

500-ВОЛЬТОВЫЕ БТИЗ МОГУТ ЗАМЕНИТЬ МОП ПТ ПРИ БОЛЕЕ НИЗКОЙ СТОИМОСТИ

Введение

500-вольтовые БТИЗ фирмы IR имеют характеристики переключения, очень близкие характеристикам МОП ПТ без ухудшения значений проводимости БТИЗ. Они часто превосходят МОП ПТ в высоковольтных схемах с тяжелыми условиями переключения. Эти преимущества включают малые потери, связанные с проводимостью, и меньшую площадь кристалла при той же мощности. Меньший размер кристалла означает меньшую входную емкость и стоимость.

Замена МОП ПТ на БТИЗ

Так как тип корпуса и расположение выводов одинаковы и для БТИЗ и для МОП ПТ, то не требуется изменений в топологии плат или конструкции. Управление затвором, необходимое для БТИЗ, аналогично МОП ПТ. Напряжение на затворе в 12-15В достаточно для включения, а для выключения не требуется отрицательного напряжения.

Номинал последовательного резистора затвора может быть увеличен, чтобы избежать паразитной генерации на затворе БТИЗ за счет меньшего размера кристалла.

Мощность рассеивания

В высоковольтных МОП ПТ мощность рассеивается в основном за счет потерь проводимости. Потери при переключении вплоть до 50кГц пренебрежимо малы. С другой стороны, потери проводимости в БТИЗ меньше чем в МОП ПТ, но потери при переключении становятся значительными на частотах выше 10кГц.

Сравнительный пример для проектирования схемы ключа:

Переключаемый постоянный ток – 7, 5А.

Рабочий цикл – 0, 5

Рабочее напряжение – 310В

Температура перехода – 125°C

Применяемый МОП ПТ – IRFP450

$R_{ds(on)} (25^\circ\text{C}) = 0,4\text{Ом}$

Рабочая частота – 50кГц

Временная диаграмма тока – прямоугольная

Сопротивление в МОП ПТ IRFP450 во включенном состоянии при $T = 125^\circ\text{C}$ (из справочных данных):

$R_{ds(on)} (125^\circ\text{C}) = 0,816\text{ Ом}$

Потери проводимости в МОП ПТ при 125°C:

$$P_d = R_{ds(on)}(125^\circ\text{C}) \times I^2 \times D = 23\text{Вт}$$

Полагая время переключения равным 75нсек и частоту переключения 50кГц, потери при переключении в МОП ПТ при токе 7,5А приблизительно равны:

$$P_{sw} = 6,5\text{Вт}$$

Полные потери мощности при снижении проводимости в МОП ПТ составляют:

$$P_{tot} = 29,5\text{Вт}$$

При замене МОП ПТ на БТИЗ типа IRGP430U потери проводимости в БТИЗ будут:

$$P_c = V_{ce}(125^\circ\text{C}) \times I_c \times D$$

Напряжение коллектор-эмиттер во включенном состоянии при $T = 125^\circ\text{C}$ и токе 7, 5А из рис. 5 справочных данных равно

$$V_{ce}(125^\circ\text{C}) = 2,03\text{В}$$

Потери проводимости в БТИЗ равны:

$$P_c = 2,03\text{В} \times 7,5\text{А} \times 0,5 = 7,62\text{Вт}$$

Т.е. БТИЗы имеют возможность пропускать токи большей плотности, чем МОП ПТ, и тогда мощность рассеивания в БТИЗе и МОП ПТ приводит к более высокой температуре БТИЗа, за счет большего теплового сопротивления переход-корпус.

Задаваясь равенством температур перехода, мощность рассеивания в БТИЗ необходимо уменьшить до:

$$P_{DIGBT} = P_D \times (R_{\theta sa} + R_{\theta sm} + R_{\theta jcm}) / (R_{\theta sa} + R_{\theta csi} + R_{\theta jci}),$$

где: $R_{\theta sa}$ – тепловое сопротивление теплоотвод-среда

$R_{\theta csm}$ – тепловое сопротивление корпус -теплоотвод для МОП ПТ

$R_{\theta jcm}$ – тепловое сопротивление корпус-переход для МОП ПТ

$R_{\theta csi}$ – тепловое сопротивление корпус -теплоотвод для БТИЗа

$R_{\theta jci}$ – тепловое сопротивление переход-корпус для БТИЗа.

Полная мощность рассеивания состоит из потерь, связанных с проводимостью, и потерь при переключении. Расчет потерь мощности, связанный с проводимостью, выполнен выше. По формуле, приведенной выше, $P_d = 23,2 \text{ Вт}$

Максимально допустимые потери за счет потерь при переключении:

$$P_{SW} = P_{tot} - P_{cond}$$

$$P_{SW} = 23,2 \text{ Вт} - 7,6 \text{ Вт} = 15,6 \text{ Вт}$$

Максимальная частота переключения для той же температуры перехода и теплоотвода тех же параметров составляет:

$$f_{max} = 10,3 \text{ Вт} / 0,226 \text{ мДж} = 56,4 \text{ кГц}$$

Значение энергии переключения получено из информации справочных данных. Следует подчеркнуть, что в связи с меньшими потерями схема на БТИЗ более эффективна, т.е. имеет более высокий КПД.

Величины рассеиваемой мощности для МОП ПТ IRFP440 и БТИЗ IRGP 430 U приведены на рис. 2

Отбор БТИЗ

На рис. 2 приведен простой способ отбора БТИЗ, который может заменить МОП ПТ типов IRFP460, IRFP450 или IRFP440 для тяжелых условий переключения.

Сначала необходимо найти соответствующую кривую на графике, основанном на десятичном номере МОП ПТ. Децимальный номер рекомендуется соотносить с номером БТИЗ, показанным на следующей кривой.

Вообще, данный МОП ПТ может быть заменен 500-вольтным БТИЗ с вдвое меньшим размером кристалла (т.е. IRFP450 – IRGP430U). Размер кристалла БТИЗ в типовом случае составил приблизительно 40% размера кристалла МОП ПТ.

Следующим шагом необходимо найти максимальную рабочую частоту для БТИЗ. По определению на максимальной рабочей частоте БТИЗ работает при той же температуре перехода, что и заменяемый МОП ПТ.

Для нахождения максимальной рабочей частоты выбирается рабочий ток на горизонтальной оси и на вертикальной оси считывается максимальная рабочая частота.

Выбором значения рассеиваемой мощности для БТИЗ на рис. 2 может быть выбран размер теплоотвода для заданной температуры среды.

Резистор затвора и подавление выброса на диаграмме переключения

Малые размеры кристалла и входной емкости БТИЗ могут привести к большей скорости переключения, чем у заменяемого МОП ПТ. Большая величина резистора затвора замедляет скорость включения, но оказывает слабое влияние на выключение.

В отличие от МОП ПТ, скорость выключения БТИЗ не может управляться с помощью последовательного резистора затвора. Высокая скорость выключения может привести к паразитной генерации (звону) и всплеску напряжения в схеме. Используя различные варианты исключения генерации, резистивные компоненты помогают уменьшить помехи.

Минимизация паразитной индуктивности в проводах и в трансформаторе является более эффективным способом уменьшения помех в современных разработках.

Диод перехода коллектор-эмиттер

В применениях, где используется интегральный встроенный диод в МОП ПТ, задействуется и встроенный диод в БТИЗе, обеспечивающий функционирование и эффективность то же время уменьшая всплески тока.

Результаты тестирования

На рис. 3 и 4 показаны временные диаграммы включения и выключения приборов МОП ПТ типа IRFP450 и БТИЗ типа IRGP430U, переключающих ток 5,5А на 160В. Временные диаграммы получены на 400Вт прямоходовом конвертере. В связи с разницей в размерах кристаллов для МОП ПТ использован резистор 10 Ом, а для БТИЗ-резистор 33 Ом. Диаграммы показывают одинаковую скорость включения и более быстрое выключение БТИЗ.

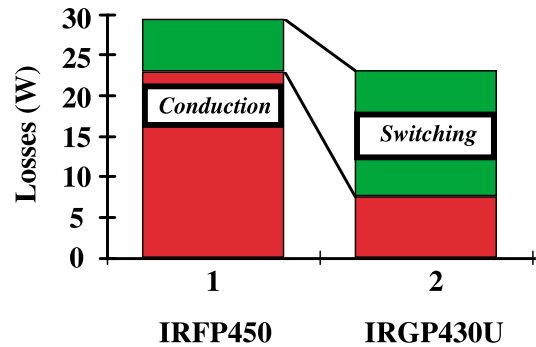


Рис. 1. Потери мощности в МОП ПТ типа IRGPC 450 и в БТИЗ типа IRGP 430U на токе 7,50А и частоте переключения 50кГц

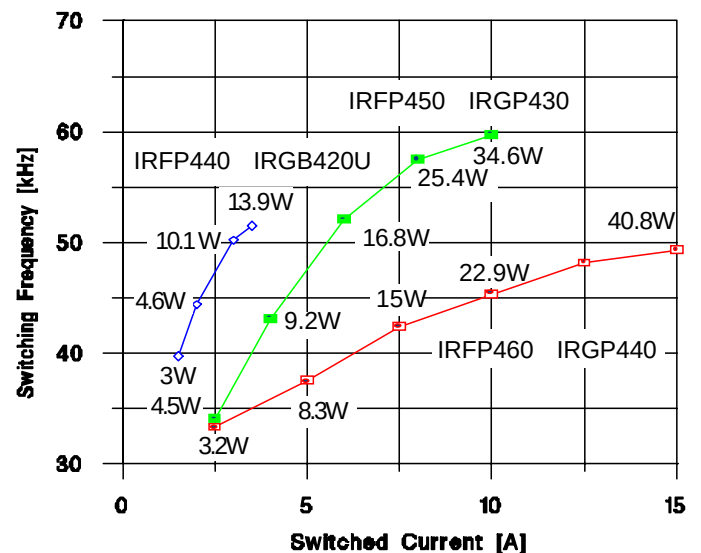
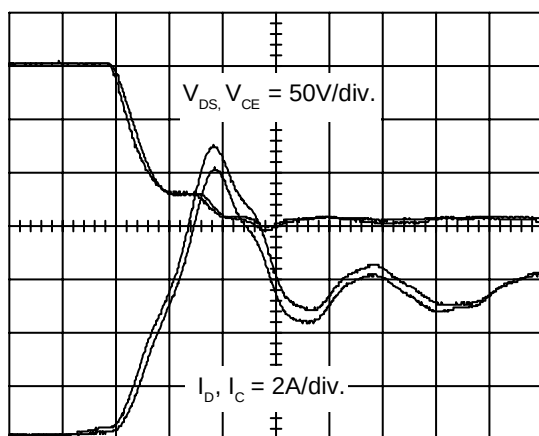
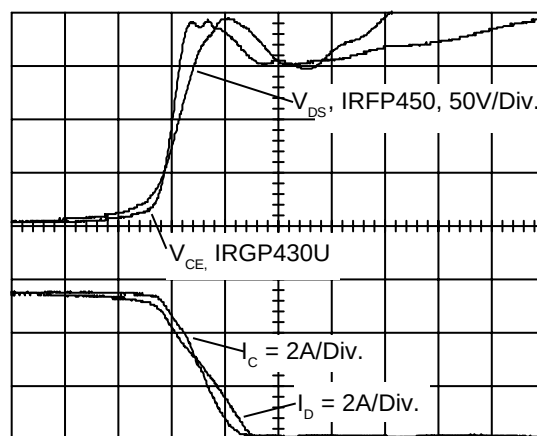


Рис. 2. Зависимость максимальной рабочей частоты БТИЗ от переключаемого тока. БТИЗ заменяет МОП ПТ вдвое больших размеров в применениях с тяжелыми условиями переключения. При работе на частоте, показанной на графике, температура перехода БТИЗ будет равна температуре перехода заменяемого МОП ПТ ($T_j = 65^\circ\text{C}$, рабочий цикл = 0,5)



Horiz.: 50ns/div.

Рис. 3. Временная диаграмма включения.
Приборы IRFP450 и IRGP430 переключают 5,5А на 160 В



Horiz.: 100ns/div

Рис. 4. Временная диаграмма включения.
Приборы IRFP 450 и IRGP 430 переключают 5А на 160В

Для более полной информации

- Заметки по применению AN-990 – Параметры БТИЗ в реальных схемах применения, в которых приведены подробности расчета потерь в БТИЗ.
- Заметки по применению AN-983-A – Характеристики БТИЗ, описывающие основы работы БТИЗ.