



Numer zgłoszenia: 274901

IntCl<sup>5</sup>:  
G05D 23/19

Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

Data zgłoszenia: 26.09.1988

CZYTELNIA  
OGÓLNA

54

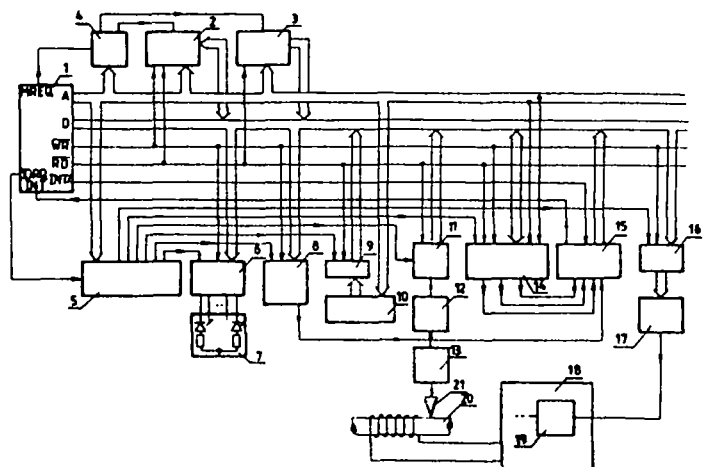
Układ sterowania temperatury

Zgłoszenie ogłoszono:  
02.04.1990 BUP 07/90

O udzieleniu patentu ogłoszono:  
31.08.1992 WUP 08/92

76 Uprawniony i twórca wynalazku:  
Marian Kalus, Gliwice, PL  
Jacek T. Toporkiewicz, Gliwice, PL.  
Jacek Matys, Gliwice, PL

57 Układ sterowania temperatury, wyposażony w mikroprocesor, przetworniki cyfrowo-analogowy i analogowo-cyfrowy - sprzężony z linią sterującą odczytu mikroprocesora i z dekodern układów wejściowo-wyjściowych, moduł przerwań priorytetowych - sprzężony z wejściem maskowalnym przerwania i z wyjściem informującym o przerwaniu mikroprocesora oraz moduł czasowy - sprzężony z liniami sterującymi zapisu i odczytu oraz z szyną adresową mikroprocesora, a także z dekodern układów wejściowo-wyjściowych, **znamienny tym**, że czujnik temperatury (21) połączony z wejściem analogowym przetwornika analogowo-cyfrowego (11) poprzez wzmacniacz różnicowy (13) i filtr górnozaporowy (12), zaś jego wyjście cyfrowe połączono z szyną danych mikroprocesora (1), z kolei wejście cyfrowe przetwornika cyfrowo-analogowego (17) połączono z szyną danych mikroprocesora (1) poprzez port wyjściowy (16), zaś wyjście analogowe tego przetwornika połączono z układem sterowania (19) przekształtnika tyrystorowego wysokiej częstotliwości (18), ponadto szyna danych modułu czasowego (14) jest połączona z szyną danych mikroprocesora (1), zaś jego pierwsze wyjście czasowe realizujące czas impulsowania połączono jest z wejściem przerwania o najwyższym priorytecie w module przerwań priorytetowych (15), z kolei drugie wyjście czasowe modułu czasowego (14), realizujące stromość narastania i opadania temperatury zadanej, połączono z wejściem drugim przerwania w hierarchii priorytetu w module (15), zaś wyjście trzecie modułu czasowego (14), . . . .



## Układ sterowania temperatury

### Zastrzeżenie patentowe

Układ sterowania temperatury, wyposażony w mikroprocesor, przetworniki cyfrowo-analogowy i analogowo-cyfrowy — sprzężony z linią sterującą odczytu mikroprocesora i z dekodern układów wejściowo-wyjściowych, moduł przerwania priorytetowych — sprzężony z wejściem maskowalnym przerwania i z wyjściem informującym o przerwaniu mikroprocesora oraz moduł czasowy - sprzężony z liniami sterującymi zapisu i odczytu oraz z szyną adresową mikroprocesora, a także z dekodern układów wejściowo-wyjściowych, **znamienny tym**, że czujnik temperatury (21) połączono z wejściem analogowym przetwornika analogowo-cyfrowego (11) poprzez wzmacniacz różnicowy (13) i filtr górnozaporowy (12), zaś jego wyjście cyfrowe połączono z szyną danych mikroprocesora (1), z kolei wejście cyfrowe przetwornika cyfrowo-analogowego (17) połączono z szyną danych mikroprocesora (1) poprzez port wyjściowy (16), zaś wyjście analogowe tego przetwornika połączono z układem sterowania (19) przekształtnika tyrystorowego wysokiej częstotliwości (18), ponadto szyna danych modułu czasowego (14) jest połączona z szyną danych mikroprocesora (1), zaś jego pierwsze wyjście czasowe realizujące czas impulsowania połączone jest z wejściem przerwania o najwyższym priorytecie w module przerwania priorytetowych (15), z kolei drugie wyjście czasowe modułu czasowego (14), realizujące stromość narastania i opadania temperatury zadanej, połączono z wejściem drugim przerwania w hierarchii priorytetu w module (15), zaś wyjście trzecie modułu czasowego (14), realizujące interwał jednosekundowy, jest połączone z wejściem trzecim przerwania w hierarchii priorytetu w module (15), a wyjście cyfrowe tego modułu połączono z szyną danych mikroprocesora (1).

\* \* \*

Przedmiotem wynalazku jest układ programowego sterowania temperatury, przeznaczony zwłaszcza dla wyżarzarek indukcyjnych.

Znane są układy sterowania temperatury realizowane na drodze sprzętowej.

Układ taki wyposażony jest w cyfrowy blok zadawania temperatury oraz w analogowy układ automatycznej regulacji.

Blok cyfrowego zadawania temperatury zawiera:

- zespół zadawania poziomu temperatury wyżarzania, który składa się z zadajnika poziomu temperatury wyżarzania, komparatora cyfrowego, licznika rewersyjnego, dwóch bramek sterujących, przetwornika cyfrowo-analogowego, wyświetlacza cyfrowego wraz z dekodern;
- zespół zadawania stromości narastania i opadania temperatury wyżarzania, który posiada dwa nastawialne przetworniki typu napięcie-częstotliwość;
- zespół zadawania czasu trwania temperatury wyżarzania, który zawiera cyfrowy zadajnik czasu, generator czasu, cyfrowy licznik czasu, komparator cyfrowy, bramkę sterującą oraz cyfrowy wyświetlacz wraz z dekodern.

Analogowy układ automatycznej regulacji temperatury zawiera: regulator temperatury typu PI zbudowany na bazie wzmacniacza operacyjnego, zespół pomiaru temperatury rzeczywistej zbudowany na bazie termoelementu np.: nikiel-chrom-nikiel, który współpracuje ze wzmacniaczem różnicowym oraz człon wykonawczy regulatora temperatury, którym może być przykładowo statyczny przekształtnik wysokiej częstotliwości. Sygnał wyjściowy przetwornika napięcie-częstotliwość zadającego stromość narastania temperatury wyżarzania podawany jest poprzez pierwszą bramkę sterującą na dodatkowe wejście licznika rewersyjnego, którego stan porównywany jest ze stanem zadajnika poziomu temperatury w komparatorze cyfrowym. Po zrównaniu się obydwu sygnałów komparator blokuje dodatkowe wejście licznika rewersyjnego oraz odblokowuje wejście licznika czasu połączone z generatorem czasu, rozpoczynając obliczanie czasu wyżarzania. Stan

licznika czasu porównywany jest z poziomem zadajnika czasu wyżarzania w komparatorze cyfrowym. Po zrównaniu się obydwu sygnałów komparator blokuje wejście licznika czasu oraz odblokowuje ujemne wejście licznika rewersyjnego połączone z drugim przetwornikiem napięcie–częstotliwość, powodując zmniejszanie się sygnału temperatury wyżarzania z zadaną stromością. Sygnał wyjściowy licznika rewersyjnego poprzez przetwornik cyfrowo–analogowy jest przekazywany do regulatora temperatury wyżarzarki jako sygnał temperatury zadanej. Sygnał ten porównywany jest z sygnałem proporcjonalnym do temperatury rzeczywistej w regulatorze temperatury. Sygnał wyjściowy z regulatora temperatury steruje poprzez układ sterujący przekształtnika wysokiej częstotliwości wielkością mocy dostarczanej do elementu nagrzewanego.

Znane układy sterowania temperatury wykazują wiele niedogodności technicznych między innymi: rozbudowana i złożona konstrukcja układu, wysoka wrażliwość na zakłócenia, ograniczony zakres zmian parametrów wyjściowych, mała uniwersalność techniczna itp.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie wymienionych wad układu poprzez zastosowanie mikroprocesora i realizację sterowania temperatury na drodze programowej.

Układ według wynalazku wyposażony jest w mikroprocesor, przetworniki cyfrowo–analogowy i analogowo–cyfrowy — sprzężony z linią sterującą odczytu mikroprocesora i z dekoderm układów wejściowo–wyjściowych, moduł przerwań priorytetowych sprzężony z wejściem maskowalnym przerwania i z wyjściem informującym o przerwaniu mikroprocesora oraz moduł czasowy — sprzężony z liniami sterującymi zapisu i odczytu oraz z szyną adresową mikroprocesora, a także z dekoderm układów wejściowo–wyjściowych.

W układzie według wynalazku czujnik temperatury połączono z wejściem analogowym przetwornika analogowo–cyfrowego poprzez wzmacniacz różnicowy i filtr górnozaporowy, zaś wyjście cyfrowe tego przetwornika połączono z szyną danych mikroprocesora, z kolei wejście cyfrowe przetwornika cyfrowo–analogowego połączono z szyną danych mikroprocesora poprzez port wyjściowy, zaś wyjście analogowe tego przetwornika połączono z układem sterowania przekształtnika tyrystorowego wysokiej częstotliwości. Szyna danych modułu czasowego w układzie według wynalazku jest połączona z szyną danych mikroprocesora, zaś jego pierwsze wyjście czasowe, realizujące czas impulsowania, połączono z wejściem przerwania o najwyższym priorytecie modułu przerwań priorytetowych, z kolei drugie wyjście czasowe modułu czasowego realizujące stromość narastania i opadania temperatury zadanej, połączono z wejściem drugim przerwania w hierarchii priorytetu modułu przerwań priorytetowych, zaś wyjście trzecie modułu czasowego realizujące interwał jednosekundowy jest połączono z wejściem trzecim przerwania w hierarchii priorytetu w module przerwań priorytetowych, a wyjście cyfrowe tego modułu połączono z szyną danych mikroprocesora.

Układ według wynalazku pozwala personalowi obsługującemu w procesie wyżarzania na zmianę wszystkich parametrów wyjściowych tego procesu takich jak: wartość stromości narastania i opadania temperatury zadanej, wartość temperatury wyżarzania oraz czasu wyżarzania. Ponadto personel obsługujący ma możliwość wyboru odpowiedniego algorytmu regulacji temperatury w zależności od wielkości masy i gabarytów nagrzewanego elementu.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat układu.

Zasadniczym elementem układu sterowania temperatury jest mikroprocesor 1 wraz z zespołem pamięci RAM 2 i ROM 3. Komunikowanie mikroprocesora 1 z pamięciami RAM 2 i ROM 3 odbywa się za pośrednictwem szyny danych D, a przekazywanie informacji adresowej odbywa się po szynie adresowej A. Dostęp do wybranego rodzaju pamięci jest możliwy dzięki sygnałom sterującym wygenerowanym w układzie dekodera pamięci 4.

W skład urządzeń wejściowo–wyjściowych układu według wynalazku wchodzi następujące podzespoły wykonawcze: wyświetlacz diodowy krzywej trapezowej temperatury zadanej 7 wraz z portem wyjściowym 6, wyświetlacz numeryczny temperatury zadanej i rzeczywistej oraz czasu wyżarzania 8, klawiatura numeryczna 10 wraz z układem bramek trójstanowych 9, przetwornik analogowo–cyfrowy 11 współpracujący z czujnikiem temperatury 21 poprzez wzmacniacz różnicowy 13 i filtr górnozaporowy 12, przetwornik cyfrowo–analogowy 17 wraz z portem wyjściowym 16, którego sygnał analogowy oddziałuje na układ sterowania 19 w przekształtniku tyrystorowym wysokiej częstotliwości 18, układ modułu czasowego 14 współpracujący z modulem przerwań priorytetowych 15.

Wybór żadanego urządzenia wejściowo-wyjściowego w celu komunikowania się z nim przez mikroprocesor 1 odbywa się dzięki sygnałom sterującym wygenerowanym w dekodерze układów wejściowo-wyjściowych 5.

W pamięci ROM 3 umieszcza się program główny wraz z przyległymi mu podprogramami. W pamięci RAM 2 umieszcza się stos systemu. Pamięć RAM 2 pełni w systemie rolę pamięci operacyjnej.

Działanie układu według wynalazku jest następujące: po włączeniu napięcia zasilania, po pewnym czasie zwłoki następuje start systemu mikroprocesorowego 1, po którym dokonuje się wykonanie kilku rutynowych czynności takich jak, wyzerowanie części obszaru pamięci RAM 2 oraz ustawienie wskaźnika stosu, po czym mikroprocesor 1 przystępuje do fazy programowania krzywej trapezowej temperatury zadanej. W fazie programowania za pośrednictwem klawiatury numerycznej 10 i wyświetlacza numerycznego 8, personel obsługujący urządzenie wpisuje do pamięci RAM 2 systemu parametry charakteryzujące krzywą trapezową temperatury zadanej, a mianowicie: wartość gradientu narastania i opadania temperatury zadanej w fazie nagrzewania i studzenia elementu nagrzewanego 20, wartość temperatury wyżarzania oraz czasu wyżarzania, a następnie odpowiednim przyciskiem sterującym w klawiaturze numerycznej 10 spowoduje start programu realizującego proces nagrzewania elementu 20 ściśle według zaprogramowanej krzywej trapezowej w czasie rzeczywistym. Personel obsługujący innym przyciskiem w klawiaturze numerycznej 10 może przerwać bieżący program i wrócić w razie potrzeby do fazy programowania, a następnie po przeprowadzeniu koniecznej korekty powrócić do programu głównego. Program główny zasadniczo pełni dwie funkcje: generuje funkcję trapezową oraz na drodze programowej realizuje proces automatycznej regulacji temperatury.

Szczegółowy opis działania programu głównego w procesie nagrzewania w czasie rzeczywistym jest następujący: po upływie czasu równego wartości czasu impulsowania  $T^x$  na wyjściu pierwszym modułu czasowego 14 pojawi się impuls, który na wejściu przerwania o najwyższym priorytecie modułu przerwań priorytetowych 15 spowoduje wyjście z programu głównego i mikroprocesor 1 przechodzi do obsługi programu tego przerwania. Program ten realizuje na drodze programowej algorytm przyrostowy regulacji temperatury typu PI — proporcjonalno-całkujący. Następnie mikroprocesor 1 uzyskaną tą drogą informację numeryczną przekazuje do portu wyjściowego 16, a przetwornik cyfrowo-analogowy 17 przetwarza na proporcjonalny do niej sygnał napięciowy, który steruje wielkością mocy na wyjściu przekształtnika tyrystorowego wysokiej częstotliwości 18, po czym następuje powrót do programu głównego. Program główny zaś przechodzi do obsługi programowej wyświetlacza diodowego krzywej trapezowej 7 oraz wyświetlacza numerycznego temperatury zadanej, rzeczywistej i czasu wyżarzania 8. W międzyczasie na wyjściu drugim modułu czasowego 14 realizującym stromość narastania temperatury zadanej pojawi się wysoki potencjał, który spowoduje, że mikroprocesor 1 przejdzie do obsługi programu przerwania, w którym bieżącą informację numeryczną proporcjonalną do temperatury zadanej powiększa się o 1, po czym następuje powrót do programu głównego. Program główny podobnie jak poprzednio przechodzi do obsługi programowej wyświetlacza diodowego krzywej trapezowej 7 i wyświetlacza numerycznego 8, a następnie kontroluje czy bieżąca informacja numeryczna proporcjonalna do temperatury zadanej jest większa lub równa wartości temperatury wyżarzania. Jeśli nie, to następuje powrót do obsługi programowej wyświetlacza diodowego 7 i wyświetlacza numerycznego 8, a jeśli zajdzie tego potrzeba, to program główny przechodzi do obsługi podprogramu przerwania dotyczącego realizacji algorytmu przyrostowego regulacji temperatury typu PI względnie realizacji stromości narastania temperatury zadanej. Z kolei, jeśli temperatura zadana jest większa lub równa wartości temperatury wyżarzania, to program główny realizuje cykl wyżarzania przez okres czasu jaki został narzucony w fazie programowania przez personel obsługujący.

W cyklu wyżarzania mikroprocesor 1 w module czasowym 14 blokuje wyjście realizujące stromość narastania temperatury zadanej, a odblokowuje wyjście realizujące interwał jednosekundowy w celu programowego obliczenia czasu wyżarzania. Cykl wyżarzania trwa dopóty, dopóki bieżąca informacja numeryczna proporcjonalna do czasu rzeczywistego nie jest większa lub równa wartości czasu wyżarzania. Po cyklu wyżarzania następuje proces programowego stygnięcia. W

cyklu studzenia mikroprocesor **1** w module czasowym **14** blokuje wyjście realizujące interwał jednosekundowy, a odblokowuje z powrotem wyjście realizujące stromość narastania i opadania temperatury zadanej. Praca mikroprocesora **1** w tym cyklu odbywa się w podobny sposób jak w cyklu nagrzewania, lecz z tą tylko różnicą, że w podprogramie przerwania realizującym stromość narastania i opadania temperatury zadanej od bieżącej informacji numerycznej proporcjonalnej do temperatury zadanej odejmuje się cyfrę o wartości równej 1. Cykl programowego studzenia trwa dopóty, dopóki temperatura rzeczywista nie będzie równa lub mniejsza od temperatury 270°C. Wówczas mikroprocesor **1** kończy wyżarzanie elementu **20** i odłącza przekształtnik tyrystorowy wysokiej częstotliwości **18** od sieci zasilającej.

