

## МИКРОПРОЦЕСОРНО УСТРОЙСТВО ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕРМИЧНИ ПРОЦЕСИ

доц. ктн. инж. *Йордан Николов Колев*, ВМЕИ-ВАРНА  
ст. ас. инж. *Ивайло Богданов Цекон* ВМЕИ-ВАРНА  
ас. инж. *Виктор Йорданов Борисов* ВМЕИ-ВАРНА  
ас. инж. *Илия Димитров Кьосев* ВМЕИ-ВАРНА  
ас. инж. *Веселин Иванов Пенчев* ВМЕИ-ВАРНА  
ас. инж. *Николай Георгиев Икономов* ВМЕИ-ВАРНА  
студ. *Николай Ганев* ВМЕИ-ВАРНА  
студ. *Емил Андреев* ВМЕИ-ВАРНА

Обект на разглеждане на настоящия доклад е комплексът от проблеми свързан с проектирането на апаратната част и програмното осигуряване на промишлен контролер за регулиране на термични процеси разработен от авторския колектив.

Конкретното предназначение на контролера е за управление на електрическите пещи произведени от Елпром - Балчик. Възможно е използването му за управление и на други термични процеси и обекти, а също прилагането му като малък контролер с общо промишлено предназначение.

Към контролера се предявяват определени изисквания по отношение на условията на работа - висока влажност, висока температура и силни електромагнитни смущения.

Контролерът има следните технически характеристики :

- шест независими канала за регулиране на температурата ;
- осем програми за всеки канал ;
- всяка програма включва до шест точки ( време температура ) ;
- измервателни преобразуватели - термодвойки, Pt100 и др. ;
- енергонезависима памет за запазване на въведените програми за отделните канали ;
- достъп за промяна на програмата чрез парола ;
- четири седенсементни индикатора ;

- клавиатура с 30 бутона за въвеждане на програмите ;

Структурната схема на контролера е показана на приложение 1. При разработването са използвани компоненти българско производство, което води до валутна независимост.

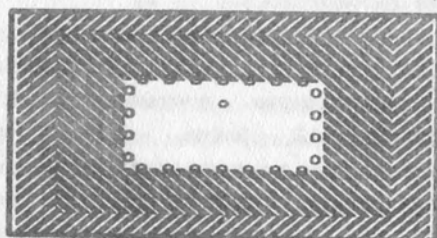
Контролерът е изграден на базата на 8 битов едночипов микрокомпютър SM656 (1) състоящ се от интегрирани върху един кристал 8 битов микропроцесор, тактов генератор, постоянна панет EPROM - 1.8 KB, оперативна панет 112 байта, таймер и входно-изходни портове. Въведените програми за управление на даден канал се записват в енергонезависима панет и по този начин те се запазват след отпадането на захранването. Блокът енергонезависима панет (3) е съставен от CMOS оперативна панет SM517 (3.1), акумулаторна батерия (3.3) и блок " ниска мрежа " (3.2) изработващ сигнал, който блокира микрокомпютъра при отпадане на захранването. Блокът входно-изходнирегистри (2) е съставен от две схеми SM602. Регистърът (2.1) се използва за запис в блок (4), представляващ осем оптоизолирани изхода, чрез които се формират управляващи сигнали за отделните канали. Чрез регистрите се управляват четирите 7- сегментни индикатора (5) и се сканира клавиатурата (6). Аналоговата част (7) се състои от 12 разреден АЦП SM757-2 (7.1), 8-канален аналогов мултиплексор (7.2), термометър (7.4) на базата на Si p-n преход и блок (7.3) - изнервателни преобразуватели за термодвойки или терморезистори.

За осигуряване на серийното производство на термоконтролера е разработен модул вътрешно-схемен емулатор за диагностика на апаратната част. Емулаторът е конструиран като периферна платка за персоналния компютър Правец-82.

Съставянето на алгоритъм за микропроцесорно управление на произволен обект обикновено се предшества от разработка на достоверен математичен модел. В ранките на тази процедура, се обособяват два етапа: структурна и параметрична идентификация, реализацията на които изисква съвършено различни подходи.

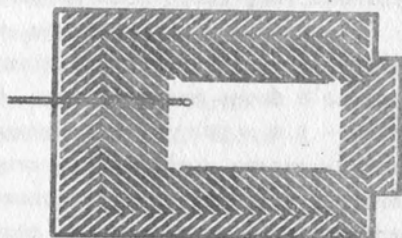
Структурната ( обикновено априорна ) идентификация цели установяване на структурните свойства на обекта и най-често се базира на интуиция и практически опит. В разглеждания случай определящи за предложената структура са конструктивните особености на обекта, важните от гледна точка на термичните процеси параметри

на материалите, разположението на изгревателния елемент в работното пространство на печта, както и съставката между получените в ранките на различни структури окончателни резултати.



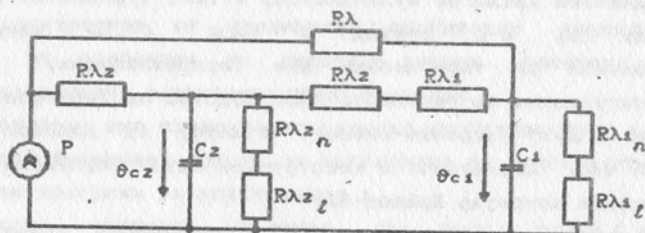
▨ - шамот    ▨ - керамоперлит    — - стомана

Фиг. 1а



Фиг. 1б

Характеристиките на използваните за изграждане на трите изолационни слоя ( Фиг. 1а ) материали - шамот, керамоперлит и стомана, и конструктивните размери позволяват да се игнорират топлинните капацитети на последните два слоя и топлопроводността на стоманата. Тези съображения, като и разположението на термодвойката ( Фиг. 1б ,  $\theta_{c1}$  на Фиг. 2 ) дават основание да се предложи следната двузвенна структура:



Фиг. 2

Параметричната идентификация е основана на експериментално заснета крива на нагриване на обекта при подаване на максимална електрическа мощност. При това се използва още зависимостта на топлопроводността на шамота от температурата ( табл. 1 ) обуславяща нелинейността на елементите  $R\lambda_z$ ,  $R\lambda_z_n$ ,  $R\lambda_1$ ,  $R\lambda_1_n$  в структурата от Фиг. 2.

$T [^{\circ}C]$	200	400	600	800	1000
$\lambda [W/m.K]$	0.19	0.25	0.31	0.35	0.37

табл. 1

Използвани са два критерия - максимална грешка и интегрален критерий, при които са получени близки от гледна точка на съпадението с експеримента, но отличаващи се по скоростта на сходност на минимизационния алгоритъм крайни стойности на параметрите.

От друга страна, между елементите  $R\lambda_1$ ,  $R\lambda_2$  и  $C_1$ ,  $C_2$  съществува пропорционална връзка, произтичаща от геометричните съотношения в обекта.

Въз основа на резултатите от идентификацията е синтезиран адаптивен регулатор от пропорционален тип, удовлетворяващ зададените точностни и динамични характеристики. Временна диаграма показваща преминаване на регулатора от режим стабилизиране на скорост на нагряване в режим стабилизиране на температура е показана на фиг. 3.

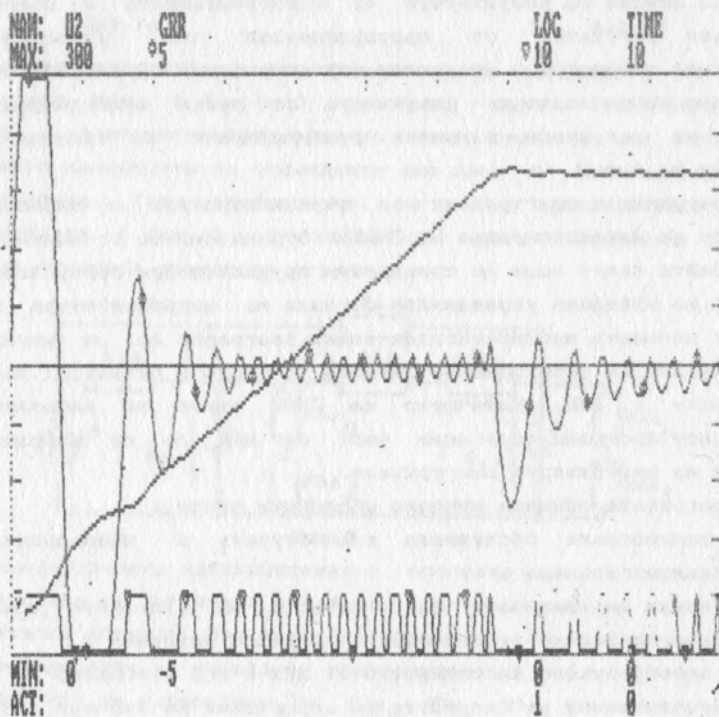
Програмното осигуряване на термоконтролера е написано на асемблер за микропроцесора на CM656. Ограничението от малкия обем -1.8 Кбайта панет води до определени трудности при програмирането. Липсата на изведени управляващи сигнали на микрокомпютъра налага част от неговите входно-изходни линии програмно да се управляват за формиране на необходимите сигнали за запис и четене от панетта, регистрите и АЦП. Наличието на CMOS панет за запазване на въведените програми позволява част от нея да се използва за нуждите на програмното осигуряване.

Програмата обхваща няколко обособени части :

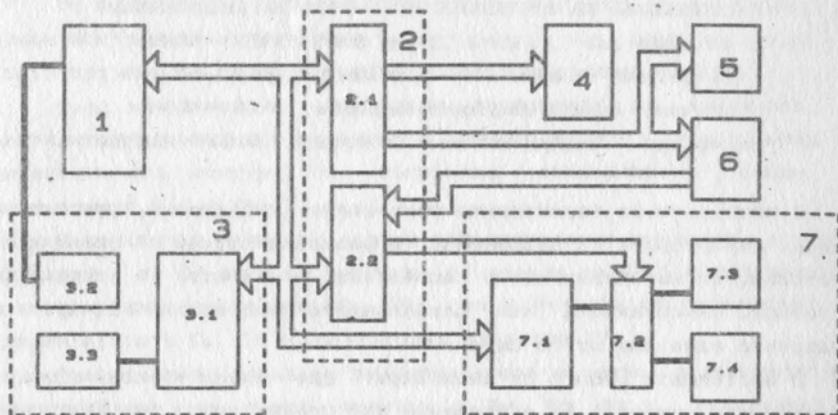
- подпрограма обслужваща клавиатурата и индикацията по прекъсване от таймера ;
- модул за въвеждане на стойности за отделните точки от програмата за канал: температура и временен интервал ;
- преобразуване на стойности от HEX в BCD и обратно ;
- изчисляване на скоростта на нарастване на температурата ;
- програмен модул за измерване на температурата ;
- подпрограми за формиране на управляващи сигнали .
- програмен цифров регулатор

Програмното осигуряване е разработено на ПК-ПРАВЕЦ 16 с помощта на CROSS-ASSEMBLER за микропроцесора CM650/651. За тестване и настройка на отделните програмни модули е използван програмни емулатор за съдия микропроцесор.

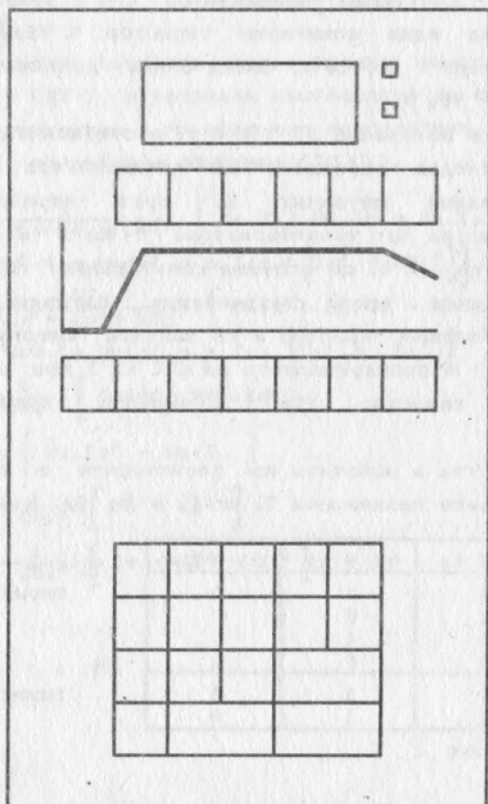
Механичната конструкция на термодатчика е технологична и съобразена с изискванията на серийното производство. Корпусът се състои от стандартни алуминиеви профили с канали в които се фиксират трите основни възела на контролера - микропроцесорна платка, индикация и клавиатура. Модулната конструкция на контролера позволява използването на различни типове индикация и клавиатура без промяна в микропроцесорната платка. Външния вид на контролера е показан на приложение 2.



Фиг. 3



приложение 1



приложение 2