
Rated Primary Current	300A	Conversion Ratio	1:2000
Measuring Supply Voltage	±500A	Linearity	< ±0.1%
Power Supply Voltage	±12~±15V	Accuracy	< ±0.4%
Rated Output	150mA	Isolation Voltage	6kV
Frequency Bandwidth	100kHz@-1dB	Response Time	< 1μs



BSH-500ICV5			
Rated Primary Current	500A	Conversion Ratio	1:5000
Measuring Supply Voltage	±800A	Linearity	< ±0.1%
Power Supply Voltage	±15~±24V	Accuracy	< ±0.6%
Rated Output	100mA	Isolation Voltage	3.8kV
Frequency Bandwidth	100kHz@-1dB	Response Time	< 1μs

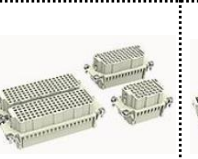
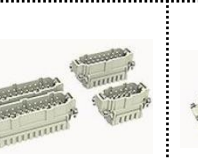




BSH-1000ICV5			
Rated Primary Current	1000A	Conversion Ratio	1:5000
Measuring Supply Voltage	±1500A	Linearity	< ±0.1%
Power Supply Voltage	±15~±24V	Accuracy	< ±0.4%
Rated Output	200mA	Isolation Voltage	3.8kV
Frequency Bandwidth	150kHz@-1dB	Response Time	< 1μs

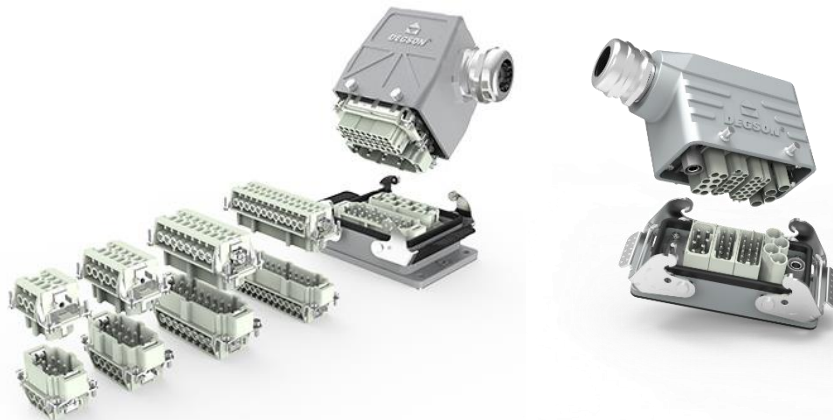


BSH-2000ICV5			
Rated Primary Current	2000A	Conversion Ratio	1:5000
Measuring Supply Voltage	±3000A	Linearity	< ±0.1%
Power Supply Voltage	±15~±24V	Accuracy	< ±0.3%
Rated Output	400mA	Isolation Voltage	3kV
Frequency Bandwidth	100kHz@-1dB	Response Time	< 1μs

# Линейка промышленных разъемов DEGSON.

									
	DA Insert Series	DD Insert Series	DDD Insert Series	DE Insert Series	DEE Insert Series	DQ Insert Series	DSB Insert Series	DK Insert Series	DM Insert Series
Rated voltage	400/230V, 250V	400/230V, 250V	250V	500V	500V	400V	500V	400/160V, 690V, 690/400V, 690/250V, 400/400V	50V, 160V, 400V, 500V, 830V, 1000V
Rated current	10A, 16A	10A	10A	16A	16A	10A, 16A	35A	16/10A, 80A, 80/16A, 40/10A, 100A	1A, 4A, 5A, 10A, 16A, 40A, 70A, 100A, 200A
Overvoltage category/Degree of pollution	III/3	III/3	III/3	III/3	-	-	-	-	-

Сертификация продуктов



Наименование	<b>KLS1-L61-HVC037 &amp; KLS1-L61-HVC038 &amp; KLS1-L61-HVC061 &amp; KLS1-L61-HVC062</b>	<b>KLS1-L61-HVC008 &amp; KLS1-L61-HVC038</b>	<b>KLS1-L61-HVC001 &amp; KLS1-HV02-0300 &amp; KLS1-L61-HVC011 &amp; KLS1-L61-HVC012 &amp; KLS1-L61-HVC021 &amp; KLS1-L61-HVC022</b>	<b>KLS1-HV02-0210 &amp; KLS1-HV06-0250 &amp; KLS1-HV06-0270</b>	<b>KLS1-L52-PP0081-03 &amp; KLS1-L52-PP0082-03</b>	<b>KLS1-L64</b>	<b>KLS1-L55</b>
Описание	3 POS Plastic HV Connector (2.5-4mm <sup>2</sup> )	2 POS Plastic HV Connector (2.5mm <sup>2</sup> )	3 POS Lever Plastic HV Connector (35-50mm <sup>2</sup> )	2 POS Straight Lever Plastic HV Connector (50-70mm <sup>2</sup> )	HV connector Push-Pull 3 POS 23A Metal Straight (2.5mm <sup>2</sup> )	2 POS 3 POS Lock Screw HV Junction Box	70mm <sup>2</sup> Plastic HV Junction Box
Current rating	10A - 2.5mm <sup>2</sup> 20A - 4mm <sup>2</sup>	16A - 2.5mm <sup>2</sup>	180A - 35mm <sup>2</sup> 250A - 50mm <sup>2</sup>	250A - 50mm <sup>2</sup> 300A - 70mm <sup>2</sup>	23A – 2,5mm <sup>2</sup>	200A - 50mm <sup>2</sup>	300A - 70mm <sup>2</sup>
Voltage rating	AC 570V / DC 800V	AC 500V / DC 700V	DC 1000V / AC 800V	DC 1500V	DC 700V / AC 600V	DC 800V / AC 600V	DC 2450V / AC 1750V
Dielectric Withstand Voltage	AC 3000V	AC 2000V	AC 3500V	DC 6400V	AC 3000V	AC 2500V	AC 3500V

# Зарядные вилки для электростанций



P/N	CA #EV01AT-002-XM	CA #EV02BT-003-XM	CA #EV03FT-002-XM
Тип	Type 1 Female	Type 2 Male	CCS Type 2
Ток	16A	32A	150A
Кол-во фаз	1 Phase	1 Phase	

P/N	MAAC-S-080A-V-03-5.0M	MEAC-T-032A-V1P1-5.0M	MEDC-T-200A-V-5.0M	MGDC-T-125A-V-5.0M
Тип	Type 1	Type 2	CCS Type 2	GB/T
Максимальная мощность зарядки	20кВт	24кВт	200кВт	125кВт
Кол-во фаз	1 Phase	3 Phase		
Степень защиты	IP67	IP54	IP54	IP54

P/N	KLS15-IEC03-E32	KLS15-IEC09	V5-DSS-EV32P
Тип	Type 2	CCS Type 1	Type 1
Ток	32A	150A	32A
Кол-во фаз	3 фазы		1 фаза
Степень защиты	IP44	IP65	IP44

\*Также доступны зарядные розетки и аксессуары

\*Также доступны зарядные розетки и аксессуары





# Производители силовых компонентов по группам

	Starpower	YZPST	TAIXIN	Yangjie (YJ)	CRRC	Leapers	HONGFA	Cheemi	Degson	BYD	Sanyo	Bochen	Holly Fuse	KLS
Силовые IGBT модули 1200В	★	★	★	★	★	★								
Силовые IGBT модули 1700В	★	★	☆	☆	★	★								
Силовые IGBT модули 3300-6500В	☆	★			★									
Силовые SiC модули (1200/1700В)	★	★		★	★	★								
SiC дискретные (диоды и MOSFET)	★	★	★	★										
Дискретные IGBT	★	★	★	★										
Быстрые диодные модули (FRED, Шоттки)		★	★	★										
Диодно-тиристорные выпрямительные модули		★		★										
Силовые конденсаторы		★					★							
Силовые резисторы		★										★		★
Контакты и реле							★				★			
Разъемы и соединители							★		★					★
Датчики тока и напряжения							★	★		★	★			
Предохранители и защитные компоненты		★											★	

# Сравнительный анализ производителей активных компонентов для силовой электроники

	Starpower	YZPST	Taixin	Yangjie (YJ)	Leapers	CRRC
						
Наличие инновационных продуктов у производителя	Да (IGBT7 + SiC модули)	Да (SiC модули и дискретные, High Power)	Нет (стандартные IGBT 1200В)	Нет (стандартные IGBT 1200В + «биполярка»)	Да (SiC модули)	Да (модули High Power)
Сроки производства и поставки	12-28+	Короткие (до неск. недель)	4-12 недель	8-12 недель	25-50 недель	7-15 недель
Проектирование на заказ / кастомизированные решения	Каталожная продукция	Силовые ячейки под заказ	Каталожная продукция	Каталожная продукция	Каталожная продукция	Силовые ячейки под заказ
Техническое сопровождение	★★★☆☆	★★★★★	★★★☆☆	★★★☆☆	-	-
Качество и полнота документации	★★★★★	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Модели для симуляции	Есть	По запросу	Нет	По запросу	Нет	-

# Сравнительный анализ производителей электромеханики для силовой электроники

					
Сроки производства и поставки	6-10 недель	6-10 недель	12-16 недель	12-18 недель	8-12 недель
Проектирование на заказ / кастомизированные решения	★★★★	★★★★	★★★	★★★★	★★★★
Техническое сопровождение	★★★	★★★★	★★★	★★★★	★★★★
Качество и полнота документации	★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★

# Сравнительный анализ производителей силовых пассивных и защитных компонентов для силовой электроники

					
Сроки производства и поставки	5-8 недель	5-8 недель	5-8 недель	10-15 недель	8-16 недель
Проектирование на заказ / кастомизированные решения	★★★★	★★★★	★★★★	☆☆☆☆	★★★☆☆
Техническое сопровождение	★☆☆☆☆	★☆☆☆☆	★★★☆☆	★★★★	★★★★
Качество и полнота документации	☆☆☆☆	☆☆☆☆	★★★☆☆	★★★★	★★★★

## Итоги и выводы

- Для всех применений найдется качественное решение от азиатских производителей
- Складская программа постоянно расширяется
- Наша команда постоянно ведёт работу над поиском перспективных китайских производителей
- Мы готовы и рады обмену опытом
- Вы можете прислать запрос менеджеру или самостоятельно сделать заказ через СДС

# Спасибо за внимание 感谢您的参与

愿原力与你同在