

Еднотранзисторен драйвер за МСТ и MOS FET.

Гл. ас. д-р Светослав Цветанов Иванов

ТУ София - филиал Пловдив

A single transistor driving circuit for MCT and MOS FET. MOS controlled devices are increasingly used in power electronic equipment due to high power handling capability. This paper deals with the problems that concern the turn-on, turn off of this devices. There is discussing a suitable driver in terms of power. The most important parameter that must be known for correct power dimensioning of the driver is the gate charge. An optimal new driving circuit is proposed which gives suitable device output performances. Experimental oscillograms traces of transient condition tests are given.

I. Въведение - Съществува известна универсалност на драйверните вериги за управление на мощни MOS управляеми елементи. От тях се изисква генерирането на еднополярни или двуполярни импулси, необходими за зареждането на входния капацитет на мощния елемент [1]. Основните изисквания, поставени към драйверите са: осигуряване на малки времена на зареждане и разреждане на входния капацитет на елемента; предотвратяване на внезапно включване и защита от късо съединение [2]. Входните вериги на съвременните мощни елементи допускат управляващи сигнали с максимална амплитудна стойност $\pm 20V$. При изборът на подходящ драйвер трябва да се имат в предвид следните две условия:

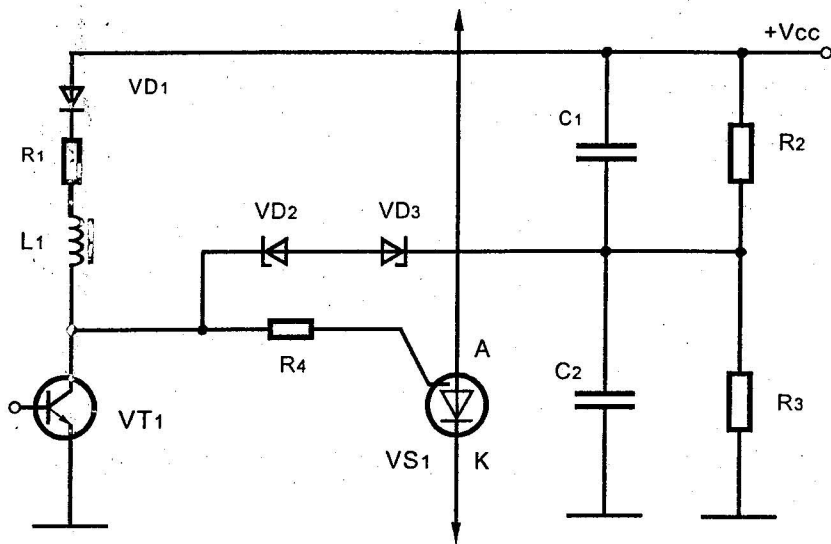
- драйверът трябва да може да осигури необходимата мощност на управляващите импулси;
- максималния изходен ток на драйвера трябва да бъде равен или по-голям от максимално допустимия ток на гейта.

Най-важният параметър, който трябва да се знае за коректното определяне на мощността на драйвера е количеството електричество - Q , с което се зарежда гейта [3]. В повечето справочници този параметър не се посочва. Най-често посочвания параметър е входния капацитет - C_{iss} , но той се отличава на практика от онази ефективна стойност на входния капацитет, която се дължи на ефекта на Милер, при работа на транзистора в ключов режим [4]. При управлението на MOS управляеми тиристори (МСТ) е задължително генерирането на двуполярни импулси с амплитуди, съответно равни на $+18 V$ и $-7 V$. Максималните стойности на тези импулси могат да достигнат до $\pm 20 V$ С отрицателен импулс на гейта МСТ се включва, а с положителен импулс се изключва. В предложеният доклад е описан и анализиран създаденият еднотранзисторен драйвер, предназначен за мощни MOS управляеми елементи.

II. Описание и принцип на действие на схемата.

Конструираният драйвер в схеман вариант за управление на МСТ е показан на фигура 1. На базата на транзистора VT1 постъпват правоъгълни импулси от външен генератор или от системата за управление. При постъпване на импулс транзисторът VT1 се включва, с което се осигурява верига за зареждане на

входния кондензатор на MCT - VS1 с отрицателен потенциал на гейта спрямо анода ($U_{ga(on)}$) MCT се включва. Захранващото напрежение за драйвера е еднополярно със стойност $U_{cc} > U_{ga(on)}$. Напрежението на включване се определя от стойностите на резисторите R_2 и R_3 . Освен това включеният транзистор VT1 осигурява верига за протичане на ток и през бобината L_1 и резистора R_1 . По време на паузата на управляващите импулси транзисторът VT1 се изключва. В този момент заредената с магнитна енергия бобина - L_1 се включва в последователния резонансен кръг, съставен от резистора R_1 и входния кондензатор на MCT. По време на разреждането на индуктивността L_1 , гейта на MCT се зарежда с положителен потенциал спрямо анода на тиристора ($U_{ga(on)}$). Тиристорът VS1 се изключва. Последователно включеният диод VD1 е бърз, с малко време на възстановяване и не позволява разреждането на входния кондензатор на MCT. Ценеровите диоди VD3 и VD2 са предназначени да ограничат потенциала на гейта в интервала от -12 V до +18 V.



фиг.1

Резисторите от делителя на напрежение са избрани в отношението $R_3 = 3 \cdot R_2$. Кондензаторите C_1 и C_2 са с капацитет равен на $1 \mu F$. Захранващото напрежение на драйвера е 16 V.

III. Анализ на схемата и експериментални изследвания.

Количеството електричество, с което се зарежда гейта на МСТ (MCTG35P60F1) е определено експериментално, и е изчислено по формулата:

$$Q = \int i \cdot dt = C \cdot \Delta U \quad (1)$$

В този случай под ΔU се разбира сумата от абсолютните стойности на управляващите импулси на гейта:

$$\Delta U = (U_{ga(on)}) + (U_{ga(off)}) = 12 + 18 = 30V \quad (2)$$

Ефективната стойност на входния капацитет е определена от уравнението:

$$C_{in} = \frac{Q}{\Delta U} \quad (3)$$

Опитно беше установено, че C_{in} е равно на 9,2 nF, докато в каталога за използвания тиристор е посочена стойност $C_{iss} = 5nF$. Максималната стойност на тока в последователния резонансен кръг се определя от стойността на резистора $R1$ и е равна на:

$$I_m = \frac{U_{cc}}{R1} \quad (4)$$

Избраната стойност на резистора $R1$ е малка и процесът на разреждане на индуктивността ще има колебателен характер с ъгловата честота:

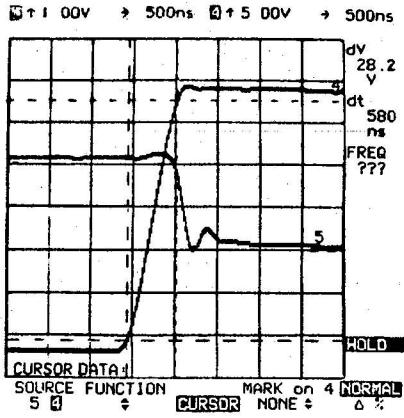
$$\omega = \sqrt{\frac{1}{L_1 \cdot C_{in}} - \frac{R_1}{2L_1}} \quad (5)$$

Максималната стойност на напрежението на обината $L1$ ще зависи от качествения фактор на кръга:

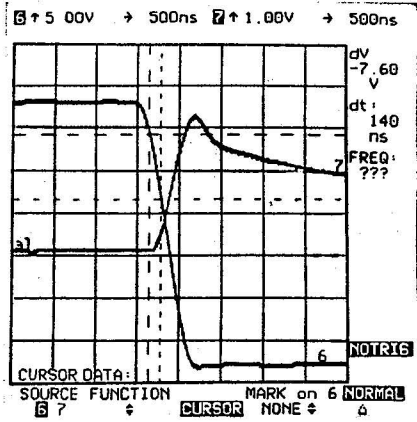
$$U_{Lm} = \frac{U_{cc} \cdot \omega \cdot L_1}{R_1} \quad (6)$$

Времето за презареждане на входния капацитет на МСТ при неговото изключване може с известно приближение да се получи от формулата:

$$t = \frac{1}{\omega} \cdot \left(\arcsin \frac{U_{ga(on)}}{U_{Lm}} + \arcsin \frac{U_{ga(off)}}{U_{Lm}} \right) \quad (7)$$



φиг.1



φиг.2

В действителност времето на нарастване на напрежението на гейта ще бъде по-продължително, тъй като транзистора VT1 има определено време на изключване около 200 nS, в направената схемна реализация. На фигура 2 е показан преходният процес на напрежението на гейта и катодния ток на тиристора при включване. Времето на закъснение при включване на МСТ - $t_d = 140$ nS. Лъч 6 от осцилограмата показва напрежението U_{ga} при 5V/div, а лъч 7 изменението на I_k при 1A/div. Времето на развивката е 500 nS/div. На фигура 3 е показан преходният процес на изключване на МСТ. Лъч 4 показва изменението на U_{ga} при 1V/div, а лъч 5 - изменението на I_k при 1A/div. Времето на развивката е 500 nS/div. Времето на закъснение в случая е $t_{doff} = 580$ nS.

IV. Заключение

Предложеният драйвер може да бъде използван за управление на мощни MOS управляеми елементи, като МСТ, IGBT и MOS FET. Предимство се явява еднополярното захранване и опростеното схемно решение, съдържащо само един транзистор. В тази схема отсъства проблемът със закъснението при включване на два последователни транзистора в полумостовите драйвери. Ценеровите диоди и резисторите R_2 и R_3 позволяват лесна промяна в амплитудните стойности на управляващите импулси за MOS елементите.

Литература:

1. Carmelo Licitra, "A New Driving Circuit for IGBT Delices", IEEE Transactions on Power electronics, vol. 10, NO 3, MAY, 1995, PP 373÷378.
2. A. Hefner, "An investigation of the drive circuit requirements for the power insulated gate bipolar transistor", IEEE Trans. Power. Electron., vol 6, no 2, pp. 208-219,, 1991.
3. C. Braun, "Progress Towards a MCT Based High Frequency Capacitor, Power Supply", Proceedings of 1992 International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICS, May, 1992.
4. C. Braun "Circuit Level Modeling of MOS controlled Thyristors", IEEE 19th Power Modulator Symposium, 1990 j.