

PROGRAMOVÝ ADAPTÉR K REGULÁTORU TEPLoty

ZDENĚK POSPÍŠIL

Výzkumný ústav elektrotechnické keramiky, 500 64 Hradec Králové

Došlo 22. 1. 1985

Programový adaptér lze použít ve spojení s kterýmkoliv regulátorem teploty, pokud jako čidla používá termočlánek. Do obvodu termočlánek je vřazeno pomocné kompenzační napětí, které je během náběhu teploty programově řízeno. Součet napětí termočlánek a kompenzačního napětí dává konstantní hodnotu, odpovídající teplotě nastavené na regulátoru. Pomocné kompenzační napětí se např. odvíjí z pomalu se otáčejícího potenciometru s řadou odboček, mezi něž se zapojují odpory paralelně k příslušnému úseku potenciometru, a tím se modifikuje časový průběh kompenzačního napětí podle předem stanovené křivky.

ÚVOD

V silikátových laboratořích a provozech je jedním ze základních požadavků přesné udržení poměrně vysokých teplot. K tomu účelu byla vyvinuta řada různých typů automatických regulátorů teploty, které jsou schopny udržovat s větší nebo menší přesností nastavenou hodnotu teploty.

Často je však třeba docílit nejen udržování konstantní teploty, ale i řízení jejího průběhu, např. při ohřívání pece z pokojové teploty na maximální teplotu výpalu. Je to nutné zejména tehdy, jestliže probíhají ve vypalovaném materiálu reakce, které by při neřízeném průběhu mohly nepříznivě ovlivnit jeho vlastnosti, porušit celistvost výrobku apod. Typickým příkladem je odstraňování organických pojmů v počáteční fázi výpalu keramických výrobků či vzorků.

V takovém případě je možno použít tzv. programových regulátorů, které automaticky řídí časový průběh teploty podle předem určené křivky. Moderní programové regulátory zpravidla dělí celkový čas náběhu teploty na určitý počet (např. 10) stejně dlouhých úseků, přičemž v každém úseku se řídí vzestup teploty elektronickým obvodem libovolně nastavitelnou rychlostí.

Programové regulátory ovšem zpravidla nejsou běžnou součástí vybavení silikátových laboratoří, neboť jsou jednak těžko dostupné, jednak jsou, zejména pokud jde o moderní elektronické regulátory, i značně nákladné.

Problém se však může řešit i jiným způsobem. V tomto sdělení bude popsáno zařízení, kterým lze bez zásahu do vlastního regulátoru docílit programovatelného vzrůstu teploty. Tento adaptér je možno připojit k libovolnému regulátoru teploty, který jako čidlo používá termočlánek.

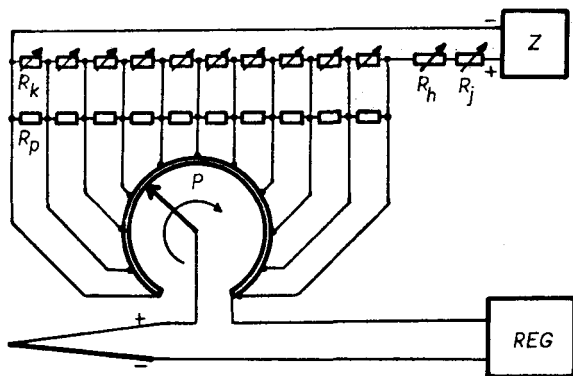
PRINCIP ŘEŠENÍ

Do obvodu termočlánek se do série s termočlánekem vřadí pomocné, programově řízené kompenzační napětí, které se v okamžiku zapnutí pece právě rovná (až na znaménko) napětí použitého termočlánek při maximální žádané teplotě a při dosažení této teploty se rovná nule. Regulátor, který je trvale nastaven na maximální

teplotu (teplotu výdrže), pracuje tak stále v konstantním regulačním bodu, avšak skutečná teplota ve vyhřívaném prostoru je dána rozdílem teploty nastavené na regulátoru a teploty odpovídající (podle použitého termočlánku) okamžité hodnotě pomocného kompenzačního napětí.

Adaptér lze po technické stránce realizovat různým způsobem. V tomto sdělení je popsán příklad provedení adaptéru s použitím jednoduchých prostředků a minimálních nákladů.

Základní schéma zapojení je na obr. 1. Kompenzační napětí se získává z jednoduchého obvodu sestávajícího ze zdroje stejnosměrného napětí Z , z justačních odporů R_h a R_j a z potenciometru s řadou odboček P , ze kterého se kluzným kontaktem odvětjuje kompenzační napětí vložené do obvodu termočlánku.



Obr. 1. Základní schéma programového adaptéru: REG — regulátor teploty, P — potenciometr s odbočkami, Z — zdroj stejnosměrného napětí, R_h , R_j — odpory pro hrubou a jemnou justaci, R_k — odpor pro korekci nelinearity termočlánku, R_p — regulační odpor pro nastavení strmosti stoupání teploty.

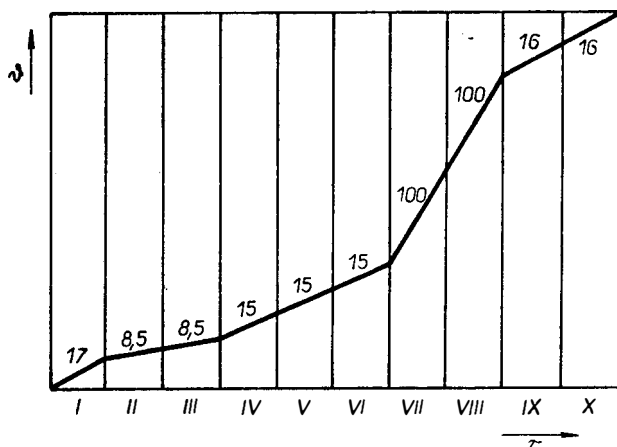
Osa potenciometru P je spřažena s elektrickým hodinovým strojkem, který uděluje kluznému kontaktu rovnoměrný pohyb. Tím lze bez úprav docílit jen rovnoměrného vzrůstu teploty (za předpokladu lineární charakteristiky termočlánku). Časový průběh kompenzačního napětí lze však podle potřeby modifikovat tím, že se upraví napěťový spád v jednotlivých úsecích potenciometru. Mezi odbočky se zapojují nastavitelné odpory paralelně k příslušnému úseku potenciometru. Výhodné je použití dvojice paralelních odporů, z nichž jeden má stálou hodnotu a koriguje odchylku charakteristiky daného termočlánku od lineárního průběhu (R_k), druhý je buď plynule nebo stupňovitě proměnný a upravuje podle potřeby strmost stoupání teploty v jednotlivých úsecích (R_p). Při zkratovém nastavení tohoto odporu se docílí v příslušném úseku teplotní prodleva, vyřazení odporu vede k maximální strmosti křivky.

Použití plynule měnitelných rezistorů mezi jednotlivými odbočkami má sice výhodu v plynulé regulaci, vede však k technickým potížím, neboť jejich jmenovité hodnoty by musily být kolem jednoho Ω s možností nastavení v setinách až desetínách Ω . Výhodnější je proto použití přepínačů osazených konstantními odpory. V našem případě jsme použili třináctipolohových řadičů a jednotlivé odpory byly

propočítány pro strmosti 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75 a 100% maximální strmosti teplotní křivky. To je řada dostatečně hustá, aby bylo možno zcela vyhovět technologickým požadavkům.

POSTUP NASTAVENÍ A UVEDENÍ DO CHODU

Požadovaná křivka náběhu teploty rozdělená na deset úseků s lineárním vzrůstem teploty se nakreslí na milimetrový papír, jak je patrné z obr. 2. Strmost křivky v jednotlivých úsecích se vyjádří vzhledem k maximální strmosti křivky, jak je na obrázku vyznačeno. Tyto hodnoty se pak nastaví na stupnicích proměnných odporů resp.



Obr. 2. Příklad konstrukce křivky pro programové řízení vzrůstu teploty; čísla u jednotlivých úseků křivky označují strmost stoupání teploty v % vzhledem k nejstrmějšímu úseku křivky.

přepínačů pro příslušné úseky. Pokud se používá přepínačů s pevnými regulačními stupni, zaokrouhlují se tyto hodnoty pokud možno střídavě nahoru a dolů, aby nedošlo ke sčítání chyb. Vlastní teplotní regulátor se nastaví na hodnotu maximální teploty (teplotní výdrž). Justačními odpory R_h (hrubě) a R_j (jemně) se nastaví proud v obvodu tak, že se ukazatel teplotního regulátoru nalézá právě v kritické oblasti regulace (u dvupolohové regulace na hranici vypnuto — zapnuto, u tyristorového regulátoru v poloze, kdy se elektronický ventil právě začíná otevírat). Pak se zapojí topné vinutí pece popř. jiného vyhřívaného zařízení a současně se spustí hodinový strojček pohánějící potenciometr.

Pohyblivé rameno potenciometru je vhodné využít i k dalším funkcím. Je možno jej opatřit vypínacím palcem, který při dokončení náběhu teploty vypne pohon potenciometru (popř. i napájecího zdroje Z). V tom případě je vyřazen programový adaptér a pokračuje výdrž na nastavené teplotě až do ručního vypnutí. Je však také možno vytvořit potenciometr P tak, že odporová spirála na jeho obvodu pokračuje po skončení náběhové části vodivou drahou s prakticky nulovým odporem, např. ze silného měděného drátu. Pak při pokračujícím pohybu osy potenciometru přejde teplotní křivka do teplotní výdrže, která pokračuje až do automatického vypnutí vypínacím dorazem. Tím je průběh výpalu nebo jiné tepelné technické operace zcela automatizován.

Popsaný programový adaptér se v praxi dobře osvědčil. Zhotovení některých dílů, jako je např. potenciometr s odbočkami, výpočet a zhotovení regulačních odporů pro jednotlivé úseky náběhové křivky je sice poněkud pracné, ale úspora práce při používání programové regulace a zautomatizování důležité technologické operace, navíc pak zpřesnění vedení teploty tuto vynaloženou práci bohatě vynahradí.

ПРОГРАММНЫЙ АДАПТЕР К РЕГУЛЯТОРУ ТЕМПЕРАТУРЫ

Зденек Поспишил

*Научно-исследовательский институт электротехнической керамики,
500 64 Градец Кралово*

Программный адаптер можно применять в сопряжении с любым типом регулятора, имеющего в качестве датчика термоэлемент. Принцип заключается в том, что в цепь термоэлемента включается компенсирующее напряжение, которое во время повышения температуры устанавливается по программе. При включении печи (или другой термотехнической установки) компенсирующее напряжение равно напряжению термоэлемента для величины температуры, устанавливаемой на регуляторе. Во время нарастания температуры компенсирующее напряжение уменьшается согласно заранее установленной зависимости времени и различие выравнивается растущим напряжением термоэлемента.

Компенсирующее напряжение получается из кольцевого потенциометра, подвижным контактом которого медленно движет часовой механизм. Потенциометр имеет ответвления, которые разделяют его окруж на 10 секций. Параллельно к отдельным секциям потенциометра подключаются регулирующие сопротивления, с помощью которых можно изменять падение напряжения в отдельных секциях и таким образом изменять в согласии с данной программой скорость повышения температуры в отдельных интервалах времени. Принципиальная схема установки приводится на рис. 1.

Пример приведения в действие программной регуляции приводится на рис. 2. Требуемая кривая повышения температуры состоит из линейных секторов, отвечающих секциям потенциометра. Скорость повышения температуры выражается в процентах и полученные величины выносятся на шкалы отдельных резисторов R_p . Юстационные сопротивления R_h и R_f устанавливаются на регуляторе в критическую область и в действие приводится движущийся контакт потенциометра. Его действие можно также использовать для измерения выдержки на установленной температуре (когда компенсирующее напряжение достигнет нуля) и для выключения целой установки.

Рис. 1. Основная схема программирующего адаптера: RFG — регулятор температуры, P — потенциометр с ответвлениями, Z — источник постоянного напряжения, R_h , R_f — сопротивления для общей и тонкой юстации, R_k — сопротивление для коррекции нелинейности термоэлемента, R_p — регулирующие сопротивления для установления крутизны повышения температуры.

Рис. 2. Пример конструкции кривой для программирующего управления роста температуры. Числа у отдельных секторов кривой обозначают крутизну повышения температуры в % с учетом наиболее крутых секторов кривой.

PROGRAM ADAPTER FOR A TEMPERATURE CONTROLLER

Zdeněk Pospíšil

Research Institute of Electrotechnical Ceramics, 500 64 Hradec Králové

The program adapter can be used in combination with any arbitrary type of temperature controller insofar as it employs thermocouples as sensors. Its principle is that an auxiliary compensating voltage, program-controlled during the temperature rise, is introduced into the thermocouple circuit. On switching on the furnace (or another kind of heat source) this compensating voltage is equal to the thermocouple voltage for the temperature preset on the

controller. During the temperature rise the compensating voltage decreases according to a time dependence determined in advance and the difference is compensated by the increasing voltage of the thermocouple.

The compensating voltage is obtained from a circular potentiometer whose moving contact is slowly driven by a clockwork mechanism. The potentiometer has branches dividing its circumference into 10 sections. Parallel with the individual sections are connected adjustable resistors which allow the voltage gradient in the sections to be controlled according to the given program, thus regulating the rate of temperature rise over the individual periods of time. A schematic diagram of the device is shown in Fig. 1.

An example of the procedure of putting the program control into operation is shown in Fig. 2. The required temperature rise curve is composed of linear sections corresponding to those of the potentiometer. The rate of the temperature rise is expressed in percent and the values are set on the dials of the individual resistors R_p . By means of adjusting resistors R_h and R_f , the controller indicator is set in the critical control region and the moving potentiometer contact is set into motion. Its movement can likewise be utilized for metering the time of holding at a certain temperature (when the compensating voltage falls to zero) and for switching off the entire equipment.

Fig. 1. Schematic diagram of the program adapter; REG — temperature controller, P — potentiometer with branches, Z — DC voltage source, R_h , R_f — resistors for rough and fine adjustment respectively, R_k — resistor for correcting the thermocouple non-linearity, R_p — control resistor for setting the temperature rise steepness.

Fig. 2. Example of the construction of the temperature rise program control curve. The numerals at the individual curve sections indicate the steepness of temperature rise in percent of the steepest curve section.

9. NSTAC (Ninth Nordic Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry) v Lundu červen 1985 (Švédsko).

Devátá skandinávská konference o termické analýze a kalorimetrii byla pořádána pod patronací chemického centra University v Lundu za předsednictví Docentky G. Olofsonové. Program byl především založen na 18 pozvaných přednáškách doplněných 54 postery a třemi plenárními diskuzemi na téma. 1. Kalorimetrie při studiu adsorbce z roztoků (vedená prof. D. H. Everettem); 2. Reakční kalorimetrie v chemickém průmyslu (vedená Prof. B. Törnnelem) a 3. Mikrokolorimetrie jako monitor ultrapomalých procesů (vedená Dr. E. Martim). Z plenárních přednášek lze uvést H. R. Oswald (Švýcarsko): Thermal analysis as a tool for investigation in metal oxide chemistry; J. Šesták (ČSSR): Some thermodynamic aspects of glassy state; L. Niinisto (Finsko): Thermal behaviour of acetates; J. M. Vergnaud (Francie): Effect of heating rate in DSC on heat-flux time curves and profiles of temperature and state of cure developed in the sample; E. J. Pugh (Švédsko): Thermal analysis of surfactant collectors adsorbed on mineral particles; E. Kaisersberger (NSR): Measurement of low vapour pressures according to the Knudsen effusion method; J. Roquerol (Francie): Adsorption at the solid/liquid interfaces; J. Hansson (Švédsko): Microcalorimetry of slow complex processes; R. Regenass (Švýcarsko): Calorimetric monitoring of industrial chemical processes; K. S. Birdi (Dánsko): Thermodynamics of adsorptions; L. Jansson (Švédsko): Studies of polymerization initiators by reaction calorimetry; J. W. Donovan (USA): Phase transitions of Starch; C. Eliasson (Švédsko): Starch-lipid interactions studied by DSC; H. Søgaard (Dánsko): Microcalorimetry as a rapid method for monitoring the hygienic quality of raw meat. Z náplně lze vidět, že centrum pozornosti se zaměřilo na oblasti chemie pevných látek, kalorimetrie povrchů a industriálních a biologických aplikací.

J. Šesták