



Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

НОВАЯ СЕРИЯ МОП-ТРАНЗИСТОРОВ IRFP4XXX С УЛЬТРАНИЗКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ КАНАЛА

Новая серия мощных МОП-транзисторов IRFP4xxx компании International Rectifier (IR) с ультранизким сопротивлением канала позволяет существенно повысить КПД преобразования электрической энергии и значительно сократить потери проводимости в конверторах.

Отличительная особенность новой серии IRFP4xxx, производимой по новейшей технологии Trench HEXFET Power MOSFETs, — уменьшенное сопротивление $R_{ds(on)}$ до 2,5 раз по сравнению с транзисторами предыдущего поколения. Все они выпускаются в стандартном популярном корпусе TO-247AC, что позволяет существенно снизить стоимость готового устройства. Производитель рекомендует следующие области применения новых МОП-транзисторов:

- синхронные выпрямители телекоммуникационных и промыш-

ленных преобразователей энергии с напряжением шин питания до 80 В;

- мощные инверторы постоянного и переменного тока;

- источники бесперебойного питания (UPS);

- силовые O'Ring узлы (замена диодов Шоттки в мощных схемах ИЛИ для суммирования выходных токов);

- привод электроинструмента;

- промышленный привод постоянного тока с батарейным питанием от 12 до 80 В (электрокары, вилочные подъемники);

- силовая автоэлектроника — мощные DC/DC-преобразователи

для сетей 14 В/42 В, инверторы стартер-генераторов и электро-механических усилителей руля;

- инверторы солнечных батарей.

Преимущества по отношению к предыдущим поколениям MOSFET

На рисунке 1 представлено сравнение $R_{ds(on)}$ новых транзисторов (выделены желтым цветом) и лучших приборов предыдущего поколения IR (выделены синим цветом). В таблицу 1 сведены для сопоставления основные параметры транзисторов, производимых по новейшей технологии, и некоторых предыдущих серий MOSFET в корпусе TO-247AC.

Необходимо обратить внимание на то, что новые транзисторы IRFP4004PBF, IRFP4368PBF, IRFP4468PBF, IRFP4568PBF имеют ограничение тока из-за сопротивления выводов корпуса TO-247AC, а не из-за кристалла (кристалл способен на гораздо большее). При расчетах схем с этими транзисторами и сравнении с аналогичными приборами целесообразнее ориентироваться на сопротивление канала в открытом состоянии, не забывая об ограничении тока выводами корпуса TO-247AC. В новой серии появился транзистор IRFP4004PBF с максимальным напряжением сток-исток 40 В (см. рисунок 1), обладающий рекордно низким сопротивлением $R_{ds(on)}$ 1,7 мОм (это максимальное значение, типовое значение обычно еще меньше). Однако за это приходится расплачиваться увеличением заряда затвора, что влечет за собой выбор драйверов MOSFET с большими выходными токами, короткими фронтами

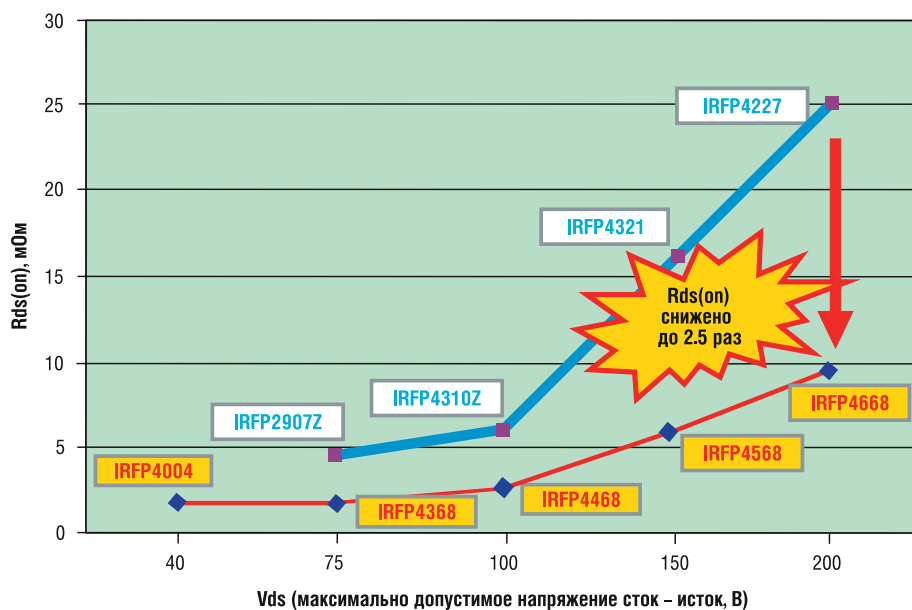


Рис. 1. Сравнение $R_{ds(on)}$ транзисторов новой серии IRFP4xxx и приборов предыдущих поколений

International
IR Rectifier

Таблица 1. Параметры новых полевых транзисторов IRFP4xxx и транзисторов IR предыдущих поколений в корпусе TO-247AC

Наименование	V _{сн} , макс, В	R _{ds(on)} макс., мОм, V _{зи} =10 В	Истока, А, t° = 25°C	Истока, А, t° = 100°C	Qg.*, тип., нКл	Qgd**, тип., нКл	R _{th(JC)} ***, К/Вт	Мощность, Вт, макс. (при t°=25°C)
IRFP4004PBF (New)	40	1,7	350****	250****	220	75	0,40	380
IRFP044N	55	20,0	53	37	40,7	16,0	1,5	100
IRFP1405	55	5,3	160	110	120,0	53,3	0,49	310
IRFP064N	55	8,0	98	69	113,3	50,0	1,0	150
IRFP054N	55	12,0	72	51	86,7	35,3	1,2	130
IRFP048N	55	16,0	62	44	59,3	26,0	1,2	130
IRFP064V	60	5,5	130	95	173,3	62,7	0,60	250
IRFP054V	60	9,0	93	66	113,3	39,3	0,85	180
IRFP3206PBF	60	3,0	200	140	120,0	35,0	0,54	280
IRFP3306PBF	60	4,2	160	110	85,0	26,0	0,67	220
IRFP2907Z	75	4,5	170	120	180,0	65,0	0,49	310
IRFP4368PBF (New)	75	1,8	350****	250****	380,0	105,0	0,29	520
IRFP3077PBF	75	3,3	200	140	160,0	42,0	0,44	340
IRFP2907	75	4,5	177	125	410,0	140,0	0,45	330
IRFP4710	100	14,0	72	51	110,0	40,0	0,81	190
IRFP4410ZPBF	100	9,0	97	69	83,0	27,0	0,65	230
IRFP150V	100	24,0	46	32	86,7	28,7	1,1	140
IRFP150N	100	36,0	39	28	73,3	38,7	1,1	140
IRFP140N	100	52,0	27	19	62,7	28,7	1,6	94
IRFP3710	100	25,0	51	36	66,7	17,3	0,83	180
IRFP4310ZPBF	100	6,0	134	95	120,0	35,0	0,54	280
IRFP4468PBF (New)	100	2,6	290****	200****	360,0	89,0	0,29	520
IRFP4110PBF	100	4,5	180	130	150,0	43,0	0,40	370
IRFP3415	150	42,0	43	30	133,3	65,3	0,75	200
IRFP4321PBF	150	15,5	78	55	71,0	21,0	0,49	310
IRFP4568PBF (New)	150	5,9	171****	121****	151,0	55,0	0,29	517
IRFP4227PBF	200	25,0	65	46	70,0	23,0	0,45	330
IRFP260N	200	40,0	49	35	156,0	73,3	0,50	300
IRFP4668PBF (New)	200	9,7	130	92	161,0	52,0	0,29	520
IRFP90N20D	200	23,0	94	66	180,0	87,0	0,26	580
IRFP250N	200	75,0	30	21	82,0	38,0	0,70	214
IRFP4332PBF	250	33,0	57	40	99,0	35,0	0,42	360
IRFP4229PBF	250	46,0	44	31	72,0	26,0	0,49	310
IRFP4232	250	35,7	60	42	160,0	60,0	0,35	430
IRFP4242PBF	300	59,0	46	33	165,0	61,0	0,35	430

* Qg – Total Gate Charge - суммарный (полный) заряд затвора

** Qgd – Gate-to-Drain («Miller») Charge – заряд затвора, обусловленный эффектом Миллера

*** R_{th(JC)} – тепловое сопротивление «переход-корпус» (Junction-to-Case), измеренное при температуре около 90°C

**** Максимальный ток, ограниченный кристаллом (ток, ограниченный выводами корпуса, см. в документации производителя).

и малыми задержками, хотя выбор таких драйверов достаточно велик и обычно не вызывает никаких затруднений. Все новые транзисторы обладают очень низкими значениями теплового сопротивления переход-корпус, что позволяет более эффективно отводить тепло от кристалла. Нужно отметить, что пять новых транзисторов заменяют большое количество транзисторов предыдущего поколения International Rectifier (см. таблицу 1) и некоторые MOSFET известных фирм Fairchild, ST, IXYS (см. таблицы 2 и 3).

Сравнение новых Trench HEXFET Power MOSFETs с аналогами других производителей

Среди транзисторов с напряжением сток-исток 40 В прибор **IRFP4004PBF** не имеет аналогов. По сопротивлению канала с ним может конкурировать только транзистор IR в дорогом 7-выводном корпусе для поверхностного монтажа **IRF2804S-7P**. Самый близкий прибор от другого производителя – это **FDA8440** с сопротивлением канала 2,1 мОм от компании Fairchild (параметры

для сравнения приведены в таблице 2). В крайнем правом столбце таблицы 2 для всех транзисторов других производителей указано отношение сопротивлений R_{ds(on)} близкого по параметрам транзистора IR к R_{ds(on)} конкретного транзистора другого производителя. Все эти соотношения меньше 1, что говорит о том, что сопротивление канала транзисторов IR меньше или гораздо меньше аналогичного параметра приборов фирм Fairchild, ST и IXYS.




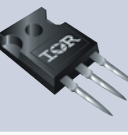


В диапазоне напряжений сток-исток 55...75 В бесспорным лиде-

Таблица 2. Сравнение параметров новых транзисторов IR серии IRFP4xxx с аналогичными от других производителей

Производитель	Наименование	Vси, макс., В	Rds(on) макс., мОм, Vзи=10 В	Истока, А, t°=25°С	Qg. *, тип., нКл	Qgd**, тип., нКл	Rth(JC)*** К/Вт	Мощность, Вт, макс. (при t°=25°С)	Корпус	(Rds IR) / (Rds другого производителя)
IR	IRFP4004PBF	40	1,7	350****	220,0	75,0	0,40	380	TO-247AC	
Fairchild	FDA8440	40	2,1	100	345	74	0,49	306	TO-247AC	0,81
IR	IRFP4368PBF	75	1,8	350****	380,0	105,0	0,29	520	TO-247AC	
Fairchild	FD038AN08A1	75	3,5	80	125		0,33	450	TO-247AC	0,51
STM	STW220NF75	75	4,4	120	500	135	0,3	460	TO-247AC	0,4
IR	IRFP4468PBF	100	2,6	290****	360,0	89,0	0,29	520	TO-247AC	
Fairchild	HUF75652G3	100	8	75	475	74	0,29	515	TO-247AC	0,32
IXYS	IXTR200N10P	100	8	120	235		0,5	300	Super247	0,32
IXYS	IXFX250N10P	100	6,5	250	205		0,12	1250	Super247	0,31
IR	IRFP4568PBF	150	5,9	171****	151,0	55,0	0,29	517	TO-247AC	
Fairchild	HUF7588G3	150	16	75	480	66	0,3	500	TO-247AC	0,4
IXYS	IXTQ120N15P	150	16	120	150		0,25	600	TO-3P	0,35
IXYS	IXTQ150N15P	150	13	150	190		0,21	714	TO-3P	0,45
IR	IRFP4668PBF	200	9,7	130	161,0	52,0	0,29	520	TO-247AC	
Fairchild	FQA65N20	200	32	65	200	75	0,4	310	TO-3P	0,3
IXYS	IXTH96N20	200	24	96	145		0,25	600	TO-247AC	0,4
IXYS	IXTQ120N20	200	22	120	152		0,21	713	TO-3P	0,44

*, **, ***, **** – расшифровка приведена в таблице 1.

Таблица 3. Рекомендуемые замены от IR для транзисторов с близкими параметрами других производителей

Производитель	Наименование	Прямая замена от IR	Замена от IR с улучшением параметров	Возможная замена от IR	Корпус других производителей	Корпус IR	Внешний вид корпусов
	FDA8440	–	IRFP4004PBF	–	TO-3P	TO-247	
	FDH038AN08A1	–	IRFP4368PBF	–	TO-247	TO-247	
	HUF75653G3	–	IRFP4468PBF	–	TO-247	TO-247	
	HUF75882G3	–	IRFP4568PBF	–	TO-247	TO-247	
	FQA65N20	–	IRFP4668PBF	–	TO-247	TO-247	
	STW200NF75	IRFP4368PBF	–	–	TO-247	TO-247	
	IXTR200N10P	–	–	IRFP4468PBF	ISO247	TO-247	
	IXFX250N10P	–	–	IRFP4468PBF	PLUS247	TO-247	
	IXTQ120N15P	–	IRFP4568PBF	–	TO-3P	TO-247	
	IXTQ150N15P	–	–	–	TO-3P	TO-247	
	IXTH96N20	IRFP4668PBF	–	–	TO-247	TO-247	
	IXTQ120N20	–	IRFP4668PBF	–	TO-3P	TO-247	

ром является **IRFP4368PBF**. Сопротивление канала 1,8 мОм в сочетании с остальными параметрами обеспечивают ему большой отрыв от популярных **IRFP044N**, **IRFP048N** и **IRFP064N** (диапазон 55 В). 75-вольтовый новый транзистор **IRFP4368PBF** с успехом заменяет 60-вольтовые **IRFP064V**, **IRFP054V**, **IRFP3206PBF**, **IRFP3306PBF** и очень популярный 75-вольтовый **IRFP2907Z**. У нового транзистора

IRFP4368PBF сопротивление канала снижено в 2,5 раза по сравнению с лучшим прибором IR предыдущего поколения **IRFP2907Z**. Ближайшие конкуренты для напряжения 75 В от компаний **Fairchild** – **FD038AN08A1** и от компании **ST** – **STW220NF75** имеют сопротивление канала 3,5 и 4,4 мОм соответственно (см. таблицу 2).

В диапазоне 100 В тон задает **IRFP4468PBF** с сопротивлением

канала 2,6 мОм. 100-вольтовый транзистор IR предыдущего поколения **IRFP4110PBF** имеет Rds(on) 4,5 мОм, а ближайшие по параметрам 100-вольтовые **HUF75652G3 (Fairchild)** и **IXTR200N100P (IXYS)** – 8 мОм, а **IXFX250N10P (IXYS)** – 6,5 мОм. Однако последние два транзистора фирмы IXYS выпускаются в более дорогих корпусах Super247.

Диапазон 150 В. Здесь в большом отрыве **IRFP4568PBF** с со-

противлением канала 5,9 мОм. Среди догоняющих — 150-вольтовые **HUF75882G3** компании **Fairchild** с $R_{ds(on)}$ 16 мОм, а также **IXTQ120N15P** и **IXTQ150N15P** компании **IXYS** с сопротивлением канала 16 и 13 мОм соответственно. Справедливости ради нужно отметить, что транзисторы IXYS производятся в более дорогих корпусах ТО-3Р.

Наконец, мы подошли к диапазону 200 В. Здесь самый сильный игрок — новый транзистор **IRFP4668PBF** с сопротивлением канала 9,7 мОм, что для 200-вольтовых приборов является эталонным показателем при таком напряжении. Ближайшие транзисторы этого класса **FQA65N20 (Fairchild)** имеют $R_{ds(on)}$ 32 мОм, а **IXTH96N20** и **IXTQ120N20** компании **IXYS** — 24 и 22 мОм соответственно. Однако кристаллы **FQA65N20** и **IXTQ120N20** упакованы в более дорогие корпуса ТО-3Р, что дает дополнительное преимущество транзистору **IRFP4668PBF**. 200-вольтовые транзисторы предназначены для работы в телекоммуникационных источниках питания с шиной с постоянным напряжением до 80 В.

В таблице 3 приведены рекомендуемые замены от International Rectifier для МОП-транзисторов компаний Fairchild, ST, IXYS.

В некоторых случаях один новый МОП-транзистор IR может заменить до трех параллельно включенных транзисторов IR предыдущих поколений в диапазоне 100...200 В. Кроме того, при параллельном соединении транзисторов добавляются сопротивления соединительных проводников, которые при токах десятки и сотни Ампер могут существенно ухудшать статические и динамические параметры эквивалентного транзистора. Цена одного нового транзистора меньше стоимости трех параллельно включенных приборов предшествующих поколений. При этом можно уменьшить размер радиатора и снизить температуру в блоке. Следует учесть, что при снижении температуры в блоке на 10 процентов срок службы электролитических

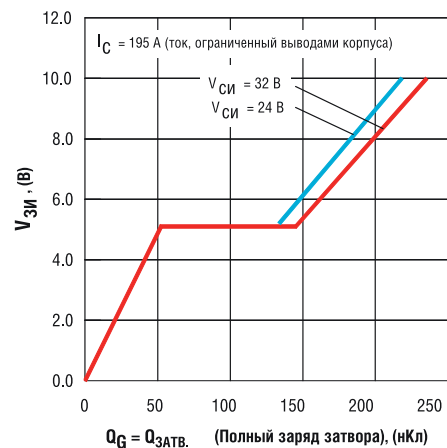
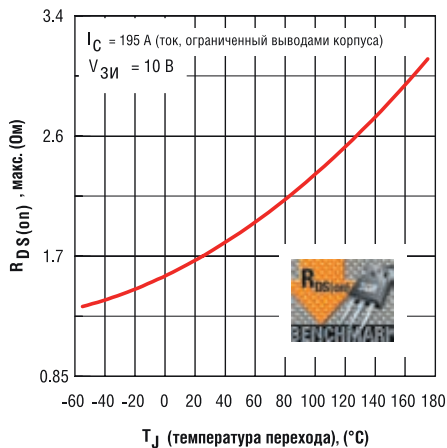


Рис. 2. Зависимости $R_{ds(on)}$ от температуры перехода, заряда затвора от напряжения затвористок для транзистора IRFP4004PBF

IRFP4004PBF Типовые выходные характеристики при длительности импульса < 60 мкс
Максимальный постоянный ток (ограниченный выводами корпуса = 195 А при 25°C)
Максимальный постоянный ток (ограниченный кристаллом = 350 А при 25°C (250 А при 100°C))

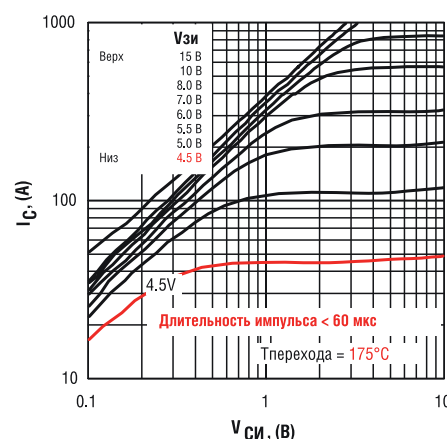
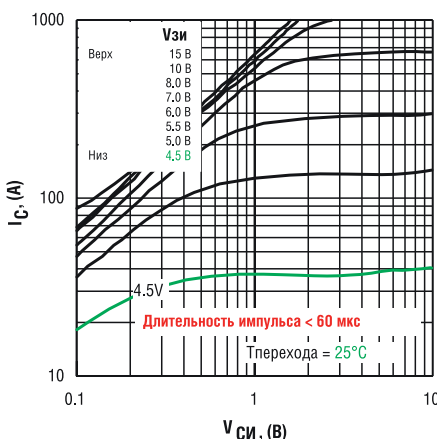


Рис. 3. Выходные характеристики IRFP4004PBF при длительности импульса менее 60 мкс

конденсаторов удваивается. Как известно, именно электролитические конденсаторы в большинстве случаев определяют время безотказной работы силового преобразователя.

Графические зависимости основных параметров 40-вольтового IRFP4004PBF

На рисунке 2 приведены зависимости сопротивления канала в открытом состоянии (максимальное значение при $U_{зи} = 10$ В) от температуры перехода и полного заряда затвора Q_g от напряжения $U_{зи}$ для транзистора IRFP4004PBF. Новейшая технология Trench HEXFET обеспечи-

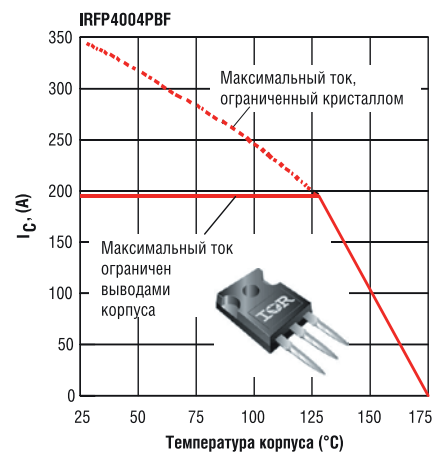


Рис. 4. Максимальные токи IRFP4004PBF, ограниченные кристаллом и выводами корпуса ТО-247АС

вает низкий рост сопротивления открытого канала от температуры перехода. Новые транзисторы серии IRFPxxx обеспечивают высокие динамические характеристики при низкой мощности управления, устойчивость к лавинному пробое и надежную работу в режимах жесткого переключения в широком диапазоне частот.


На рисунке 3 приведены выходные характеристики IRFP4004PBF (графики снимались при длительности импульсов менее 60 мкс и температурах перехода 25°C и 175°C). Нижние кривые иллюстрируют работу транзистора при управляющем напряжении 4,5 В, что близко к логическим уровням цифровых микросхем с питанием от 5 В.

На рисунке 4 иллюстрируется зависимость максимально допустимых токов транзистора IRFP4004PBF от температуры корпуса, ограниченных кристаллом и выводами корпуса транзистора. К сожалению, полностью реали-

зовать потенциал кристалла транзистора IRFP4004PBF в корпусе TO-247AC невозможно (для этого нужен более мощный корпус), однако и корпус TO-247AC ограничивает ток для IRFP4004PBF на уровне 195 А (режимы измерения см. в документации производителя), что является очень высоким показателем для приборов такого класса.

Заключение

Главные преимущества новых МОП-транзисторов IR — ультранизкое сопротивление открытого канала и недорогой стандартный корпус TO-247AC. При модернизации серийно выпускаемых преобразователей энергии в большинстве случаев достаточно без изменения схемы и печатной платы заменить использованные ранее транзисторы на новые из серии IRFP4xxx. При замене нескольких параллельно включенных транзисторов на один новый получается ощутимый выигрыш в цене и надеж-

ности за счет снижения выделяемого тепла и увеличения срока службы электролитических конденсаторов. Всего пять новых транзисторов могут заменить большое количество транзисторов IR предыдущих поколений и довольно большое количество аналогичных приборов других производителей (см. таблицы 1, 2 и 3 данной статьи). В статье рассмотрены транзисторы только наиболее популярных мировых производителей MOSFET, хорошо известных нашим разработчикам, но, конечно, читатель может попробовать заменить и транзисторы от производителей, не рассмотренных выше. 

Ответственный за направление в КОМПЭЛе — Людмила Горева

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

International Rectifier Новые HEXFET с ультранизким сопротивлением канала

R_{ds(on)} макс. — от 1,7 до 9,7 мОм

ПРИМЕНЕНИЕ:

- Синхронные выпрямители с напряжением питания до 80 В;
- Мощные инверторы постоянного и переменного тока;
- Источники бесперебойного питания (UPS);
- Силовые O'Ring узлы;
- Привод электроинструмента;
- Промышленный привод постоянного тока с батарейным питанием от 12 до 80 В;
- Силовая автоэлектроника — мощные DC/DC-преобразователи для сетей 14 В/42 В, инверторы стартер-генераторов и электромеханических усилителей руля;
- Инверторы солнечных батарей.

R_{DS(on)}



BENCHMARK



Компэл
www.compel.ru