

Транзистори с изолиран гейт в трифазни инверторни схеми за управление на променливотокови двигатели

инж. Георги Найденов Величков - ИУСИ - БАН - секция ПИО Пловдив
доц. д-р инж. Румен Димитров Каров - ТУ - София - филиал Пловдив

Abstract

Relationship between IGB transistors and their drivers and protection circuits is treated in this paper. Possibility to make proper choice of driver circuits for various applications of IGBTs are shown here. The power inverter's drive circuit with six IGBTs and timing diagram shows that each IGBT conducts for 165° of every 360° cycle. The three windings' voltages and currents are shown. Motor currents and corresponding line voltages under light load and heavy load conditions is presented. To complete the design of 6 step motor drive, it's necessary to consider protection circuitry for the output IGBTs.

1. Въведение

Транзисторите с изолиран гейт - IGBT поради своето ниско съпротивление при включено състояние и възможността за управление с напреженов сигнал на гейта, както при MOS транзисторите, са много удобни елементи за управление на променливотокови двигатели с мощност до няколко киловата. Освен това IGBT имат по - малка стойност на входния капацитет в сравнение с еднакви по мощност MOS транзистори. Тези особености изискват драйверни схеми с понижена мощност за управление на гейта, което от своя страна улеснява проектиранто им.

2. Техники за проектиране на драйверни схеми

Драйверните схеми за управление на гейта на IGBT са предимно всичко икономични, тъй като от един колекторен изход на предходен транзистор през подходяща резисторна матрица могат да се управляват гейтовете на няколко IGB транзистора. Друга характеристика на драйверните схеми е възможността за управление на превключването на IGBT чрез увеличаване или намаляване на входния импеданс, т.е. IGBT се проявява като зарядно управляем елемент. На практика интегрални схеми изпълнени по CMOS, NMOS и

TTL технология с отворен колектор могат да се справят успешно с управлението на IGBT свързан в схема общ емитер [1].

В схемата на свързване общ емитер (фиг.1), резистора R3 контролира времето за изключване на транзистора, а сумата на R3 с паралелната комбинация от R1 и R2 определя времето за включването му.

При схема на свързване общ колектор (фиг.2) изискванията за драйверната схема се увеличават. При тази схема с плаващо захранване R2 влияе върху времето за изключване, а сумата от R1 и R2 определя времето за включване. В схемата с общ колектор превключвания ток от транзистора преминава по общата шина "маса" на управляващия логически елемент, което води до възникване на-проблеми. Оптическата изолация може да разреши тези проблеми (фиг.3). Тъй като за тази конфигурация е възможно получаване на голяма стойност за dV/dt , то е необходимо използване на оптрони с много ниска стойност на изолационния капацитет от порядъка на 0.5pF или по-малка стойност. За избягване на нежелани превключвания в оптрона може да се използва такъв с тригер на Шмит. За приложения изискващи висока степен на изолация подходящ метод се оказва използването на оптични влакна.

Показаните до тук схеми съдържат резистор, който осигурява разряда на гейта и съответно управлява времето за изключване на транзистора. За да се използва пълноценно работната област на IGBT транзистора, този резистор включен към гейта осигурява време за възстановяване на неосновните токоносители. Освен това рекомбинация се забелязва дори и при липса на голям управляван ток, което може да причини локални точки на загаряване или включване на паразитната структура rprp в IGBT. При много бързи изключвания на IGBT е целесъобразно използването на филтър, който позволява работа с големи управляващи токове и малка стойност на резистора включен към гейта.

В приложения на IGB транзистори включени в схема общ колектор, работещи с големи стойности на управлявания ток и реактивен товар, може да протекат токове през изолационния капацитет на управляващия елемент. Тези токове причиняват нежелани ефекти в логическите схеми, проявяващи се най-вече във високоимпедансните CMOS схеми. От тук произтича необходимостта от използване на оптическите влакна, за да се елиминират изцяло възникналите проблеми (фиг.4). Физическото разделяне между силовите и логическите схеми осигурява премахването на влиянието на смущаващите сигнали и магнитни полета, които са типични за силовите превключващи схеми.

Друг начин на управление на IGB транзистори е чрез пиезоелектрическа пластина (фиг.5). Пиезоелемента превръща електрическата енергия от входа си в механични трептения и отново в електрическа енергия в изхода. Това свойство му позволява работа без допълнителен източник на енергия за разлика от оптронното предаване на сигнал. Достига се изолация от порядъка на 4kV. Характерна особеност е максималната ефективност на коефициента на предаване при честота на предаваните сигнали изравнена с резонансната честота на пиезоелемента.

Един от традиционните начини за изолация е с използването на разделителен трансформатор (фиг.6). Трансформаторът може директно да управлява гейта на IGB транзистор и съответния му резистор включен към гейта.

Показаната на фиг.7 схема на трифазен инвертор на напрежение се управлява чрез драйверни схеми с пиезокристал. По този начин се отделят галванично гейтовете на силовите транзистори в горните рамена на инвертора. Теоретично транзисторите от Q1 до Q6 ще провеждат ток в продължение на 180° . Обаче, в практическа ситуация е необходимо въвеждането на известно времезакъснение (обикновено от 10° до 15°). Това времезакъснение позволява на единия от транзисторите във всяка комплементарна двойка да бъде напълно изключен когато срещуположния транзистор се включва. По този начин се предотвратява евентуално късо съединение и дефектиране на IGB транзисторите. Поради наложеното времезакъснение всеки транзистор провежда ток максимално от 165° до 170° . Времедиаграмите на тока и напрежението в двигателя съответно при малък и голям товар са дадени на фиг.8а,б. С буква А е означена осцилограмата на тока, а с буква В - на напрежението.

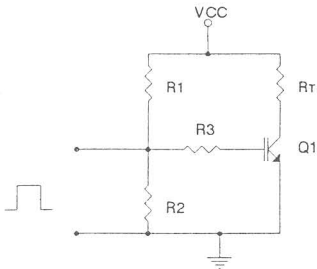
3. Защита на IGBT в инверторните схеми

Когато управляваният ток от IGBT превиши максимално допустимата си стойност за определено време, може да стане невъзможно управлението чрез гейта на транзистора. Причина за това е формиране на паразитна тиристорна структура в IGBT както е показано на фиг.9. За предотвратяване на този ефект се налага проектиране на защитни схеми при работа на IGB транзисторите в трифазния инвертор. Дадената схема (фиг.10) осигурява защита по ток, напрежение и ограничение на di/dt . При аварийна ситуация се забранява високото напрежение (ВН) на ключовото захранване до време достатъчно за възстановяване на IGBT от претоварване. След това ВН се увеличава до номиналната си стойност [2]. Вместо

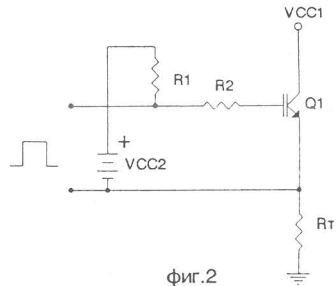
използвания шунт, който е общ за трите рамена на инвертора може да се поставят три отделни шунта за всяко рамо.

Библиография:

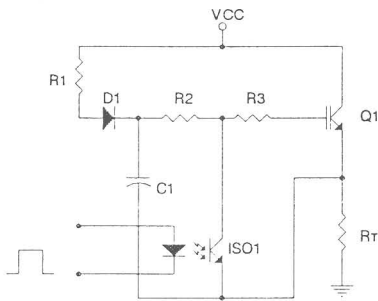
- [1] Power Semiconductors-Applications Handbook 1995, Philips Semiconductors, 1995
- [2] Werner Leonhard, Control of electrical Drives, Ed. Springer, 1996



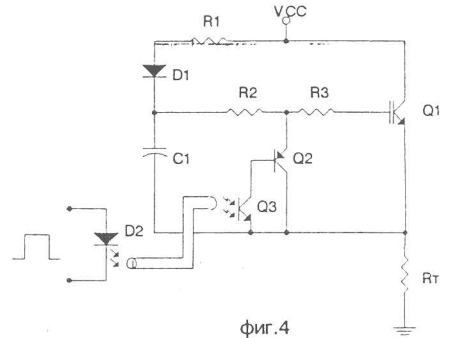
фиг.1



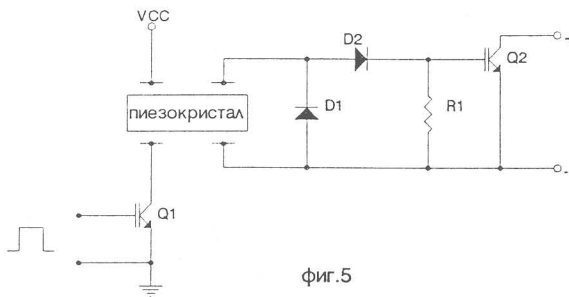
фиг.2



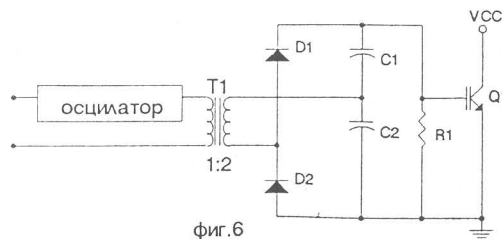
фиг.3



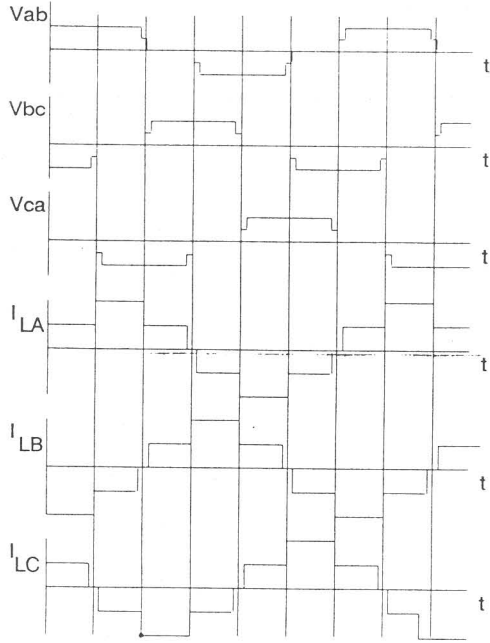
фиг.4



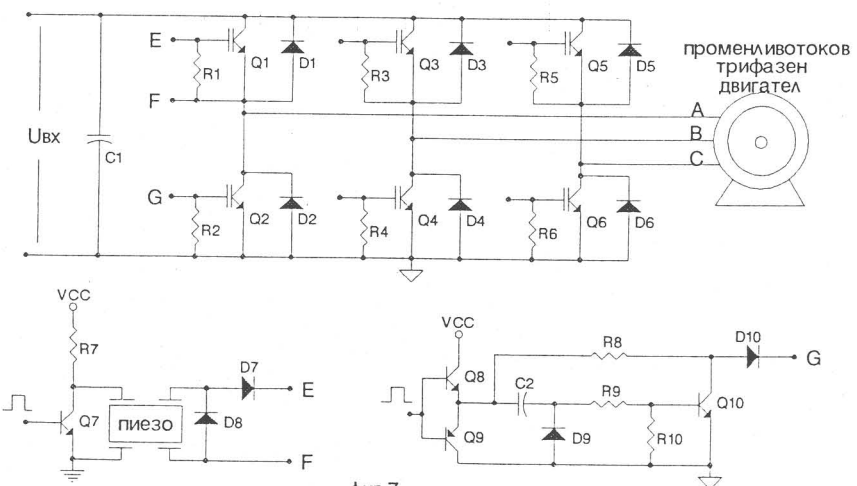
фиг.5



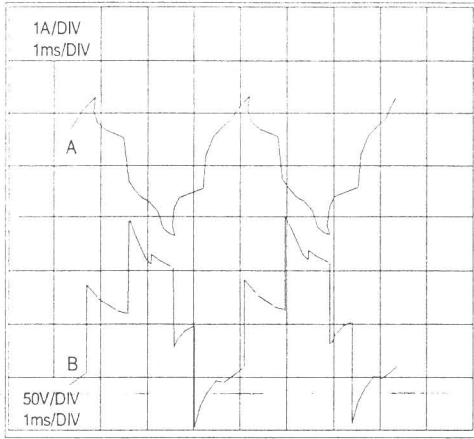
фиг.6



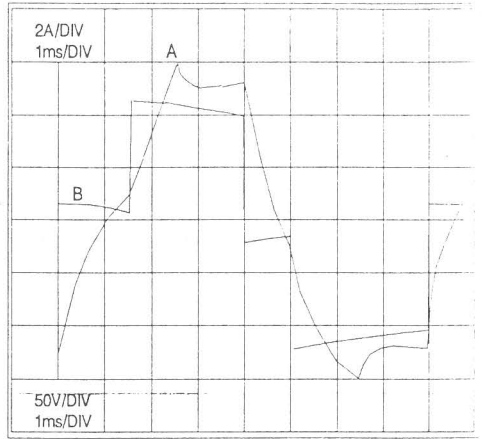
диаграма



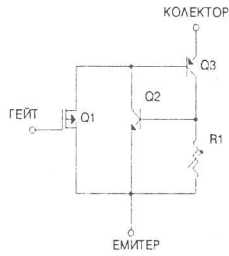
фиг.7



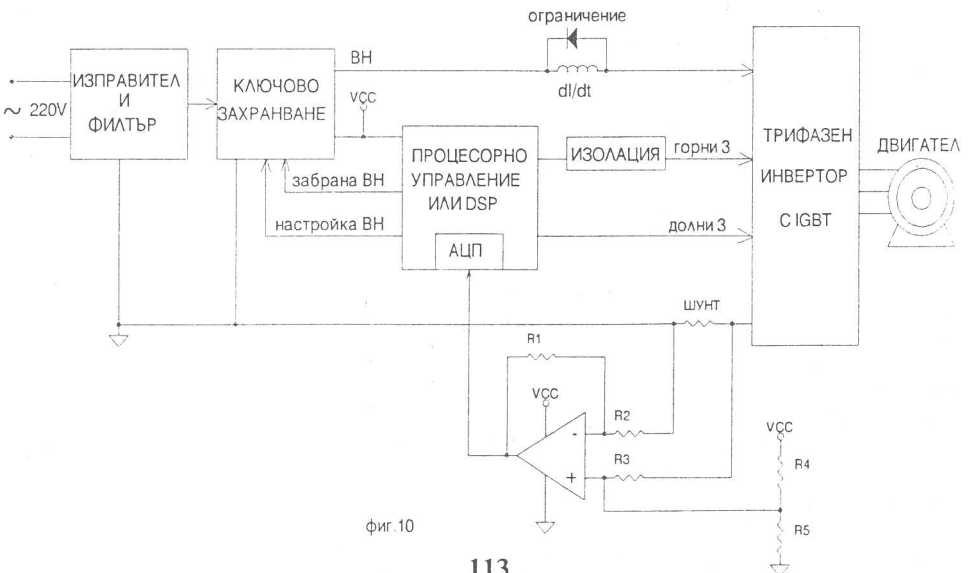
фиг. 8a



фиг. 8б



фиг. 9



фиг. 10