

Импулсно управление на нискоомни нагреватели

Петко Машков

***Electronic Pulse Control for Low Resistance Heaters:** Electronic equipment for control of infrared heaters operation has been developed. It allows the time duration of "on" and "off" cycles to be regulated independently. The heaters' resistance for some applications may be too low (about 4 ohms) and direct connection to the voltage supply is not desirable. This problem is solved by the electronic control. When the heater is "on" only in one of some half periods it is connected to the voltage supply. By this way maximum power of the heater is limited according to the requirements. By changing the time duration of the cycles "on" and "off" the spectral and power characteristics of the heater can be regulated.*

Key words: *Infrared heaters; electronic pulse control.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Приложението на малкоинерционни широкоплощни инфрачервени нагреватели е актуално в много области от съвременната промишленост [1 - 5]. Те се изработват от тънки метални листи и се нагреват директно от протичащия през тях ток. Това обуславя малката им инертност - скоростите на нагряването и охлаждането им са от порядъка на 10 K/s. Ето защо за управлението на нагреватели от такъв тип най-често се използва импулсно управление [3 - 5]. Нагревателите работят в режим включен/изключен, като времетраенето на тези цикли може да се регулира независимо и най-често е в интервала от части от секундата до няколко минути [4]. При тези условия на работа температурата на нагревателите се мени непрекъснато между T_{\min} и T_{\max} в широки граници. Регулирането на времетраенето на циклите "включен" и "изключен" дава възможност да се управляват излъчвателните характеристики на нагревателите, тяхната мощност [4], както и да се реализира така нареченото "прекъснато облъчване" [3, 5]. Този тип нагряване е от голямо значение при термичната обработка на различни материали, тъй като спомага за протичането на топло и влагообмена и практически се реализира само с нагреватели от посочения тип.

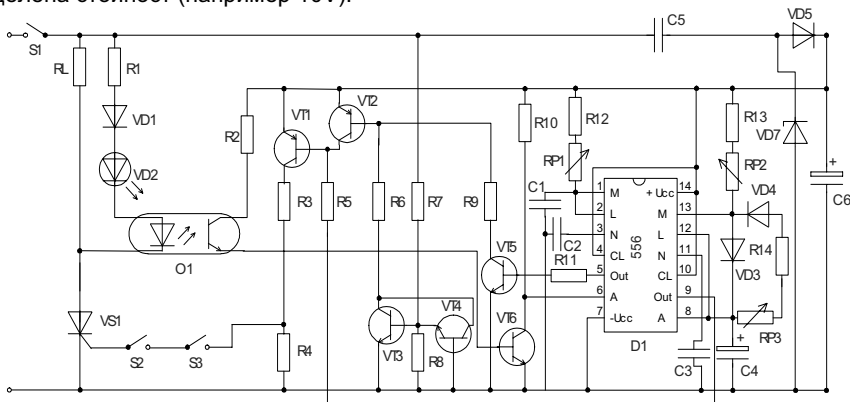
При разработка на уредби за инфрачервено нагряване с малкоинерционни нагреватели се среща следният проблем. Когато уредбата е малка, съпротивлението на нагревателя се получава много малко (около 4 ома). В такъв случай директното му включване към захранващото напрежение (дори ако се използва само единия полупериод [4]) не е желателно. Максималната мощност на нагревателя би се получила много голяма и температурата му може да се повиши до нежелани стойности.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Предложената в настоящата работа схема за управление (Фиг.1) разглежда вариант на решение на описания по – горе проблем.

В схемата са използвани известни и доказали се в практиката схемни решения [1, 4]. Използвано е безтрансформаторно захранване, тъй като е евтино и надеждно. То включва кондензаторите C5 и C6, диода VD5 и ценеровия диод VD7. Тъй като товарът RL е със сравнително голяма мощност, за да се избягнат силни високочестотни смущения, комутацията на тиристора VS1 трябва да се извършва в момента, когато мрежовото напрежение минава през нулата. Това се осигурява от транзисторите VT2, VT3, VT4 и съпротивителният делител R7,R8 [1]. Чрез делителя част от мрежовото напрежение се подава на преходите база - емитер на транзисторите VT3 и VT4. Когато мрежовото напрежение надхвърли определена стойност, в зависимост от съотношението на съпротивленията R7 и R8, падът на напрежение върху R8 надхвърля 0.6V и в зависимост от поляритета му VT3 или VT4 се насища. Колекторният ток на наситения транзистор през R6 насища VT2. Тъй като

напрежението колектор - емитер на наситения транзистор VT2 е по-малко от необходимото напрежение за отпушване на прехода база - емитер на транзистора VT1, то той ще бъде запушен винаги, когато мрежовото напрежение надхвърля определена стойност (например 10V).



Фиг. 1. Схема за импулсно управление.

По този начин, когато през съпротивлението R5 протича управляващ ток, транзисторът VT1 ще се отпушва само когато мрежовото напрежение е близо до нулата и към управляващия електрод на тиристора VS1 ще се подават къси управляващи импулси (типична ширина около 0.4 ms).

За реализация на импулсното управление на нагревателя е използван автогенериращ мултивибратор на базата на таймера 556 [4]. В случая е използвана половината от таймер 556, изводи от 8 до 13. Изходът му е свързан през R5 към базата на транзистора VT1. Когато на изхода на автогенериращия мултивибратор 9 потенциалът е нисък, през R5 протича ток и към управляващия електрод на тиристора се подават пускови импулси. Избрана е схема, при която времезадаващият кондензатор C4 на мултивибратора се зарежда и разрежда по различни вериги - R13, RP2, VD3 и R14, RP3, VD4. По този начин чрез потенциометрите RP3 и RP2 може да се управлява независимо времетраенето на циклите "включен" и "изключен" в работата на нагревателя. При така реализираната схема при начално включване на захранващото напрежение нагревателят винаги е в положение "изключен". Това е предимство, тъй като при затваряне на ключа S1 през него протича само токът от консумацията на електронната схема.

Както беше споменато по-горе, при малко съпротивление на нагревателя R_L (например 4 ома), дори при работа само в единия полупериод на мрежовото напрежение мощността му би била недопустимо голяма. За ограничаването ѝ е използван чакан мултивибратор, изграден с другата половина на таймера 556 - входове от 1 до 6 (Фиг.1).

Схемата работи по следния начин: при отпушване на тиристора VS1 в положителния полупериод на мрежовото напрежение, ток протича през светодиода VD2, който се използва за индикация, както и през светодиода на фототранзисторния оптрон O1. Фототранзисторът от оптрона се отпушва, като емитерният му ток насища транзистора VT6. Напрежението на колектора на VT6 пада под 1/3 от захранващото, при което се задейства чаканият мултивибратор. Напрежението на изхода му 5 води до насищане на VT5, съответно и на VT2. По този начин, докато на изхода на чакания мултивибратор има висок потенциал, към управляващия електрод на тиристора не могат да се подават пускани импулси.

Продължителността на импулса t , изработен от чакащия мултивибратор, се определя от стойностите на R_{12} , RP_1 и C_1 . За да се ограничи мощността на нагревателя, t във всички случаи трябва да бъде по-голяма от 20 ms - тогава тиристорът няма да може да се включи през следващия положителен полупериод. Тъй като тиристорът в края на положителния полупериод се изключва, токът през оптрона става нула, което води до запусването на VT6. По този начин продължителността на пусковия импулс за чакащия мултивибратор е под 10 ms, т.е. е по-малка от t . Това е необходимо за правилната му работа [2].

Ограничаването на максималната мощност на нагревателя R_L е в зависимост от целите, за които се използва. Чрез подходящ избор на RC групата на чакащия мултивибратор, която определя t ($t \approx 1.1RC$, [2]), може да се настрои нагревателят да бъде включен само в един от 4, 6, 8 и т.н. полупериода на мрежовото напрежение. Например, ако желаем нагревателят да работи в един от шест полупериода, t трябва да бъде между 40 и 60 ms (всъщност, малко по-голямо от 40 ms, тъй като управляващият импулс към тиристора е с продължителност около 0.4 ms). Разбира се, в този случай е най-добре t да се избере 50 ms. Таймерът 555 се отличава с отлична стабилност на параметрите на генерираните импулси [2] както по отношение на промени в температурата, така и на захранващото напрежение. Дори при известни флуктуации на RC константата, породени от температурни изменения, промяна от 20% в продължителността на генерирания импулс е много малко вероятна. Това означава, че може да се очаква стабилна работа на предложената схема за управление в широк температурен интервал.

Настройването на t може да стане чрез RP_1 като се наблюдава осцилограма на напрежението на изхода 5 на чакащия мултивибратор. В тази честотна област измерването на временни интервали с осцилоскоп обаче не е особено точно. Ето защо тук се предлага по-удобен начин за настройване на работата на схемата. Наблюдава се осцилограма на напрежението върху R_4 . Ако t е между 40 и 50 ms тиристорът ще включва в един от всеки шест полупериода (т.е. в първи, седми и т.н.). Към управляващия му електрод обаче ще се подава пускащ импулс и между пети и шести полупериод, който се вижда на екрана на осцилоскопа (шести полупериод е отрицателен и тиристорът не включва). Чрез RP_1 се увеличава t , докато този пускащ импулс изчезне; тогава t е приблизително 50 ms. В експериментираната уредба $R_{12}=300k\Omega$; $RP_1=680k\Omega$; $C=100nF$. Това дава възможност за работа на нагревателя в един от 4, 6, 8 и 10 полупериода. Разбира се, ако няма нужда от промяна на режима на работа, най-добре е вместо RP_1 да се постави постоянен резистор.

При извършване на тези дейности е добре да не се забравя, че схемата не е галванично развързана от мрежата. В схемата на Фиг.1 са предвидени и ключовете S_1 , S_2 и S_3 . S_1 и S_2 са ключове от един въртящ се прекъсвач, като редът на включване е S_1 , S_2 , а изключването е в обратен ред. Така при изключване първо се прекъсва веригата към управляващия електрод на тиристора. Дори да е в началото на полупериод, в който той е включен, след 10 ms ще бъде изключен. Времето между изключването на S_2 и S_1 практически не може да бъде по-малко от 10 ms. По този начин винаги при комутация на S_1 през него ще протича много слаб ток. Прекъсвачът S_3 е предвиден за включването на допълнителен таймер - например за ограничаване по време на процеса на обработка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработена е схема за импулсно управление на работата на малкоинерционни инфрачервени нагреватели с малко съпротивление (около 4 ома). Директното им включване към мрежовото напрежение е нежелателно. За да се реализира работа на нагревателите с желана мощност предлаганото управление в положение "включен" осигурява работа на нагревателя само в един от няколко полупериода на

мрежовото напрежение. По този начин максималната му мощност се ограничава според нуждите, а чрез регулиране на времетраенето на положенията "включен" и "изключен" могат да се регулират спектралните и мощностните характеристики на нагревателя.

Схемата е внедрена в производството и показва стабилна и надеждна работа.

Изследванията, използвани в тази работа са извършени при изпълнение на проект ВУ – ЕЕС – 301/2007 и 2011-ФЕЕА-01.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Марстън, Р. 110 тиристорни схеми; София, 1982, ДИ "Техника".

[2] Уилямс, А. Применение интегралних схем; М., Мир, 1987.

[3] Alden, L. Infrared baking oven; US Patent 4, 960, 977.

[4] Mashkov, P. T.Pencheva, D.Popov, V.Mateev Emission spectra control for infrared heaters by electronic pulse management; 26th International Spring Seminar on Electronic Technology, 2003.

[5] Peart, M. Energy efficient bi-radiant oven system; US Patent 4, 164, 643.

За контакти:

Гл. ас. д-р Петко Машков, Катедра "Физика", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 583, e-mail: pmashkov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.