

доц. ктн. инж. Минчо Ванев Симеонов  
асп. инж. Деян Тодоров Алексиев  
Анатолий Петров Терзиев

## СХЕМОТЕХНИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И РЕШЕНИЯ В УПРАВЛЕНИЕТО НА МОЩНИ MOS ТРАНЗИСТОРИ

В последните години MOS транзисторите навлязоха масово в употреба в различните области на електрониката и нейното индустриално приложение. Известни са техните специфични параметри и характеристики, които дават възможност успешно да се заменят биполярните транзистори и електронни лампи, като се запази високата надеждност и технологичност при използването им, а освен това да се намалит размерите на изделията, да се улесни обслужването [2].

Реализацията на подобни устройства е в пряка зависимост от принадлежащите схеми за управление на мощни MOS транзистори. Основно изискване е постигането на преден и заден фронт на отпушващия импулс –  $100 \div 200$  ns и управляващо напрежение  $10 \div 12$  V, управляващ ток до 9 mA. Тези изисквания обикновено се удовлетворяват с използването на комплиментарна двойка транзистори – биполярни или MOS в крайното стъпало на управляващата схема.

Алгоритъмът на управляващите импулси е в зависимост от силовата схема. Така например при полумостов преобразувател реализацията на схемата е свързана и със съответния алгоритъм /фиг. 1/.

Непременно се поставя въпроса и за галваничното разделяне на управлчващата схема от силовата схема, чиято реализация е допълнителен схемотехничен проблем в предвид на високата честота.

На фиг. 2 и фиг. 3 са представени управляващи схеми, удовлетворяващи общите изисквания. Те са с галванично разделяне чрез използване на импулсни трансформатори. При тях се прехвърлят сигнали с безкрайна продължителност, като управляващите импулси модулират амплитудно една импулсна поредица с много висока честота, след което следва демодулация и филтриране. Втората схема осигурява добри фронтове на управляващите импулси –  $70 \div 80$  ns неограничена продължителност, като се из-

бягва филтрирането. Това става по следния начин: генераторът 1 на тактови импулси е свързан към блок 2, който формира две застъпващи се по време импулсни последователности. Те се подават на първите входове на два двуходови логически елемента "И", които играят ролята на модулатор. Модулираните сигнали се усилват от усилвателите 3 и 4 и се превървят чрез трансформаторите T1 и T2, които разделят галванично управляващата схема от мощния MOS транзистор. Демодулацията се осъществява чрез диодите D1 и D2 и получения управляващ импулс се подава към гейта на мощния MOS транзистор. Задния фронт на импулса се формира от транзистора VT1 [1].

Неудобството при тази схема е, че въпреки високата работна честота /1-3 MHz/ и малките размери е затруднено изчислението и изпълнението на импулсните трансформатори със съответната малка индуктивност на разсейване, а с това и да се получат къси фронтове на управляващите импулси.

Цел на настоящата работа е въз основа на известни решения да се реализира схема за управление на полумостов преобразувател с мощни MOS транзистори за индукционно топене. Практическата насоченост на разработката изисква решения в задаващия генератор, галваничното разделяне, крайното стъпало, удобни за неколккратно възпроизвеждане.

Управляващата схема, която се предлага на внимание има следния блоков вид: /фиг.4./

Блок 1 представлява генератор на две противофазни импулсни поредици с честота 100 kHz. Реализиран е с интегралната схема SG3524. Тази схема представлява интегрален ШИМ, като всеки канал има самостоятелна бързодействаща токова защита, реагираща на моментната стойност на тока през мощния прибор. Максималната работна честота на генератора е 100 kHz.

В блок 2 е решено галваничното разделяне чрез импулсен трансформатор, като блокът е поставен преди крайните стъпала от управляващата схема - фиг.5. Използва се каскоден усилвател - VT1-VT2, който осигурява необходимото входно съпротивление, за да не се товари генераторът /блок 1/. Импулсният трансформатор се изчислява за ток 80 mA и преводно отношение 1:1. Броят на намотките в първичната и вторичната страна не е критичен и се препоръчва да е около 50.

Това е едно предимство на тази схема в сравнение със схемата от фиг. 3, където трансформатора трудно се поддава на изчисление и изпълнение.

Блок 3 представлява крайните стъпала от системата за управление, където се формират управляващите импулси за мощните MOS транзистори с необходимите им параметри. Действието на схемата е следното: при отсъствие на управляващ сигнал транзисторът VT1 е отпушен през резистора R2. Индуктивността L1 се зарежда до ток с големина  $U_{cc}/R5$  по закона:

$$i = U_{cc} \{1 - \exp[-t / (R5 \cdot L1)]\} / R5, \quad (1)$$

а кондензаторът C2 до напрежение  $U_{cc}$  по закона:

$$u = U_{cc} \{1 - \exp[-t / (R4 \cdot C2)]\} \quad (2)$$

От блок 2 се подава управляващ импулс с отрицателна полярност, като се обезточва VT1 през VD1 и R2 и той се запушва. Това води до запушване и на VT3. В този момент започва да тече ток от L1 през дарлингтоновата двойка VT2-VT4, усилва се и отпушва мощния MOS транзистор през диодите VD9-VD13, R6 и C3. Напрежението  $U_{gs}$  се регулира в рамките  $\pm U_{gsmax}$  чрез R7.

След пълното отпушване на мощния MOS транзистор индуктивността L1 се разрежда през VD5 и R5 до стойност на тока, зависеща от продължителността на управляващия импулс. Тъй като тя е по малка от паузата L1 не се разрежда напълно. В същото време се разрежда и C2 през R3 и R4.

След прекратяване на управляващия импулс VT1 отново се отпушва през R2, отпушва VT3, а това от своя страна води до запушване на мощния MOS транзистор през C3 и R6. Колекторният ток на VT1 се осигурява от останалия в L1 ток и тока на разряд на C2 през R4. В зависимост от продължителността на управляващия импулс ще се изменят токовете на разряд през L1 и C2, но тяхната сума ще остане относително постоянна. Това води до бързо отпушване на VT1 независимо от продължителността на управляващия импулс, а оттук и много добър заден фронт на импулса. Чрез диодите VD9-VD13 се осигурява по-доброто запушване на дарлингтоновата двойка VT2-VT4 при отпушване на VT3.

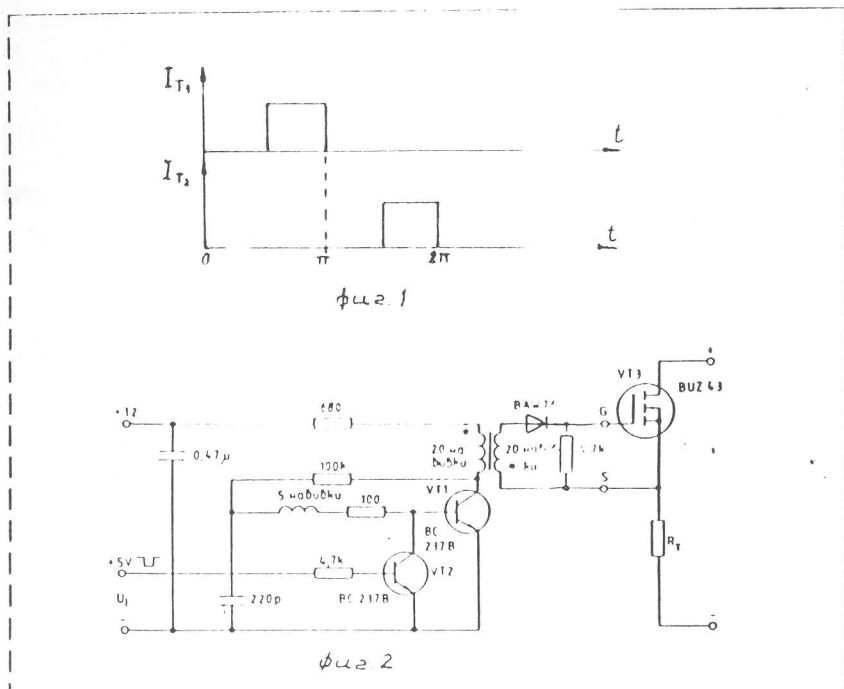
Така описаната схема даде сравнително добри резултати, като предният фронт на управляващия импулс имаше продължителност около 80-100 ns, а задния 60-70 ns /фиг. 6/. Чрез генератора на управляващи импулси има възможност за регулиране на

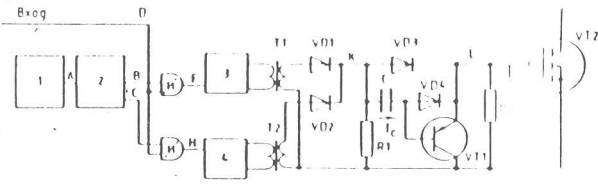
честотата в граници  $100 \text{ kHz} \pm 10 \%$ . Системата за управление беше изпробвана в реактивно действащ преобръщувател за индукционно нагряване, изпълнен по полумостова схема с мощност  $1 \text{ kW}$  на  $100 \text{ kHz}$ , като параметрите на управляващите фронтове се промениха незначително (фиг. 77).

Като последващо развитие в практическото приложение на реализираната схема трябва да се даде възможност за регулиране на задължителната пауза между два управляващи импулса (фиг. 1) в границите на  $\pm 5 \%$  и създаване на обратна връзка към генератора в зависимост от параметрите на товара.

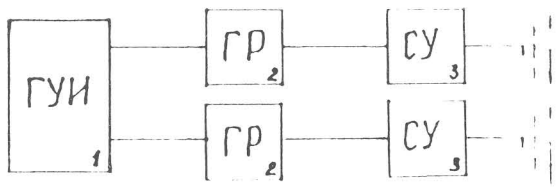
#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бочаров П. "Полевые транзисторы". П., "Энергия", 1976
2. Вачков П.И., Д.А. Иванов "Мощные MOS транзисторы и приложение им", "Техника", 1990

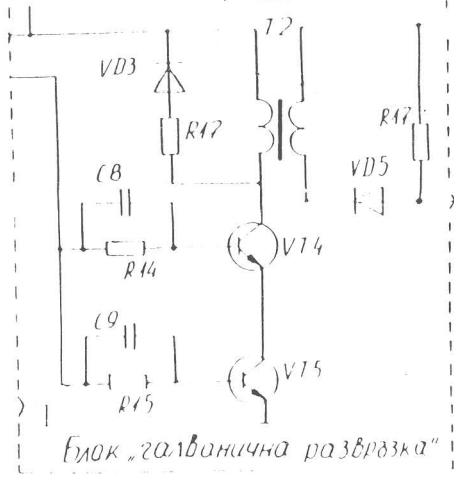




фиг. 3

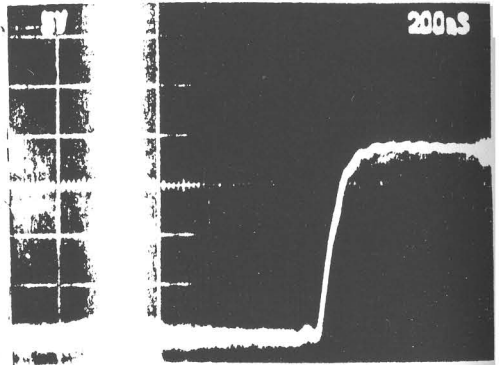


фиг. 4

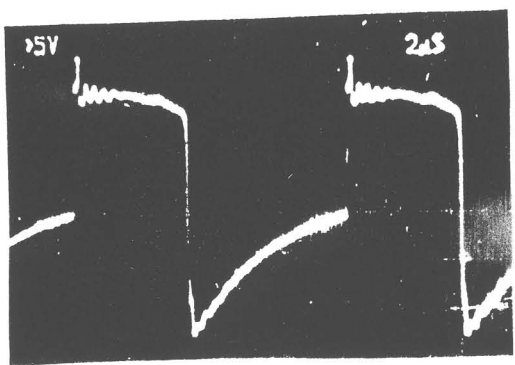


Блок «галванична развязка»

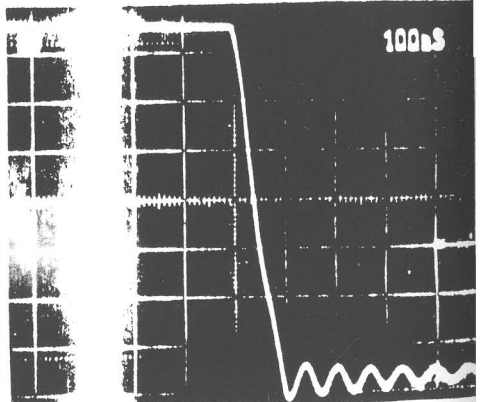
фиг. 5



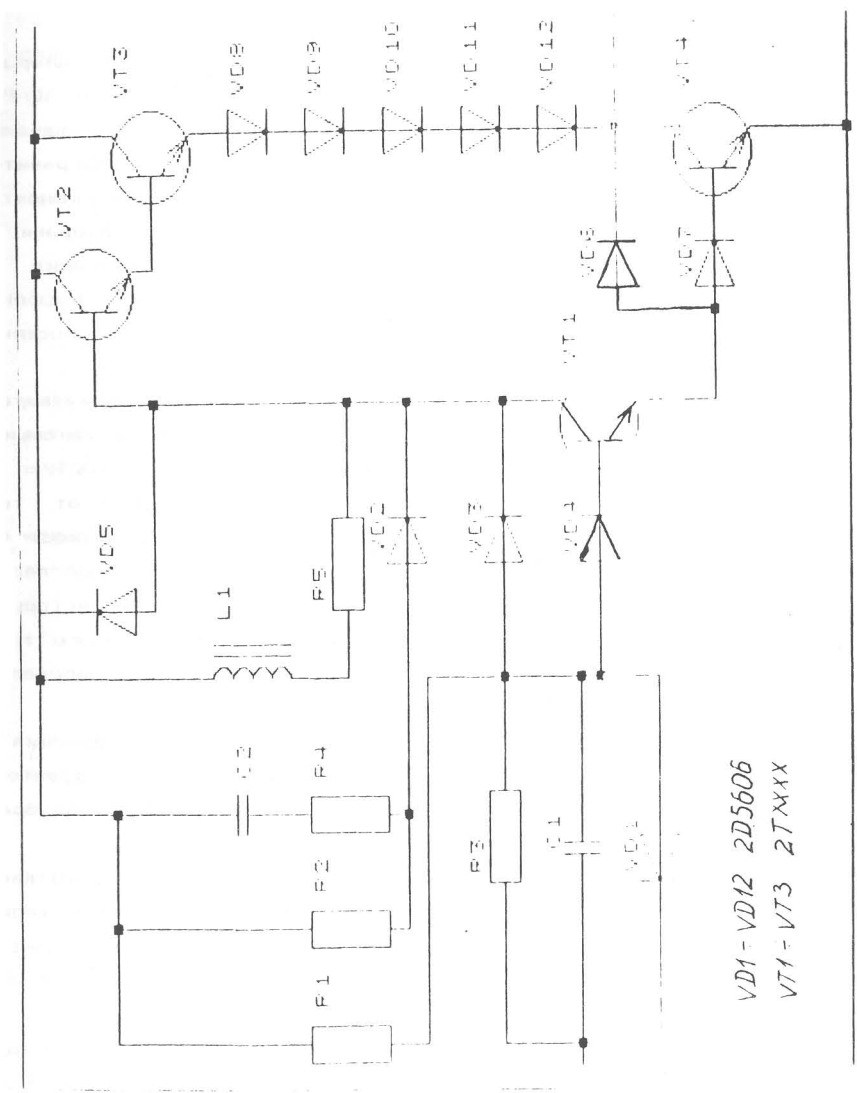
фиг. 7а - U<sub>GS</sub>



фиг. 7б - изход на ГР



фиг. 7в - U<sub>GS</sub>



VD1 - VD12 2D.5606  
 VT1 - VT3 2T.XXX

φ42.6