

Czesław Graczyk,  
Michał Ferenc  
Wydziałowe Laboratorium  
Miernictwa i Automatyki  
Procesów Energetycznych

ANALIZA UKŁADU AUTOMATYCZNEJ REGULACJI PROCESU SPALANIA  
W KOTLE OCG-64 Z WYKORZYSTANIEM SYGNAŁU OD KONCENTRACJI TLENU  
W SPALINACH

Streszczenie. Artykuł zawiera analizę działania układów automatycznej regulacji procesu spalania w kotłach cyklonowym OCG-64. W kotłach tym spalane są równocześnie dwa paliwa: pył węglowy i metan zapowietrzony.

Do regulacji zastosowano regulatory impulsowe produkowane w kraju. Wprowadzono równania opisujące dynamikę procesów zachodzących w komorze spalania oraz obliczono na maszynie cyfrowej Odra-1013 przebiegi regulacji dla dwóch wersji układu automatycznej regulacji.

Ważniejsze oznaczenia:

- $\dot{m}_B \left[ \frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right]$  - strumień pyłu
- $\dot{m}_{p1} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right]$  - strumień powietrza do spalania pyłu
- $\dot{m}_g \left[ \frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right]$  - strumień gazu
- $\dot{m}_{p2} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right]$  - strumień powietrza do spalania gazu
- $\dot{m}_1 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right]$  - strumień spalin z cyklonu
- $\dot{m}_2 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{sek}} \right]$  - strumień spalin na wylocie komory paleniskowej
- $\dot{m}_1 \text{ [kg]}$  - masa spalin w cyklonie
- $\dot{m}_2 \text{ [kg]}$  - masa spalin w komorze paleniskowej

- $\sigma_b^t \left[ \frac{\text{kg O}_2}{\text{kg pyłu}} \right]$  - teoretyczne zapotrzebowanie tlenu przez pył  
 $\sigma_g^t \left[ \frac{\text{kg O}_2}{\text{kg gazu}} \right]$  - teoretyczne zapotrzebowanie tlenu przez gaz  
 $\sigma_1 \left[ \frac{\text{kg O}_2}{\text{kg spalin}} \right]$  - udział masowy tlenu w spalinach za cyklonem  
 $\sigma_2 \left[ \frac{\text{kg O}_2}{\text{kg spalin}} \right]$  - udział masowy tlenu w spalinach za palnikami gazowymi.  
 $T_{\text{imp}} [\text{sek}]$  - czas impulsowania regulatora impulsowego.

Kreską oznaczono wartości średnie, np.:

$\dot{m}_B$  oznacza strumień pyłu, a  $\bar{m}_B$  oznacza średni strumień pyłu w stanie ustalonym.

## 1. Wstęp

Przedmiotem pracy jest wybór i analiza układu automatycznej regulacji procesu spalania w kotle opalonym paliwem kombinowanym; węglem kamiennym oraz metanem zapowietrzonym.

Obiektem regulacji jest kocioł OCG-64 zainstalowany w elektrowni kop. "Moszczenica" posiadający komorę cyklonową na płynny żużel oraz palniki spalające gaz w palenisku komorowym. Rozważono pięć alternatyw układów regulacji spalania, z czego w pracy niniejszej przedstawiono porównanie tylko dwóch układów. Pierwszy z nich wykorzystuje sygnał korekcyjny od zawartości tlenu za komorą cyklonową, a drugi sygnał od zawartości tlenu w ciągu konwekcyjnym za palnikami gazowymi.

## 2. Równanie bilansu dynamicznego tlenu

### a) Komora cyklonowa

Bilans masowy wolnego tlenu

$$23.6 \dot{m}_{p1} - \sigma_B^t \dot{m}_B = \frac{d(m_1 \cdot \sigma_1)}{dt} + \dot{m}_1 \cdot \sigma_1$$

## Bilans masowy spalin

$$\dot{m}_{p1} + \dot{m}_B = \dot{m}_1 + \frac{d m_1}{dt}$$

Przeprowadzając linearyzacje tych równań przy założeniu małych odchyleń oraz pomijając akumulację spalin w komorze cyklo nowej otrzymuje się:

$$\bar{m}_1 \frac{d \Delta o_1}{dt} + (\bar{m}_B + \bar{m}_{p1}) \Delta o_1 = (23.6 - \Delta o_1) \Delta \dot{m}_{p1} +$$

$$- (\bar{o}_B^t + \bar{o}_1) \Delta \dot{m}_B - \bar{m}_B \Delta o_B^t$$

lub w postaci operatorowej

$$\Delta o_1 = \frac{k_{11}}{T_1 s + 1} x_1 - \frac{k_{12}}{T_1 s + 1} x_2 - \frac{k_{13}}{T_1 s + 1} z_1$$

gdzie:

$$T_1 = \frac{\bar{m}_1}{\bar{m}_{p1} + \bar{m}_B} = 0.14 \text{ sek}$$

$$k_{11} = (23.6 - \bar{o}_1) \frac{\bar{m}_{p1}}{\bar{m}_{p1} + \bar{m}_B} = 19.25$$

$$k_{12} = (\bar{o}_B^t + \bar{o}_1) \frac{\bar{m}_B}{\bar{m}_{p1} + \bar{m}_B} = 19.15$$

$$k_{13} = \bar{o}_B^t \frac{\bar{m}_B}{\bar{m}_{p1} + \bar{m}_B} = 18.95$$

$$x_1 = \frac{\Delta \dot{m}_{p1}}{\bar{m}_{p1}}$$

$$x_2 = \frac{\Delta \dot{m}_B}{\bar{m}_B}$$

$$z_1 = \frac{\Delta \bar{o}_B^t}{\bar{o}_B^t}$$

b) Komora opalana gazem

Bilans masowy wolnego tlenu

$$23.6 \dot{m}_{p2} - \bar{o}_g^t \dot{m}_g + \dot{m}_1 \bar{o}_1 = \frac{d(m_2 \bar{o}_2)}{dt} + \dot{m}_2 \bar{o}_2$$

Bilans masowy spalin

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_g + \dot{m}_{p2} = \dot{m}_2 + \frac{d m_2}{dt}$$

Przyjmując  $\frac{d m_2}{dt} = 0$  oraz przeprowadzając linearyzację, otrzymuje się:

$$\begin{aligned} m_2 \frac{d \Delta \bar{o}_2}{dt} + (\bar{m}_{p1} + \bar{m}_B + \bar{m}_{p2} + \bar{m}_g) \Delta \bar{o}_2 &= (23.6 - \bar{o}_2) \Delta \dot{m}_{p2} - \\ - (\bar{o}_g^t + \bar{o}_2) \Delta \dot{m}_g - \dot{m}_g \Delta \bar{o}_g^t + (\bar{o}_1 - \bar{o}_2) \Delta \dot{m}_B &+ (\bar{o}_1 - \bar{o}_2) \Delta \dot{m}_{p1} + \\ + (\bar{m}_{p1} + \bar{m}_B) \Delta \bar{o}_1 & \end{aligned}$$

lub w postaci operatorowej

$$\Delta o_2 = \frac{k_{24}}{T_2 s + 1} x_5 - \frac{k_{23}}{T_2 s + 1} x_4 - \frac{k_{26}}{T_2 s + 1} \Delta o_g +$$

$$+ \frac{k_{22}}{T_2 s + 1} x_2 + \frac{k_{21}}{T_2 s + 1} x_1 + \frac{k_{25}}{T_2 s + 1} \Delta o_1$$

gdzie:

$$T_2 = \frac{\bar{m}_2}{\bar{m}_2} = 0.9 \text{ sek}$$

$$k_{21} = (\bar{o}_1 - \bar{o}_2) \frac{\bar{m}_1}{\bar{m}_2} = 0.0926$$

$$k_{22} = (\bar{o}_1 - \bar{o}_2) \frac{\bar{m}_B}{\bar{m}_2} = 0.0123$$

$$k_{23} = (\bar{o}_g^t + \bar{o}_2) \frac{\bar{m}_g}{\bar{m}_2} = 5.7$$

$$k_{24} = (23.6 - \bar{o}_2) \frac{\bar{m}_2}{\bar{m}_2} = 5.82$$

$$k_{25} = \frac{\bar{m}_1}{\bar{m}_2} = 0.65$$

$$k_{26} = \frac{\bar{m}_g}{\bar{m}_2} = 0.028$$

$$x_4 = \frac{\Delta \dot{m}_R}{\dot{M}_2}$$

$$x_5 = \frac{\Delta \dot{m}_{D2}}{\dot{M}_2}$$

Wartości liczbowe stałych czasowych i współczynników wzmocnienia obliczono dla kotła OCG-64 i pyłu o składzie:

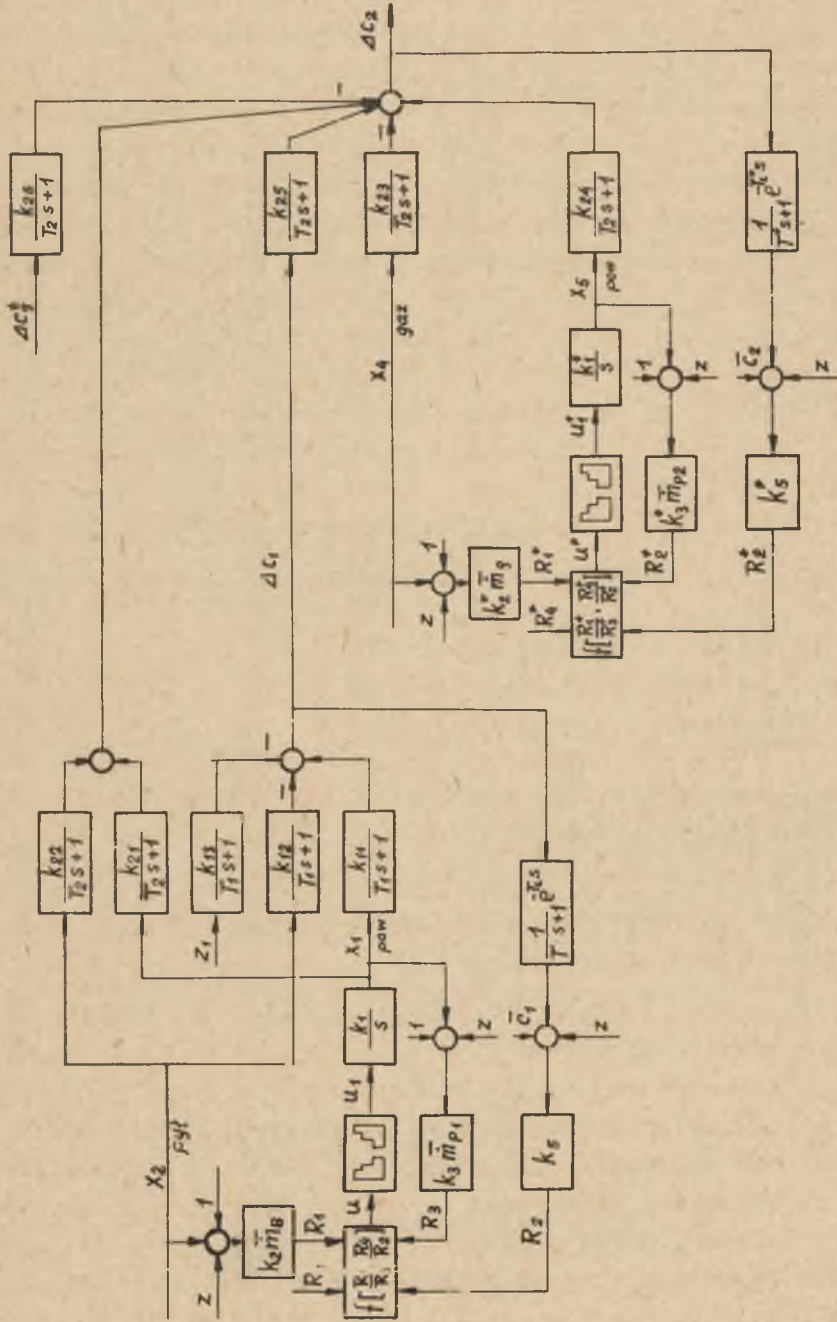
|   |   |              |
|---|---|--------------|
| C | = | 50.10%       |
| H | = | 3.12%        |
| O | = | 3.24%        |
| N | = | 0.81%        |
| S | = | 0.63%        |
| P | = | 40.10%       |
| W | = | <u>2.00%</u> |
|   |   | 100.00%      |

i gazu O zawierającego 80% metanu  $\text{CH}_4$  i 20% powietrza (udział objętościowy).

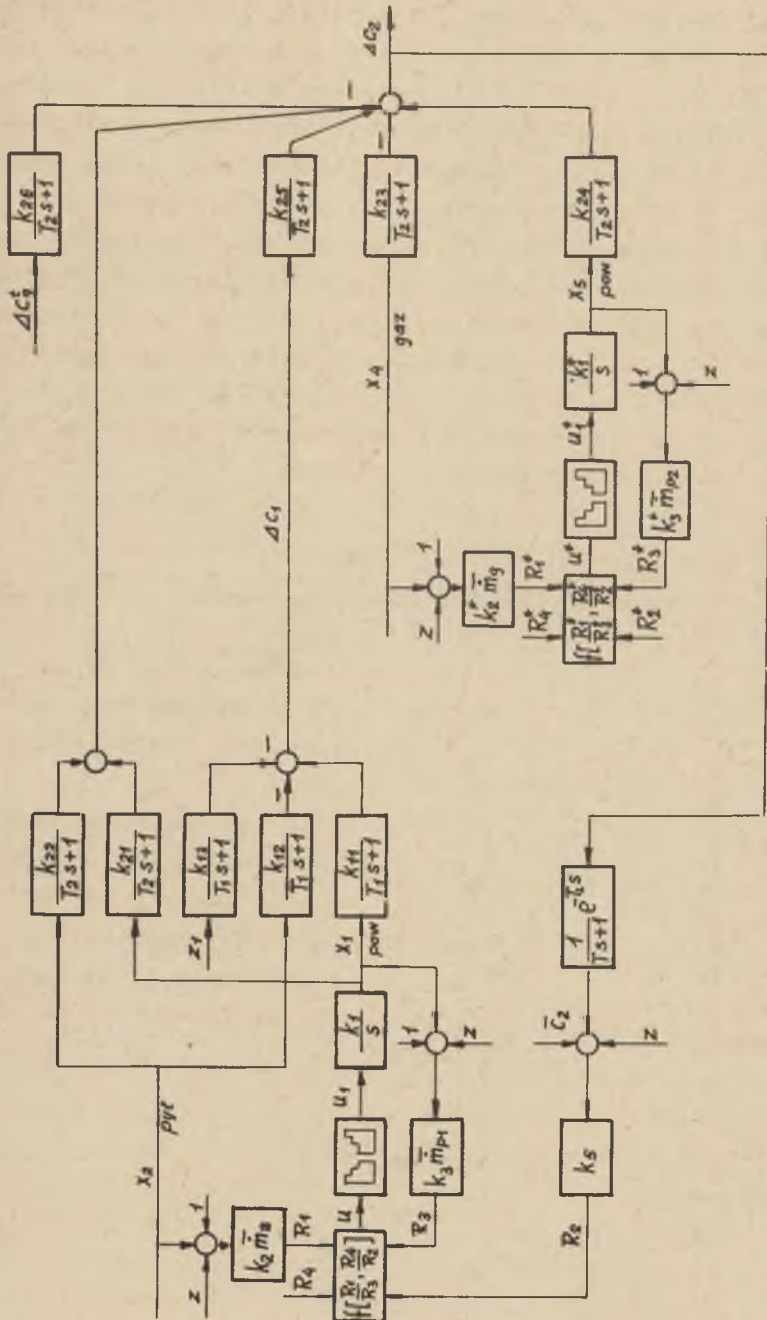
Przyjęto, że obciążenie kotła wynosi 100%, czyli 64 ton pary/h, przy czym  $\frac{1}{3}$  tego obciążenia pokrywa gaz ( $\dot{m}_G = 0,527 \frac{\text{kg}}{\text{sek}}$ ) a  $\frac{2}{3}$  węgiel ( $\dot{m}_B = 1,435 \frac{\text{kg}}{\text{sek}}$ ).

### 3. Układy regulacji procesu spalania z wykorzystaniem sygnału od koncentracji tlenu

W projekcie układu regulacji kotła OCG-64 wykonanym przez Energoprojekt - Gliwice przyjęto, że strumień podawanego pyłu do komory cyklonowej będzie uzależniony od ciśnienia pary w kotle, zaś strumień spalanego gazu będzie regulowany ręcznie. Istotnym zagadnieniem jest regulacja ilości powietrza potrzebnego do spalania. Ze względu na konieczność uzyskania wysokiej temperatury w komorze cyklonowej (otrzymanie żużla w stanie płynnym) stawia się wysokie wymagania odnośnie regulacji nadmiaru powietrza  $\lambda$ . W projekcie kotła przyjęto, że w komorze



Rys. 1. Schemat blokowy układu regulacji (układ 1)



Rys. 2. Schemat blokowy układu regulacji (układ 2)

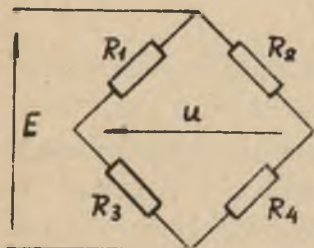


cyklonowej należy utrzymywać nadmiar powietrza  $\lambda = 1.07$ . Ponieważ skład węgla może ulegać dość dużym zmianom (spala się miał węglowy pochodzący z różnych kopalń), więc stałowartościowa regulacja stosunku paliwo-powietrze nie spełni swego zadania. Zaprojektowano więc układ regulacji z korekcją stosunku paliwo-powietrze w zależności od zawartości tlenu w spalinach. Logicznie uzasadnionym rozwiązaniem jest wykorzystanie sygnału pochodzącego od zawartości tlenu na wylocie z komory cyklonowej (układ 1), jednakże ze względu na wysoką temperaturę spalin może się okazać, że pomiar koncentracji tlenu za cyklonem jest niemożliwy lub jest mało dokładny. Dlatego przeprowadzono analizę działania układu regulacji z wykorzystaniem sygnału od koncentracji tlenu na wylocie kotła (układ 2).

Obliczenia przeprowadzono dla regulatorów impulsowych produkowanych przez Energoaparaturę - Katowice.

Zasadnicze dane regulatora impulsowego

Galwanometr włączony jest w przekątną mostka Weastone'a (rys. 3).



Rys. 3. Schemat układu mostkowego

Czułość galwanometru 0,2 mV/mm

Wymiary ramki podano na rys. 4.

Czas impulsowania - nastawialny 15, 20, 30, 60 sek.

Obroty silnika na wale wyjściowym (łączenie z przekładnią) 0,28  $\frac{\text{obr}}{\text{min}}$

Do przestawienia kłapy o 90° wał roboczy musi obrócić się o 120°.

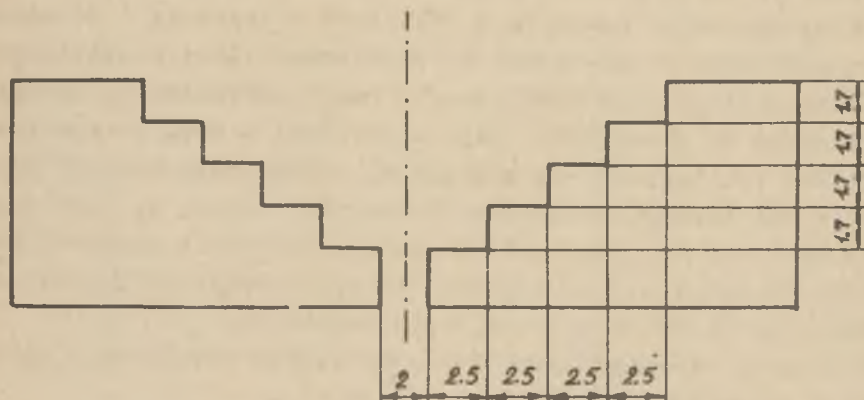
Przyjęto na podstawie literatury [4] transmitancję analizatora spalin, w postaci:

$$F_{ad} = \frac{k}{T_3 + 1} e^{-T_1 s}$$

$$T = 65 \text{ sek}$$

$$T_1 = 12 \text{ sek}$$

Przyjęto, że współczynnik wzmocnienia  $k$  można w pewnych granicach nastawiać dowolnie.



Rys. 4. Wymiary ramki regulatora impulsowego

Napięcie na przekątnej mostka obliczono wg wzoru:

$$U = \frac{\frac{R_1}{R_3} \frac{R_4}{R_2} - 1}{\left(\frac{R_1}{R_3} + 1\right) \left(\frac{R_4}{R_2} + 1\right)} E$$

Na przyrządach pomiarowych służących do pomiaru strumienia gazu, powietrza i pyłu zabudowane są przetworniki oporowe (w pierścieniu wypełnionym rtęcią znajduje się drut oporowy platynowy).

Analizatory tlenu mają zwykle wyjście napięciowe lub prądowe. Przetworzenia sygnału napięciowego na oporowy można dokonać przy pomocy autokompensatora firmy MAW (produkcji NRD). W tym celu należy zamontować dodatkowy potencjometr lub pierścieniowy przetwornik oporowy tak, żeby wraz ze zmianą wskazówki zmieniał się opór przetwornika. Autokompensator oprócz tego będzie służył do rejestracji zawartości tlenu w spalinach.

Opory mostka dobrano w ten sposób, aby w przypadku niezmiennego składu paliwa równowaga mostka była zachowana przy utrzymaniu pożądanego nadmiaru powietrza  $\lambda$ . Badania przebiegów regulacji przeprowadzono przy założeniu ograniczonej dokładności pomiaru strumienia pyłu, powietrza i koncentracji tlenu. Przyjęto, że na wejście każdego z przyrządów pomiarowych współpracujących z regulatorem wchodzi przypadkowy sygnał zakłócający o rozkładzie normalnym i dyspersji wynoszącej 1% w stosunku do średniej wartości sygnału mierzonego.

Czułość mostka (napięcie zasilania E) dobrano tak, aby przypadkowe zakłócenia z nie spowodowały wychylenia wskazówki galvanometru poza strefę nieczułości regulatora. Przyjęto, że przypadkowe szumy mają dyspersję równą 1% średniej wartości sygnału mierzonego.

Czas impulsowania dobierano ze względu na stabilność układu. W obliczeniach pominięto stałe czasowe mniejsze od 1 sek. Pominięcie krótkich stałych czasowych pozwala uprościć schemat blokowy układu regulacji. W obliczeniach uwzględniono więc tylko stałe czasowe analizatorów tlenu, opóźnienia czasowe analizatorów tlenu i przesunięcie serwomotorów ze stałą prędkością.

#### 4. Równania przebiegów czasowych układu regulacji

a) Ruch serwomotoru przy wymuszeniu impulsowym (oznaczenia sygnałów tak jak na rys. 5).

$$\text{dla } t < t_1 \quad x(t) = x(0) + v t$$

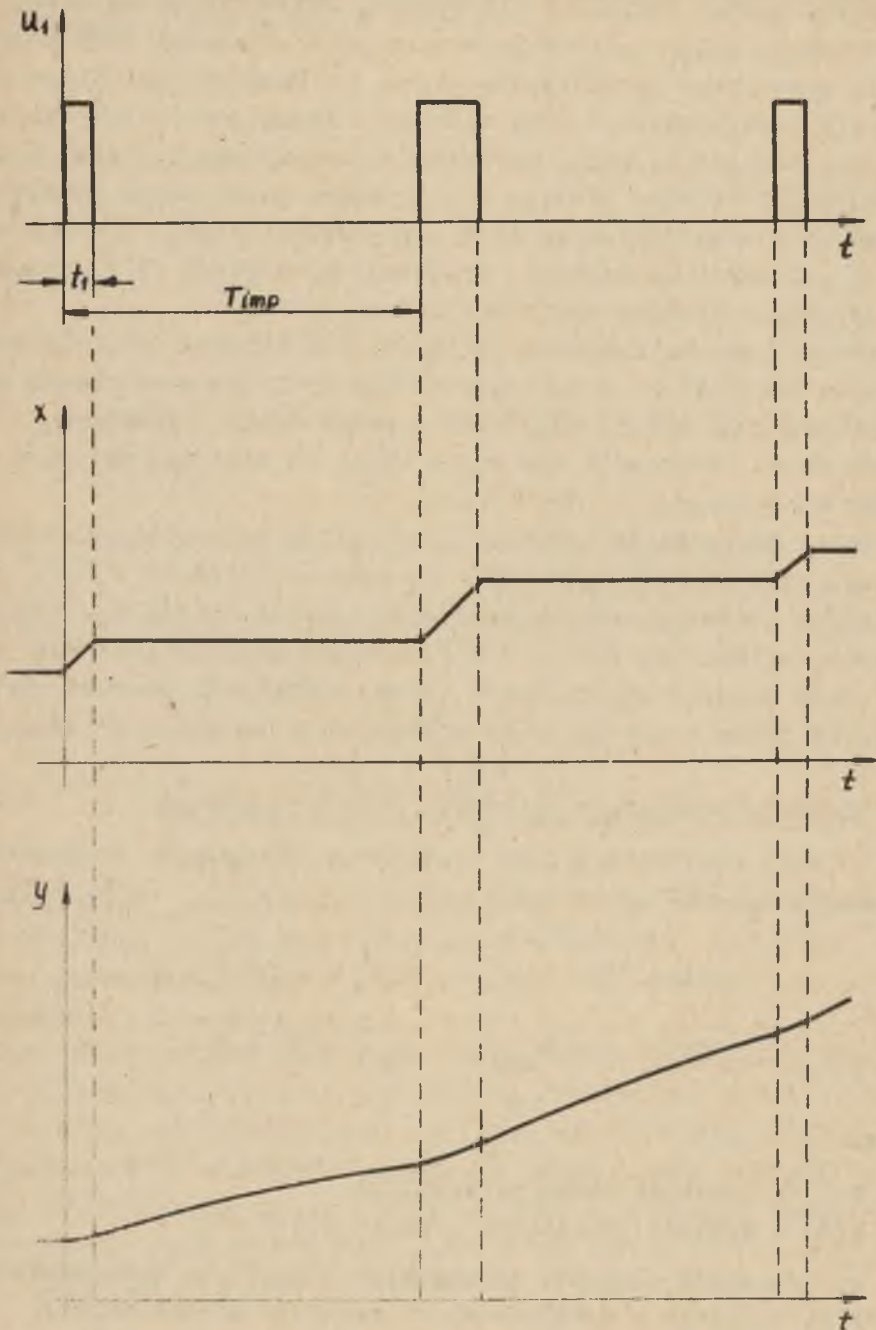
$$\text{dla } t = T_{\text{imp}} \quad x_k = x(0) + v t_1$$

gdzie:

$v$  - prędkość ruchu serwomotoru

$x(0)$  - wartość początkowa sygnału dla  $t = 0$

b) odpowiedź elementu inercyjnego 1 rzędu na wymuszenie ruchem serwomotoru z uwzględnieniem warunków początkowych.



Rys. 5. Wykres przedstawiający ruch serwowotora przy wymuszeniu impulsowym oraz odpowiedź elementu inercyjnego 1 rzędu na wymuszenie serwowotorem

Równanie różniczkowe elementu inercyjnego 1 rzędu

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k x(t)$$

Stosując przekształcenie Laplace'a - Carsona otrzymuje się:

$$T s y(s) - T s y(0) + y(s) = k x(s)$$

$$y(s) = \frac{1}{Ts + 1} x(s) + \frac{Ts}{Ts + 1} y(0)$$

Sygnał wymuszający  $x$  dla  $t \leq T_{imp}$  można wyrazić wzorem:

$$x(t) = x(0) + v \cdot t \cdot 1(t) - v \cdot (t - t_1) \cdot 1(t - t_1)$$

lub w postaci operatorowej

$$x(s) = x(0) + \frac{v}{s} - \frac{v}{s} e^{-t_1 s}$$

Uwzględniając ostatnią zależność otrzymuje się:

$$y(s) = \frac{k}{Ts + 1} x(0) + \frac{k}{s(Ts+1)} - \frac{k}{s(Ts+1)} e^{-t_1 s} + \frac{Ts}{Ts+1} y(0)$$

Przechodząc na postać czasową otrzymuje się następujące wyrażenie na przebieg czasowy sygnału wyjściowego przy wymuszeniu ruchem serwowym

$$y(t) = k x(0) \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + k \left[t - T\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)\right] 1(t) -$$

$$- k \left[(t - t_1) - T\left(1 - e^{-\frac{t-t_1}{T}}\right)\right] 1(t - t_1) + y(0) e^{-\frac{t}{T}}$$

### 5. Program obliczeń na maszynie cyfrowej ODRA-1013 i wyniki obliczeń

Ze względu na rozbudowany schemat blokowy układu regulacji oraz zastosowanie regulatorów impulsowych zrezygnowano z użycia maszyny analogowej do badania układu regulacji (brak odpowiedniej ilości wzmacniaczy operacyjnych). Obliczenia przeprowadzono na maszynie cyfrowej ODRA-1013. Kolejność wykonywania obliczeń podano na schemacie blokowym (rys. 6).

Obliczenia przeprowadzono dla różnych wartości oporów przetworników włączonych w odpowiednie gałęzie mostka Weastone'a oraz różnych napięć zasilania mostka, a także różnych czasów impulsowania.

Dobre przebiegi regulacji uzyskano dla następujących danych

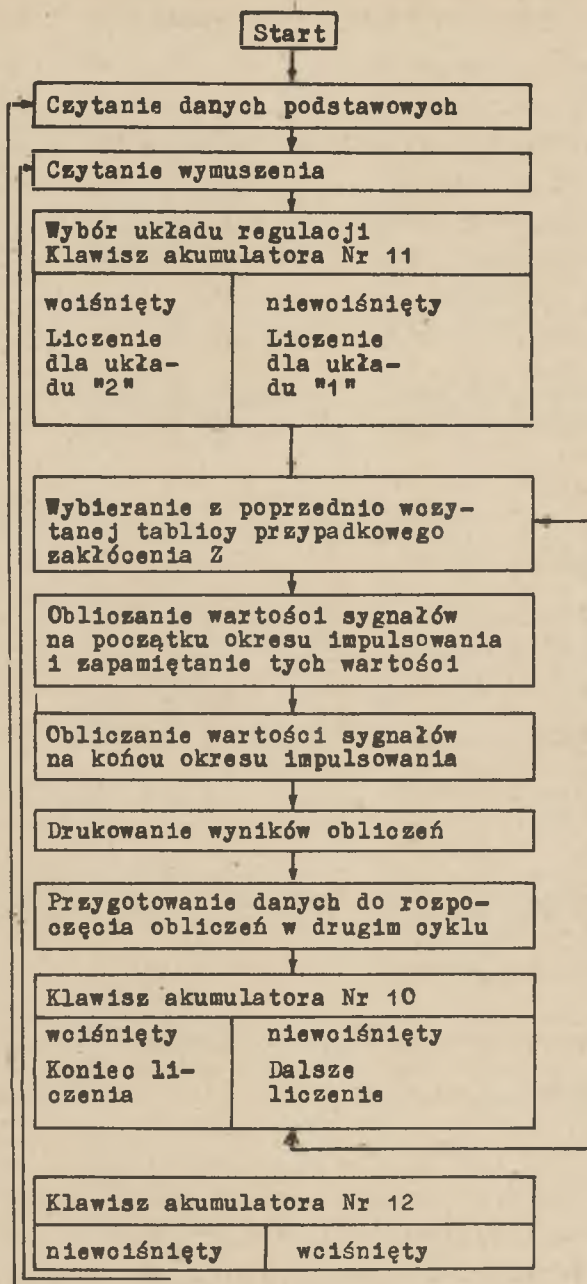
#### Mostek 1

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Opór przetwornika strumienia pyłu      | $R_1 = 25\Omega$                     |
| Opór przetwornika koncentracji tlenu   | $R_2 = 70.75\Omega$ (przy 5% $O_2$ ) |
| Opór przetwornika strumienia powietrza | $R_3 = 20\Omega$                     |
| Opór równoważący mostek                | $R_4 = 20.36\Omega$                  |
| Napięcie zasilania mostka              | $E = 10 \text{ mV}$                  |

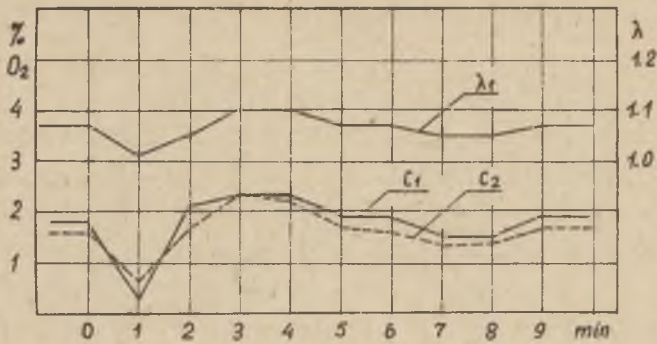
#### Mostek 2

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Opór przetwornika strumienia gazu      | $R_1 = 18.02\Omega$                 |
| Opór przetwornika koncentracji tlenu   | $R_2 = 55.0\Omega$ (przy 5% $O_2$ ) |
| Opór przetwornika strumienia powietrza | $R_3 = 20.04\Omega$                 |
| Opór równoważący mostek                | $R_4 = 20.02\Omega$                 |
| Napięcie zasilania mostka              | $E = 10 \text{ mV}$                 |

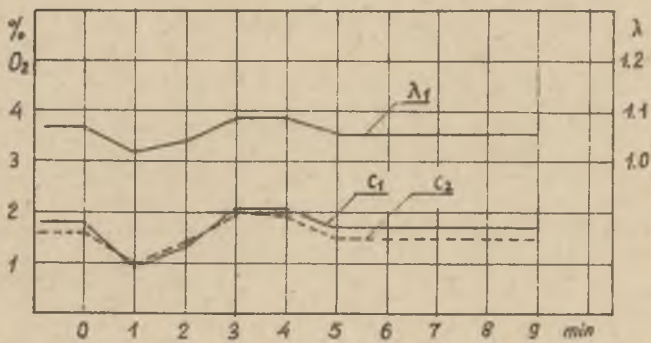
Przyjęto, że zakłócenie zmienia swoją wartość na początku każdego okresu impulsowania i jest stałe przez cały okres impulsowania. Wartości zakłóceń wprowadzono do pamięci maszyny w postaci tablicy liczb przypadkowych o rozkładzie normalnym i dyspersji równej 1. Poniżej podano fragment tej tablicy.



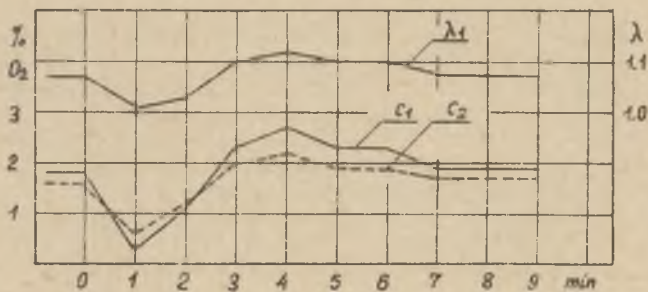
Rys. 6. Schemat blokowy przedstawiający kolejność wykonywania obliczeń przebiegów regulacji przy pomocy maszyny cyfrowej



Rys. 7. Koncentracja tlenu i nadmiar powietrza w układzie regulacji "1" dla zmiany strumienia węgla  $\dot{m}_B = 0.1435 \frac{\text{kg}}{\text{sek}}$

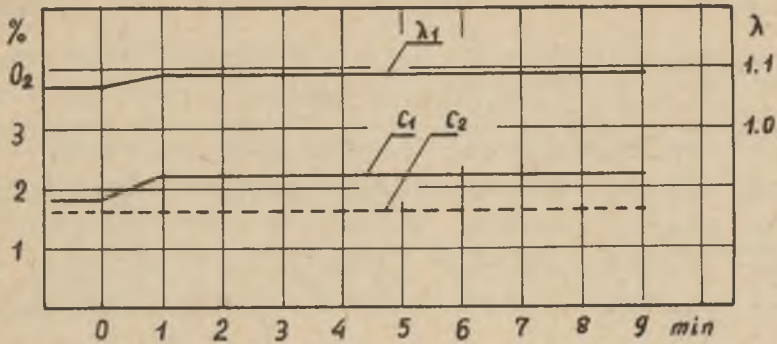


Rys. 8. Koncentracja tlenu i nadmiar powietrza w układzie regulacji "1" dla zmiany składu węgla  $\sigma_B^t = 0.081 \frac{\text{kg O}_2}{\text{kg pyłu}}$

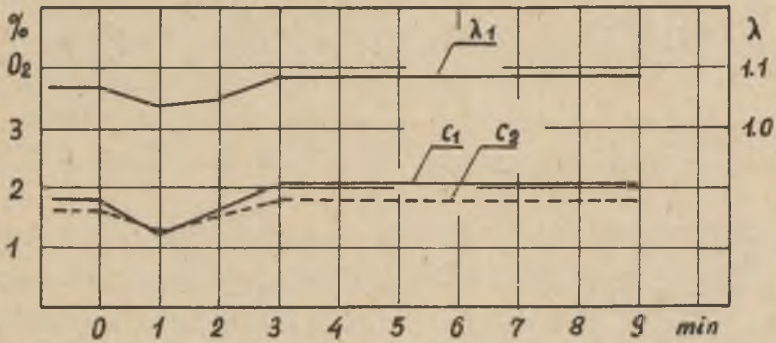


Rys. 9. Koncentracja tlenu i nadmiar powietrza w układzie regulacji "2" dla zmiany strumienia węgla  $\dot{m}_B = 0.1435 \text{ kg/sek}$

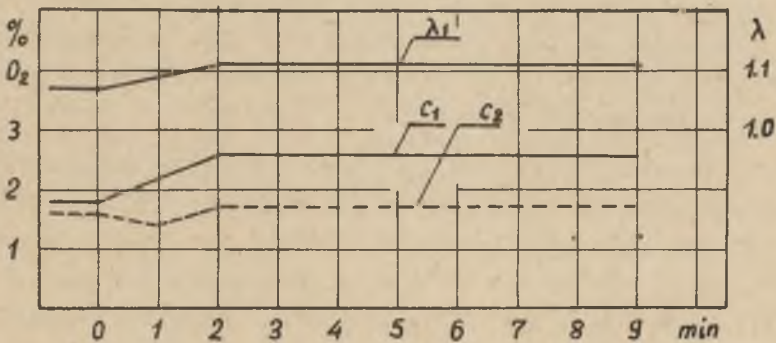




Rys. 10. Koncentracja tlenu i nadmiar powietrza w układzie regulacji "2" dla zmiany składu gazu  $o_g^t = 0.1 \text{ kg O}_2/\text{kg gazu}$



Rys. 11. Koncentracja tlenu i nadmiar powietrza w układzie regulacji "2" dla zmiany składu węgla  $o_B = 0.081 \text{ kg O}_2/\text{kg pyłu}$



Rys. 12. Koncentracja tlenu i nadmiar powietrza w układzie regulacji "2" dla zmiany strumienia gazu  $\dot{m}_g = 0.0527 \text{ kg gazu/sek}$

Tablica 1

Tablica liczb przypadkowych o rozkładzie normalnym  
i dyspersji równej 1

|         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.2005  | 1.1922  | -0.0077 | 0.0348  | 1.0423  | 1.8149  | 1.1803  |
| 1.1609  | -0.6690 | -1.5893 | 0.5816  | 1.8818  | 0.7390  | -0.2736 |
| 0.5864  | -0.9245 | 0.0904  | 1.5068  | -1.1147 | 0.2776  | 0.1012  |
| 0.1425  | -0.2863 | 1.2809  | 0.4043  | 0.6379  | -0.4428 | -2.3006 |
| 0.9516  | -1.7708 | 2.8854  | 0.4686  | 1.4664  | 1.6852  | -0.9690 |
| 0.0033  | -0.5863 | 0.8574  | -0.5557 | 0.8115  | -0.2676 | -1.2496 |
| 1.0828  | 1.1572  | 0.9990  | -0.1032 | 0.5405  | -0.6022 | 0.0093  |
| -1.3566 | -0.4428 | -0.5564 | -0.5098 | -1.1929 | -0.0572 | -0.5061 |
| -0.6446 | -0.3924 | 1.7981  | 0.6141  | -1.3596 | 1.4943  | -0.4406 |
| -0.0831 | 0.8319  | 0.4270  | -0.8888 | 0.4167  | -0.8513 | 1.1054  |

Niektóre wyniki obliczeń otrzymane dla podanych danych przedstawiono w formie wykresów na rys. 7, 8, 9, 10, 11, 12.

## 6. Wnioski

1) Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że układ regulacji procesu spalania z wykorzystaniem sygnału od koncentracji tlenu do korekcji stosunku paliwo-powietrze jest możliwy do zrealizowania przez zastosowanie regulatorów impulsowych i może zapewnić dobrą jakość procesu regulacji. Niemniej należy stwierdzić, że zastosowanie regulatorów impulsowych z opadającą ramką do regulacji kotłów cyklonowych nie jest rozwiązaniem nowoczesnym. Regulatory te są jeszcze stosowane głównie ze względu na dużą niezawodność działania.

2) Do regulacji procesu spalania w komorze cyklonowej można wykorzystać sygnał od koncentracji tlenu na końcu komory paleniskowej (za palnikami gazowymi). Układ ten jest w stanie zapewnić dobrą regulację stosunku paliwo-powietrze pod warunkiem że skład gazu nie ulega dużym zmianom. Oczywiście układ "2" jest gorszy w sensie dokładności procesu regulacji do układu "1", ale łatwiejszy do realizacji z uwagi na niższe temperatury spalin w końcowej części komory paleniskowej.

## LITERATURA

- [1] CAMPBELL D.P. - Dynamika procesów. PWN Warszawa 1962.
- [2] BUSLENKO N.P., GOLENKO D.I., SOBOL I.M., SRAGOWICZ W.G. SZREJDER W.G. - Metoda Monte Carlo. PWN Warszawa 1967.
- [3] OCHEŁDUSZKO S. - Teoria maszyn cieplnych - część I. PWT Warszawa 1957.
- [4] Praca zbiorowa pod redakcją Bożobana P.E. Dawydowa H.I. - - Awtomatizacija tieplowych elektrostancij. Gostenergoizdat. Moskwa 1959.

АНАЛИЗА ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В КОТЛЕ ОCG-64 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛА  
ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА В ТОПОЧНЫХ ГАЗАХ

## С о д е р ж а н и е

Статья содержит анализу действия системы автоматического регулирования процесса горения в котле ОCG-64 с использованием сигнала от концентрации кислорода в топочных газах. Котельный агрегат имеет циклонную топку в которой получается шлаку в жидком состоянии. В этой топке сжигается уголь, сменяющий значительно свою теплотворную способность. Кроме того котельный агрегат имеет газовые горелки, в которых сжигается газ метан. В системе автоматической регуляции используется импульсные регуляторы. В статье представлено уравнения динамики процессов происходящих в топке и произведено расчеты на цифровой вычислительной машине ODR-1013 переходных процессов для двух альтернатив системы автоматического регулирования.

THE ANALYSIS OF THE CONTROLL SYSTEM OF BURNING PROCESS ON  
THE CYCLON BOILER OCG-64 USING THE SIGNAL FROM THE O<sub>2</sub>  
CONCENTRATION IN THE OUTPUT GASSES

S u m m a r y

In the article the analysis of the feedback control system of burning process in the cyclon boiler typ OCG-64 is performed.

Two fuels: coal dust and natural gas are burn in the steam-boiler together. The investigation are made using the controllers produced in Poland. The equations describing the process dynamics in burning chamber are given and also the numerical calculations by means the ODRA-1013 computer for two proposed versions of the feedback control system.