

Katedra Automatyki i Biomechaniki P.Ł.  
LABORATORIUM PODSTAW AUTOMATYKI

Ćwiczenie B: *Regulacja dwupołożeniowa temperatury pieca*

12. REGULACJA DWUPOŁOŻENIOWA

Regulacja dwupołożeniowa jest jednym z rodzajów regulacji nieciągłej, tzn. takiej, że zmiany wielkości regulowanej powodują zmiany wielkości nastawiającej, przy czym wielkość nastawiająca przyjmuje kolejno ściśle określone wartości (dwie lub trzy).

W regulacji dwupołożeniowej, regulator nastawia tylko dwie wartości wielkości nastawiającej. Taki sposób działania regulatora powoduje okresowe wahania wielkości regulowanej. Amplituda, częstość i wartość średnia tych wahań, charakteryzują jakość regulacji przy niezmiennych zakłóceniach.

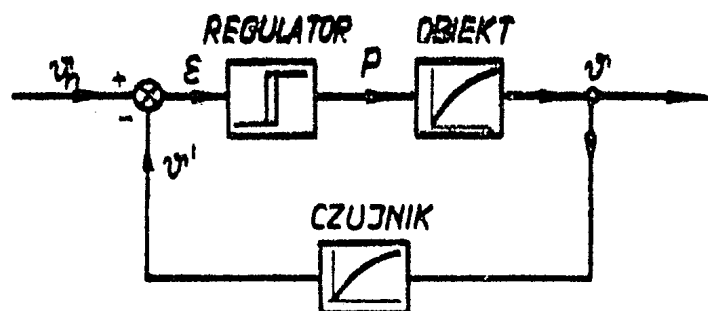
Regulacja dwupołożeniowa należy do najprostszego typu regulacji, jednak analiza teoretyczna jest trudna ze względu na nieciągłość zmienności wielkości nastawiającej. Szerokie zastosowanie regulatorów dwupołożeniowych tłumaczy się przede wszystkim prostotą ich konstrukcji i niską ceną. Najlepsze wyniki daje zastosowanie tych regulatorów w przypadku obiektów o dużej inercji, dlatego spotyka się je najczęściej w układach regulacji procesów cieplnych.

12.1. Układ regulacji temperatury

Na rysunku 12.1 przedstawiono schemat blokowy układu dwupołożeniowej regulacji temperatury. Obiektem regulacji jest piec elektryczny oporowy. Członem regulacyjnym jest dwupołożeniowy indukcyjny regulator temperatury, który współpracuje z czujnikiem termoelektrycznym. Celem regulacji jest doprowadzenie temperatury w piecu do żądanej wartości i utrzymanie jej na określonym poziomie.

Aby uzyskać żądane wyniki regulacji należy odpowiednio dostosować urządzenie regulacji do obiektu regulowanego, czyli trzeba znać własności obiektu. Identyfikację, czyli wyznaczenie opisu matematycznego własności statycznych i dynamicznych obiektu sterowania można przeprowadzić metodami obliczeniowymi, modelowymi, doświadczalnymi lub metodą mieszaną.

Własności obiektu regulacji temperatury można ocenić na podstawie jego transmitancji zastępczej, charakterystyki statycznej i odpowiedzi skokowej (charakterystyki dynamicznej).



Rys. 12.1

### Transmitancja zastępcza

Podane tu wyprowadzenia dotyczące pieców komorowych z nieosłoniętymi elementami grzejnymi (takim jest nasz obiekt) pozwalają jedynie na podanie podstawowych zależności jakościowych.

Pod wpływem dostarczonej mocy  $P$  nastąpi przyrost temperatury  $d\vartheta$  w czasie  $dt$

$$(P - P_{str})dt = mc d\vartheta, \quad (12.1)$$

gdzie:  $P$  - dostarczana moc grzejna,

$P_{str}$  - moc strat,

$mc$  - zastępcza pojemność cieplna ( $m$  - masa nagrzewanego obiektu,  $c$  - ciepło właściwe).

Moc strat przy temperaturze wewnątrz pieca  $\vartheta_r$  i temperaturze otoczenia  $\vartheta_o$  wyraża się zależnością

$$P_{str} = \alpha \cdot S (\vartheta_r - \vartheta_o) = \alpha \cdot S \cdot \vartheta, \quad (12.2)$$

gdzie:  $\alpha$  - współczynnik przenikania ciepła,

$S$  - zastępcze średnie pole powierzchni przenikania ciepła,

$\vartheta = \vartheta_r - \vartheta_o$  - przyrost temperatury względem temp. otoczenia.

Podstawiając wyrażenie na  $P_{str}$  do wzoru (12.1) otrzymuje się

$$P = mc \frac{d\vartheta}{dt} + \alpha S \vartheta. \quad (12.3)$$

Wprowadzając oznaczenie stałej czasowej  $T$  i współczynnika wzmocnienia  $k$ :

$$T = \frac{mc}{\alpha S}, \quad (12.4)$$

$$k = \frac{1}{\alpha \cdot s}, \quad (12.5)$$

równanie (12.3) zapisane w postaci operatorowej ma postać

$$Pk = (T_p + 1) \cdot \mathcal{V} \quad (12.6)$$

Wprowadzając wielkości bezwymiarowe:

$$\frac{P}{P_{zn}} = x \quad \text{i} \quad \frac{\mathcal{V}}{\mathcal{V}_{gzn}} = y,$$

gdzie:  $P_{zn}$  - znamionowa moc dostarczana do pieca,  
 $\mathcal{V}_{gzn}$  - temperatura graniczna dla mocy  $P_{zn}$

otrzymamy następujący wzór na transmitancję

$$G(p) = \frac{y}{x} = \frac{K}{T_p + 1}, \quad (12.7)$$

gdzie

$$K = k \frac{P_{zn}}{\mathcal{V}_{gzn}}$$

Jak wynika z wzoru (12.7) omawiany typ pieca można w przybliżeniu odwzorować jako człon inercyjny pierwszego rzędu. Ponieważ zarówno  $K$ , jak i  $T$  są w rzeczywistości zależne od temperatury pieca, wyznaczona w ten sposób transmitancja dotyczy określonej temperatury pieca lub w przybliżeniu określonego, niewielkiego zakresu zmian tej temperatury. Dokładniejszy opis własności można uzyskać przez doświadczalne wyznaczenie charakterystyki statycznej i odpowiedzi skokowej.

#### Charakterystyka statyczna

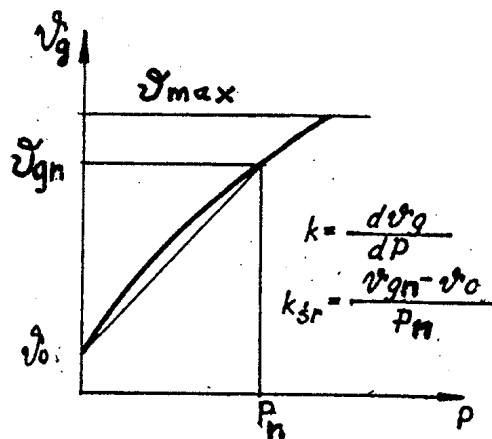
Charakterystyka statyczna obiektu regulacji temperatury jest to zależność temperatury granicznej obiektu  $\mathcal{V}_g$  od mocy grzejnej  $P$  w określonych warunkach otoczenia. Charakterystykę statyczną (rys. 12.2) otrzymuje się zmieniając kolejno moc grzejną i mierząc temperatury graniczne nagrzewanego ośrodka. Temperatura graniczna jest to temperatura jaką obiekt osiąga przy określonej wartości mocy grzejnej w stanie cieplnym ustalonym. Z charakterystyki statycznej wyznacza się (rys. 12.2) przyrostowy współczynnik wzmocnienia obiektu  $k$  (w zadaniach punkcie)

$$k = \frac{d\dot{v}_g}{dP} \quad (12.8)$$

Czasami podaje się również średni współczynnik wzmocnienia dla znamionowej mocy  $P_n$

$$k_{sr} = \frac{\dot{v}_{gn} - \dot{v}_0}{P_n} \quad (12.9)$$

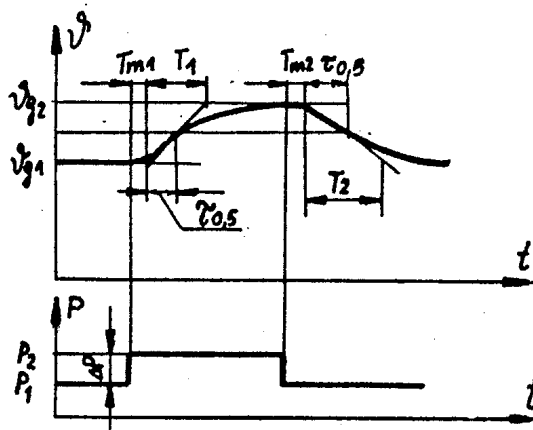
Współczynniki wzmocnienia obiektu są funkcją temperatury obiektu i maleją z jej wzrostem.



Rys. 12.2

### Odpowiedź skokowa (charakterystyka dynamiczna)

Odpowiedź skokowa jest to zależność temperatury obiektu od czasu, otrzymana w odpowiedzi na skokową zmianę mocy (rys. 12.3)



Rys. 12.3

Przykład odpowiedzi rzeczywistego układu na skokowy wzrost ( $P_1 \rightarrow P_2$ ) i spadek ( $P_2 \rightarrow P_1$ ) mocy elementu grzejnego. Pokazano sposób graficznego wyznaczenia zastępczych stałych czasowych  $T_m$  oraz  $T$  dla uproszczonego modelu  $Ke^{-T_m P} / (1 + T_p)$ .

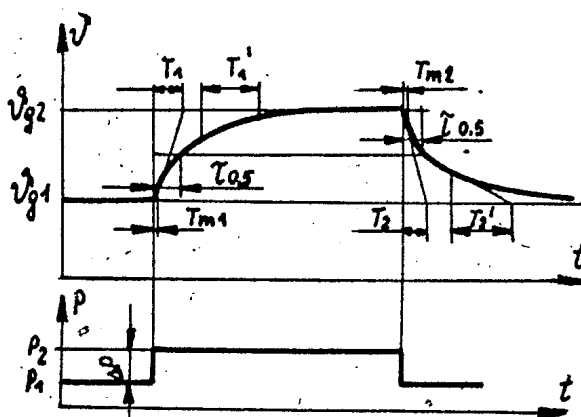
Podawanie dokładnego opisu matematycznego przebiegu odpowiedzi skokowej jest skomplikowane i w praktyce najczęściej odpowiedź tę aproksymuje się krzywą zastępczą odpowiedzi układu inercyjnego pierwszego rzędu z czasem opóźnienia, wyznaczając graficznie zastępcze stałe czasowe oraz zastępcze czasy opóźnienia. Wartości te wyznacza styczna do odpowiedzi skokowej w punkcie przegięcia [2]. Wartości tych stałych są funkcją: poziomu temperatury, wielkości wymuszenia, kierunku wymuszenia i stanu cieplnego obiektu w chwili wymuszenia [2]. Stała czasowa  $T_1$  i zastępczy czas opóźnienia  $T_{m1}$  są wyznaczane przy skokowym wzroście mocy  $\Delta P$ , natomiast  $T_2$  i  $T_{m2}$  przy skokowym zmniejszeniu mocy (rys. 12.3).

Gdy  $T_1$  niewiele różni się od  $T_2$  lub gdy wymagany jest przybliżony opis własności obiektu, stosuje się pojęcie średniej wartości stałej czasowej [2]

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (12.10)$$

Wartości  $T_{m1}$  i  $T_{m2}$  różnią się niewiele i podaje się zazwyczaj wartość średnią [2]

$$T_m = \frac{T_{m1} + T_{m2}}{2} \quad (12.11)$$



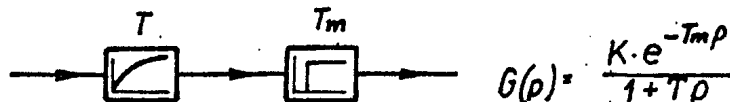
Rys. 12.4

ale czasowe (początkowa i nasycenia) pieca komorowego z nieosłoniętymi elementami grzejnymi są różne w okresie bezpośrednio po

(rys. 12.4)

skoku mocy i w okresie późniejszym. Stałe czasowe nasycenia  $T$  można wyznaczyć graficznie dla końcowej części charakterystyki dynamicznej lub z czasu wartości połowicznej  $\tau_{0,5}$  (rys. 12.4) według zależności [2]

$$e^{-\tau_{0,5}/T} = 0,5 \Rightarrow T = \frac{\tau_{0,5}}{\ln 2} \approx 1,443 \tau_{0,5} \quad (12.12)$$



Rys. 12.5

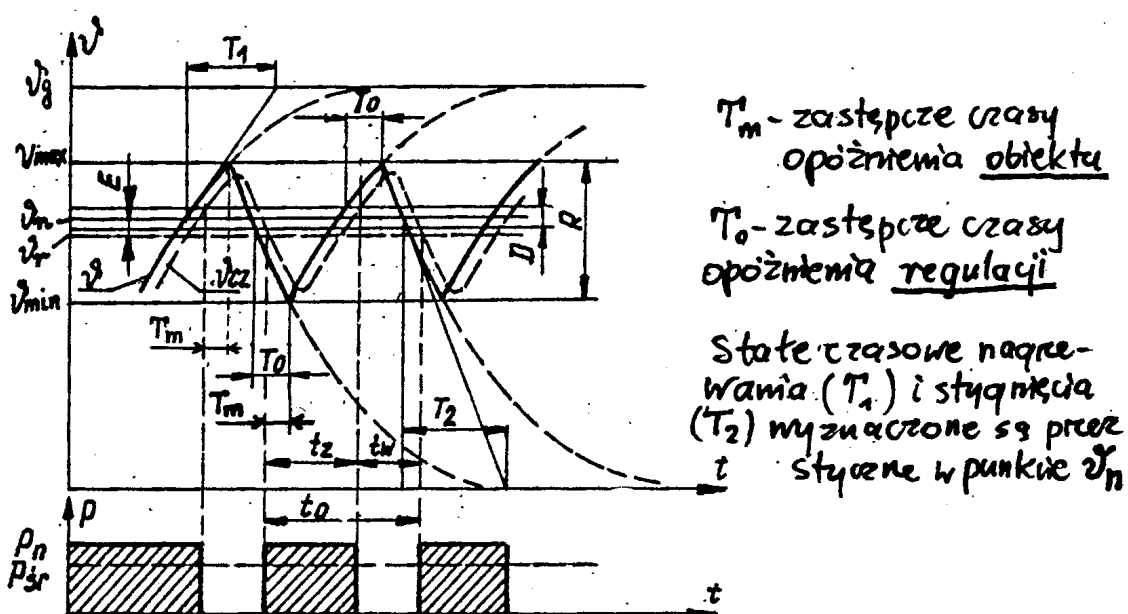
Czas wartości połowicznej  $\tau_{0,5}$  jest to czas, po którym dowolna wielkość fizyczna, zmienna wykładniczo w funkcji czasu, uzyskuje wartość równą połowie różnicy między wartością końcową a początkową. Przy analizie działania i przy syntezie układów regulacji temperatury urządzeń elektrotermicznych najczęściej przyjmuje się wartości stałych czasowych początkowych [2]. Na rysunku 12.5 przedstawiono schemat zastępczy pieca.

### 12.2. Zasada działania

Po załączeniu mocy grzejnej temperatura rzeczywista obiektu  $\vartheta$  wzrasta w przybliżeniu wykładniczo ze stałą czasową  $T_1$ . Sygnał  $\vartheta_{cz}$  z czujnika opóźnia się za temperaturą obiektu (rys. 12.6) o czas  $T_{cz}$  i gdy po przekroczeniu wartości nastawionej  $\vartheta_n$  osiągnie górną granicę strefy nieczułości regulatora, nastąpi wyłączenie mocy grzejnej.

Mimo wyłączenia mocy grzejnej temperatura wzrasta jeszcze przez czas równy zastępczemu czasowi opóźnienia obiektu  $T_m$ , osiągając temperaturę  $\vartheta_{max}$ , a następnie zaczyna maleć w przybliżeniu według krzywej wykładniczej ze stałą  $T_2$ . W momencie, gdy opóźniająca się za zmianami  $\vartheta$  temperatura czujnika  $\vartheta_{cz}$  osiągnie dolną granicę strefy nieczułości, nastąpi ponowne załączenie mocy grzejnej, lecz temperatura obiektu jeszcze maleje przez czas  $T_m$  osiągając wartość  $\vartheta_{min}$ . Ten cykl łączy powtarza się wielokrotnie aż układ osiągnie stan oscylacji ustalonych. Temperatura obiektu oscyluje z podwójną amplitudą  $R$  - zwaną rozrzutem regulacji dwupołożeniowej. Wartość średnia temperatury jest nazywana temperaturą regulacji

$$\bar{v}_r = \frac{v_{\min} + v_{\max}}{2} \quad (12.13)$$



Rys. 12.6.

W stanie oscylacji ustalonych  $\bar{v}_r$  może się różnić od wartości nastawionej  $\bar{v}_n$ , a wynikający z tego błąd ustalony regulacji  $E$  wyraża się zależnością

$$E = \bar{v}_n - \bar{v}_r \quad (12.14)$$

Średnia wartość mocy grzejnej wyraża się zależnością

$$P = P_n \frac{t_z}{t_0} \quad (12.15)$$

gdzie:  $P_n$  - moc znamionowa,

$t_z$  - czas załączenia mocy grzejnej,

$t_0$  - okres oscylacji ( $t_0 = t_z + t_w$ ).

Stosunek

$$\lambda = \frac{t_z}{t_0} \quad (12.16)$$

jest nazywany względnym czasem załączenia. Przy syntezie układów regulacji dwupołożeniowej oraz do oceny uzyskiwanych wyników, przydatne są następujące wskaźniki:

- R - rozrzut, umożliwia ocenę dokładności regulacji,
- E - błąd ustalony, uwzględnia dokładność nastawienia,
- $t_0$  - okres oscylacji umożliwia dobór właściwego elementu wykonawczego (np. stycznik, łącznik bezstykowy).

Analiza przebiegów na rysunku 12.6 prowadzi do zależności:

$$\vartheta_{\min} = \left(\vartheta_n - \frac{D}{2}\right)e^{-T_0/T} \quad (12.17)$$

$$\vartheta_{\max} = \vartheta_g(1 - e^{-T_0/T}) + \left(\vartheta_n + \frac{D}{2}\right)e^{-T_0/T}; \quad (12.18)$$

zatem rozrzut temperatury

$$R = \vartheta_{\max} - \vartheta_{\min} = \vartheta_g - \left(\vartheta_g - D\right)e^{-T_0/T}. \quad (12.19)$$

Przyjmując, że  $T_0 \ll T$ , można w przybliżeniu napisać

$$R \approx D + \vartheta_g \frac{T_0}{T}, \quad (12.20)$$

W celu zmniejszenia rozrzutu R temperatury należałoby stosować regulatory o małej strefie nieczułości D, oraz dążyć do zmniejszenia zastępczego czasu opóźnienia  $T_0$ , który zależy głównie od stałej czasowej czujnika temperatury oraz jego położenia względem elementów grzejnych. Rozrzut można zmniejszyć ponadto przez zmniejszenie temperatury granicznej  $\vartheta_g$ , a więc zmniejszenie mocy grzejnej.

#### LITERATURA

- [1] P a r s z e w s k i Z., R o s z k o w s k i M.: Podstawy automatyki dla mechaników. PWN, Warszawa 1976.
- [2] M i c h a l s k i L., K u ź m i ń s k i K., S a d o w s k i J.: Regulacja temperatury urządzeń elektrotermicznych. WNT, Warszawa 1981.
- [3] F i n d e i s e n W.: Technika regulacji automatycznej. PWN, Warszawa 1961.
- [4] E c k m a n D. P.: Regulacja automatyczna procesów przemysłowych. WNT, Warszawa 1961.



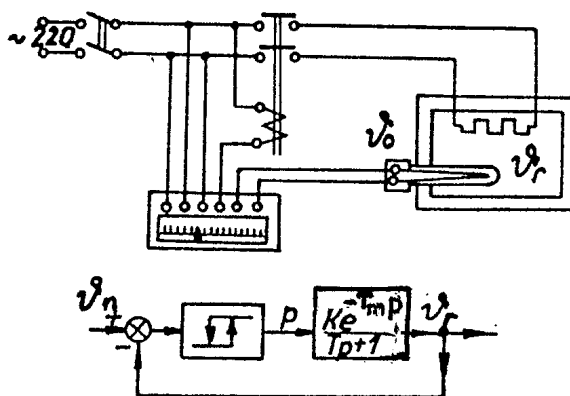
## Ć w i c z e n i e II.2

### REGULACJA DWUPOŁOŻENIOWA TEMPERATURY PIECA

Cel ćwiczenia: zapoznanie się z regulacją nieciągłą dwupołożeniową na przykładzie dwupołożeniowej regulacji temperatury w piecu elektrycznym oporowym oraz wyznaczenie przepustowości pieca.

#### II.2.1. Opis urządzenia pomiarowego

Na rysunku II.2.1 przedstawiono schemat ideowy i blokowy regulacji temperatury. Obiektem regulacji jest piec elektryczny oporowy. Piec jest urządzeniem służącym do celowej zamiany energii elektrycznej na ciepło. Członem regulującym jest dwupołożeniowy regulator temperatury typu RIT-32 współpracujący z termoelementem PtRh 10-Pt.



Rys. II.2.1

Celem regulacji jest doprowadzenie temperatury w piecu do żądanej wartości i utrzymanie jej na określonym poziomie. Po włączeniu regulatora zostaje załączona moc grzejna, temperatura w piecu zaczyna wzrastać, a po dojściu do temperatury nastawionej, rozpoczyna się okresowe wyłączanie i załączanie elementów grzejnych, powodujące okresowe wahania temperatury, tzw. rozrzut (rys. II.2.2). Rozrzut temperatury jest w przybliżeniu określony zależnością (rozdział 12)

$$R \approx D + \psi_g \frac{T_{mz}}{T},$$

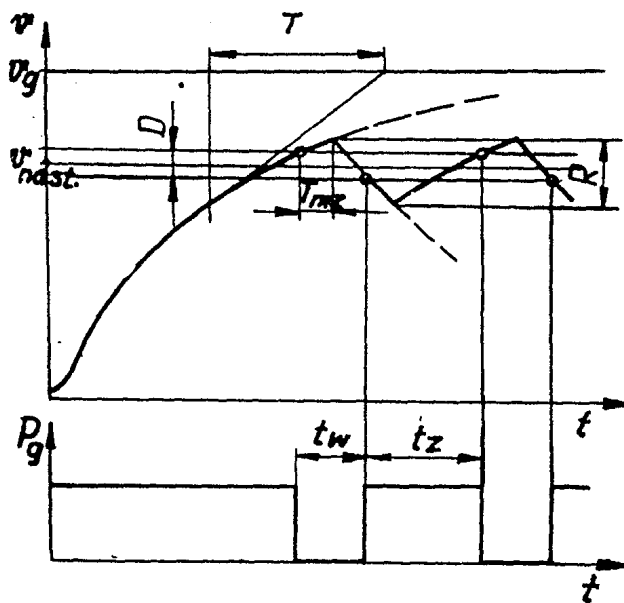
gdzie: D - nieczułość regulatora,

$\psi_g$  - temperatura graniczna,

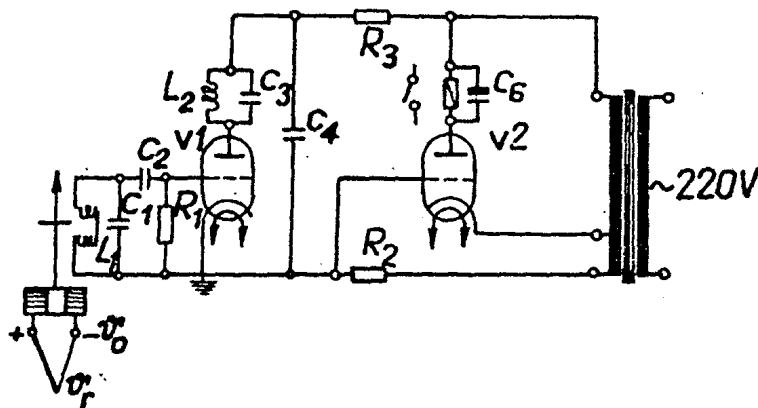
$T_{mz}$  - zastępczy czas martwy obiektu i czujnika,

T - stała czasowa obiektu.

Rozrzut temperatury jest spowodowany nieczułością regulatora oraz bezwładnością cieplną pieca i czujnika.



Rys. II.2.2

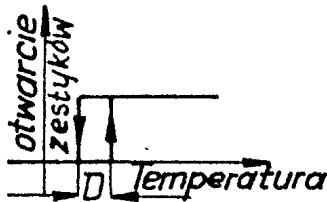


Rys. II.2.3

### Regulator temperatury (rys. II.2.3) - zasada działania

Siła termoelektryczna, powstająca na wolnych końcach termoelementu, zależy od różnic temperatury pieca  $\vartheta_r$  i temperatury odniesienia  $\vartheta_0$ . Jest ona doprowadzona do cewki miernika magnetoelektrycznego w regulatorze. Na końcówce miernika znajduje się metalowy ekran, a na ruchomym ramieniu, służącym do ustawienia żądanej temperatury, znajdują się dwie cewki L obwodu rezonansowego  $L_1, C_1$ . Gdy temperatura rzeczywista zrówna się z żadaną, ekran wchodzi między cewki  $L_1$  dostrajając siatkowy obwód rezonansowy ( $L_1, C_1$ ) generatora zbudowanego na lampie  $V_1$ . W obwodzie tym wzbudzają się drgania, co powoduje zmniejszenie prądu anodowego generatora, a więc zmniejszenie spadku napięcia na rezystancji  $R_2$ , co powoduje zablokowanie lampy  $V_2$ , w której obwodzie anodowym znajduje się cewka przekaźnika. Zmniejszenie prądu anodowego tej lampy powoduje otwarcie zestyków przekaźnika.

Na rysunku II.2.4 podana jest charakterystyka regulatora, gdzie D jest strefą nieczułości regulatora dwupołożeniowego. jest to najmniejsza różnica sygnału wejściowego regulatora, konieczna do spowodowania jego zadziałania (włączenie i wyłączenie). Jeżeli temperatura rzeczywista w piecu jest niższa od zadanej (ekran poza cewkami  $L_1$ ), przekaźnik jest załączony, a więc stycznik doprowadza moc do elementów grzejnych. Temperatura w piecu rośnie, a po dojściu do temperatury nastawionej ekran wchodzi między cewki  $L_1$  (przekaźnik zostaje zwolniony), a więc stycznik wyłącza dopływ mocy. Temperatura zaczyna spadać, ekran umieszczony na wskazówce temperatury rzeczywistej wychodzi spośród cewek  $L_1$ , wzrastają prądy anodowe lamp, przekaźnik zostaje włączony, a jego styki włączają cewkę stycznika i cykl się powtarza. Temperatura regulowana w piecu będzie się wahać wokół temperatury nastawionej (rys. II.2.2).



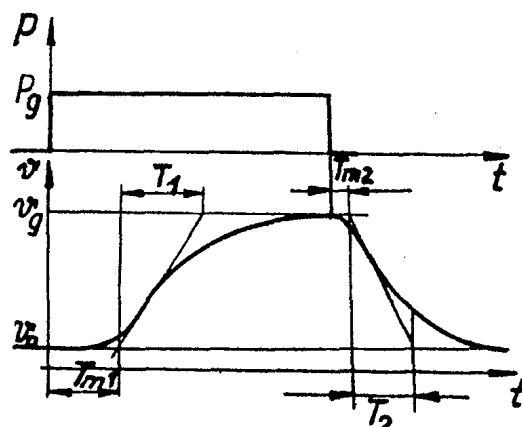
Rys. II.2.4

Temperatura zaczyna spadać, ekran umieszczony na wskazówce temperatury rzeczywistej wychodzi spośród cewek  $L_1$ , wzrastają prądy anodowe lamp, przekaźnik zostaje włączony, a jego styki włączają cewkę stycznika i cykl się powtarza. Temperatura regulowana w piecu będzie się wahać wokół temperatury nastawionej (rys. II.2.2).

### II.2.2. Wprowadzenie teoretyczne

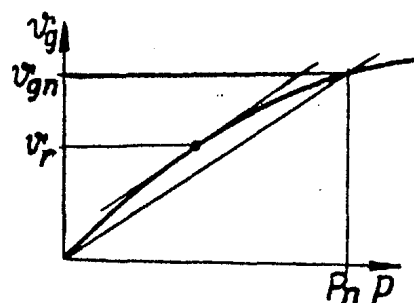
Układem regulacji dwupołożeniowej nazywamy taki układ, w którym regulator może nastawiać tylko dwie wartości wielkości regulującej. Taki sposób działania regulatora powoduje okresowe wahania wielkości re-

gulowanej. Amplituda, wartość średnia i częstość tych wahań charakteryzują jakość regulacji przy niezmiennych zakłóceniach. Regulacja dwupołożeniowa należy do najprostszego typu regulacji, a szerokie zastosowanie regulatorów dwupołożeniowych tłumaczy się ich prostą konstrukcją i niską ceną.



Rys. II.2.5

W układach regulacji temperatury, własności dynamiczne nawet najprostszymi obiektów regulowanych są opisane równaniami różniczkowymi wyższego rzędu. Aby uniknąć kłopotliwego opisu matematycznego i rozwiązywania równań różniczkowych, można wyznaczyć charakterystykę dynamiczną doświadczalnie, mierząc temperaturę obiektu  $\psi$  po włączeniu stałej mocy grzewczej  $P_g$  przy stałej temperaturze otoczenia  $\psi_0$ . Styczna poprowadzona do charakterystyki dynamicznej (rys. II.2.5) w jej punkcie przegięcia wyznacza wartość stałej czasowej  $T$  i wartość czasu martwego  $T_m$ .



Rys. II.2.6

Obiekt rzeczywisty można zastąpić szeregowym połączeniem członu inercyjnego pierwszego rzędu i czystego opóźnienia (rys. II.2.1):

$$G_1 = e^{-T_m p}, \quad G_2 = \frac{K}{1 + T_p p}, \quad K = k \frac{P_{zn}}{v_{gzn}} \quad (\text{rozdział 12}).$$

Współczynnik wzmocnienia  $K$ , występujący we wzorze na przepustowość wyznacza się z charakterystyki statycznej (rys. II.2.6).

### II.2.3. Przebieg ćwiczenia

1. Nastawić temperaturę zadaną w regulatorze na ...°C (wartość temperatury nastawionej podaje prowadzący ćwiczenie).

2. Po włączeniu układu odczytać wskazania miernika odpowiadające temperaturze czujnika umieszczonego w piecu, w odstępach czasu co 0,5 min. Po dojściu temperatury rzeczywistej do nastawionej, *dokładnie odczytywać chwile wyłączenia i załączenia pieca (punkty I ÷ V)*. Określić zakres nieczułości i rozrzut temperatury. Wyniki zanotować w tabelach.

3. Na podstawie wskazań ~~w~~ *o* termiera ~~temperomierza~~ *o*dczytywać moc dostarczaną do pieca i *zapisywać w tabeli pomiarów, obok odczytu temperatury.*

4. Wykreślić przebieg temperatury i mocy podczas nagrzewania i regulacji, wyznaczyć uchyb ustalony  $E$ .

5. Na podstawie wyznaczonej charakterystyki dynamicznej i charakterystyki statycznej obiektu (podanej przez prowadzącego ćwiczenie) wyznaczyć przepustowość pieca.

6. Obliczyć względne czasy załączenia  $i = \frac{t_z}{t_o}$  dla *dwóch cykli (okresów)* regulacji; ( $t_o = t_z + t_w$ ). Obliczyć moc średnią  $P$ .

### II.2.4. Literatura

- [1] P a r s z e w s k i Z., R o s z k o w s k i M.: Podstawy automatyki dla mechaników. PWN, Warszawa 1976.
- [2] S o c h o r B., L u c i ń s k i J., M i c h a l s k i L.: Regulacja i regulatory temperatury. PWT, Warszawa 1960.
- [3] F i n d e i s e n W.: Technika regulacji automatycznej. PWN, Warszawa 1960.
- [4] M i c h a l s k i L., K u ź m i ń s k i K., S a d o w s k i J.: Regulacja temperatury urządzeń elektrotermicznych. WNT, Warszawa 1981.

# 1. Cel ćwiczenia

# Wzór Sprawozdania

## 2. Wyniki pomiarów i obliczeń

Wielkość	Jednostka	Wyniki pomiarów i obliczeń			
		Pierwszy cykl pracy		Drugi cykl pracy	
$T_{mz}$	min	①	②	①	②
	s	①	②	①	②
$T_{mz}$ (średni)	s				
$t_w$	min				
	s				
$t_z$	min				
	s				
$t_o = t_w + t_z$	s				
$i = t_z / t_o$	-				
$P_{sr} = i P_{zn}$	W				

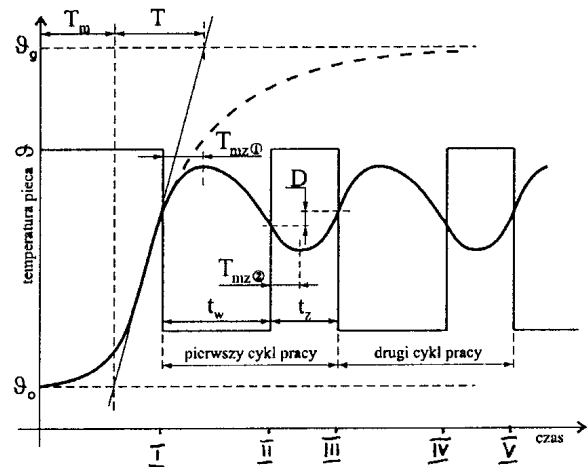
$P_{zn} [W] =$

$\vartheta_g [^{\circ}C] =$

$k = (\vartheta_g - \vartheta_o) / P_{zn} =$

$K = k P_{zn} / \vartheta_g =$

$D [^{\circ}C] =$



$T_m [min] =$

$T_m [s] =$

$T [min] =$

$T [s] =$

$G(p) = \frac{K}{1 + Tp} e^{-T_m p} =$

$R [^{\circ}C] \approx \vartheta_g - \vartheta_o - (\vartheta_g - \vartheta_o - D) e^{-\frac{T_{mz}(\text{średni})}{T}} =$

$R_{rzeczywisty} [^{\circ}C] =$

Temperatura otoczenia  $\vartheta_o =$   °C

t [min]	$\vartheta$ [°C]	Moc [%]	t [min]	$\vartheta$ [°C]	Moc [%]	t [min]	$\vartheta$ [°C]	Moc [%]	t [min]	$\vartheta$ [°C]	Moc [%]	t [min]	$\vartheta$ [°C]	Moc [%]	
0															
0,5															
1															
1,5															
2															
2,5															
									Punkty ekstremalne						
															max
															min
															max
															min
									Punkty wył. i zał. pieca:						
															I
															II
															III
															IV
															V

Uwaga: Moc pieca w watach jest określona wzorem:  $P = \text{Moc}[\%] \cdot 20$

