

Что необходимо знать при выборе драйвера IGBT

Для правильного выбора и расчета IGBT-драйвера необходимо решить несколько задач. Эти вопросы лишь частично освещены в описаниях IGBT-модулей. Так, например, широко распространено допущение, что значение входной емкости Ciss, указанное в описании модуля, соответствует той входной емкости, которая действительно используется в конструкциях. Много разработчиков впоследствии часто попадали в эту ловушку.

Николай Сагайдаков
cni@dialelectrolux.ru

Определение заряда и емкости затвора IGBT

Наиболее важный параметр, который необходимо определить, — это заряд затвора. Как правило, этот параметр во многих случаях не указывается в описаниях IGBT или описан в неявном виде. Тем не менее, он может быть определен с помощью сравнительно простых измерений. Для этих целей IGBT должен быть подключен к драйверу. Лучше всего использовать драйвер, разработанный для данного IGBT. Иначе говоря, схема должна вырабатывать необходимое напряжение для управления, требуемое в конкретном изделии (например ±15 В). Поэтому, прежде всего, нужно произвести измерение, не включая напряжение в цепи нагрузки.

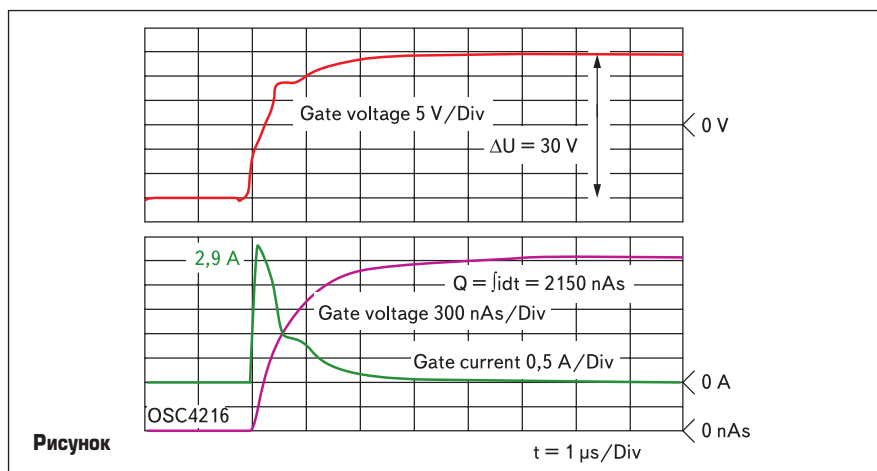
Заряд затвора вычисляется по формуле:

$$Q = \int idt = C\Delta U.$$

Для определения Q измеряют напряжение на затворе и интегрируют полученные результаты (проще всего это сделать с помощью осциллографа). С помощью формулы:

$$C_{in} = Q/\Delta U$$

вычисляем эффективную входную емкость (см. рисунок).



Рисунок

Заряд и ток затвора, напряжение на затворе для BSM200GB120DN2

Значение Ciss, приводимое в описании, не совсем то, которое надо учитывать при разработке. Оно получено с помощью измерительного моста. Измерительное напряжение, используемое в данном процессе, гораздо ниже порогового напряжения затвора, таким образом, эффект внутренней обратной связи, проявляющийся в процессе включения (эффект Миллера), не указывается в спецификации. С целью его учета в измерительной цепи к коллектору приложено напряжение 25 В. При этом напряжении все внутренние емкости меньше, чем при Uce = 0 В. Поэтому значение Ciss может быть использовано только лишь для сравнения различных IGBT. Исходя из опыта использования IGBT-модулей выведена эмпирическая формула соотношения между Ciss и Cin, обеспечивающая достаточную точность расчета

$$C_{in} = 5 \times C_{iss}$$

Значение Ciss можно взять из описания конкретного IGBT.

Вычисление мощности драйвера

Энергия, накопленная во входной емкости Cin, определяется следующим образом:

$$W = 1/2(C_{in}\Delta U^2).$$

Необходимо заметить, что значение ΔU — это полный уровень напряжения управления, т. е. ΔU = 30 В означает ±15 В на выходе драйвера. Так как затвор перезаряжается дважды при прохождении импульса управления, то мощность, необходимая для управления IGBT, вычисляется следующим образом:

$$P = f C_{in} \Delta U^2.$$

Или если заряд затвора был определен с помощью осциллографа:

$$P = f Q \Delta U.$$

То есть драйвер использует такую мощность для управления каждым IGBT. Затвор переключается практически без потерь. Потери происходят на внешних или внутренних (встроенных в IGBT-модуль или кристалл) резисторах в цепи затвора. При выборе встроенного DC/DC-преобразователя для драйвера необходимо учитывать потери в его цепях.

Вычисление тока затвора

Максимальный выходной ток драйвера должен быть равным или выше максимального тока затвора, который определяется как

$$I_{G(\max)} = \Delta U / R_{G(\min)}$$

Значение $R_{G(\min)}$ приводится в описаниях каждого IGBT для включения и выключения.

Выбор подходящего драйвера

Подходящий драйвер должен отвечать следующим условиям:

- 1) Обеспечивать достаточную выходную мощность.
- 2) Максимальный выходной ток должен быть равным или превышать входной ток затвора.

Входной ток не должен превышать возможности драйвера. Это условие должно быть обязательно соблюдено при высокой входной емкости (параллельное соединение IGBT) и относительно низкой частоте переключения. Это же относится и к непериодическим пакетам импульсов. В обоих случаях показатель средней допустимой нагрузки, измеренной амперметром, ниже указанного в описании, и большее значение входного тока может привести к перегрузке встроенного DC/DC-преобразователя драйвера. При проведении измерений с помощью пробника определяется наличие постоянного тока, и осциллограф должен быть включен в разрыв цепи между входными клеммами питания драйвера и фильтрующим конденсатором.

Пример расчета

Найдем подходящий драйвер для 200 А IGBT-модуля BSM200GB120DN2, управляемый частотой 8 кГц. Первый параметр, который мы найдем, — это заряд затвора (см. рисунок).

$$Q = 2150 \text{ нА}\cdot\text{с}; \quad \Delta U = 30 \text{ В.}$$

Два значения ΔU и Q получаем с помощью измерений (см. рисунок).

Входная емкость вычисляется так:

$$C_{in} = Q/\Delta U = 2150 \text{ нА}\cdot\text{с}/30 \text{ В} = 71,6 \text{ нФ.}$$

Вычисляем необходимую мощность драйвера

$$P = f \times Q \times \Delta U = 8 \text{ кГц} \times 2150 \text{ нА}\cdot\text{с} \times 30 \text{ В} = 0,516 \text{ Вт.}$$

Далее добавляем мощность на внутренние потери драйвера (0,4 Вт):

$$0,516 \text{ Вт} + 0,4 \text{ Вт} = 0,916 \text{ Вт.}$$

Потери, определяемые частотой переключения, незначительны для 8 кГц.

Ток затвора для резистора в цепи затвора 4,7 Ом

$$I_{G(\max)} = \Delta U / R_G = 30 \text{ В}/4,6 \text{ Ом} = 6,4 \text{ А.}$$

Подходящий драйвер для данной конструкции IHD280 — интеллектуальный полумостовой драйвер со встроенным DC/DC-преобразователем мощностью 2 Вт (по 1 Вт на канал) и максимальным током 8 А.

Литература

1. AN-9701: Application note. CT-Concept Technology Ltd. www.igbt-driver.com