ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989

Seria: MECHANIKA z.99 Nr kol. 1057

SYMPOZJON "MODELOWANIE W MECHANICE"
POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ
Beskid Śląski, 1990

Jerzy Tomeczek, Andrzej Puszer,
Zbigniew Lorkiewicz
Instytut Energetyki i Urządzeń Hutniczych
Politechnika Śląska

SPOSÓB DOBORU ELEMENTÓW NASTAWCZYCH STRUMIENI SUBSTRATÓW I PRODUKTÓW SPALANIA DLA PIECÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono algorytm optymalnego doboru parametrów konstrukcyjnych nastawników strumieni. W obliczeniach zastosowano zdefiniowane w pracy kryterium liniowości charakterystyki statycznej nastawnika.

1. Wstęp

Podstawowymi wielkościami regulowanymi w przemysłowych piecach grzewczych opalanych paliwem gazowym są : temperatura wsadu lub spalin, liczba nadmiaru powietrza oraz ciśnienie spalin w komorze pieca. Wielkościami sterującymi, poprzez które oddziaływuje się na wielkości regulowane, są strumienie : gazu, powietrza i spalin.

Odpowiedni komfort regulacji pieca i dobra jej jakość są zależne od właściwego doboru nastawników strumieni substartów i produktów spalania. Jest to szczególnie ważne przy braku układów automatycznej regulacji, co jest zjawiskiem częstym w naszym przemyśle. Dla celów regulacji pieca najbardziej użytecznymi są nastawniki prostoprzelotowe, obrotowe, a więc przepustnica i kurek kulowy. Są to elementy tanie, lekkie, proste w montażu w porównaniu z zaworami i zasuwami. Cechują się czytelnym i jednoznacznym oznakowaniem stopnia otwarcia /kąt obrotu/ i stałym w odróżnieniu od zaworów i zasuw, maksymalnym zakresie, wynoszącym 90° [5].

Do napędu tych nastawników można stosować małogabarytowe siłowniki elektryczne typu wahliwego przystosowane do zdalnej regulacji ręcznej i współpracy z regulatorami typu impulsowego, a więc i do współpracy z komputerem. Ponadto zastosowanie ich do palnika gazowego lub olejowego umożliwia łatwą realizację regulacji nadążnej powietrza względem gazu przez ich mechaniczne sprzężenie [1,4].

Dla dobrej sterowalności strumieniem czynnika pożądanym jest, aby charakterystyka statyczna /robocza/ nastawnika była jak najbardziej zbliżona do liniowej tzn., aby strumień czynnika był proporcjonalny do stopnia otwarcia nastawnika [5].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie algorytmu doboru parametrów konstrukcyjnych prostoprzelotowego nastawnika opartego na kryterium liniowości jego charakterystyki statycznej.

2. Charakterystyka statyczna nastawnika

Charakterystyka statyczna określa związek między strumieniem czynnika a stopniem otwarcia nastawnika. Na przebieg charakterystyki istotny wpływ mają parametry źródła i sieci. Przez sieć rozumie się rurociąg z armaturą wraz z odbiornikiem, np. palnikiem. Źródłem może być wentylator lub gazociąg z regulatorem ciśnienia. Dla sieci niskociśnieniowej oraz przepływu turbulentnego i izotermicznego charakterystykę statyczną nastawnika opisuje układ równań (1), (2).

$$\beta\left[\mu(\varphi)-\mu_o\right]^n+\left[\frac{Z(\varphi,m)}{Z(\phi,m)}-k_N+k_S\right]\mu^2(\varphi)-1=0 \qquad (1)$$

$$1-k_N-k_S-k_Z=0 \qquad (2)$$

gdzie :

k_N, k_S - liczby oporów hydraulicznych nastawnika i sieci, $k_N, k_S \in [0,1]$;

$k_Z=\beta(1-\mu_o)^n$ - liczba oporu hydraulicznego źródła, $k_Z \in [0,1]$;

m - moduł nastawnika;

$Z(\varphi,m)$ - liczba oporu lokalnego nastawnika;

β - liczba wewnętrznego oporu lokalnego źródła;

φ - kąt otwarcia nastawnika $(0 \leq \varphi \leq \phi)$;

ϕ - maksymalny kąt otwarcia nastawnika $(\phi \leq 90^\circ)$;

$\mu(\varphi)$ - względny strumień masowy, $\mu \in [0,1]$;

μ_o - względny strumień masowy odpowiadający maksymalnemu przyrostowi ciśnienia w źródle.

Rozwiązanie układu równań (1), (2) zależy od rodzaju źródła. Dla źródła z regulatorem ciśnienia typu PI ($\beta = 0$) równanie charakterystyki statycznej ma postać :

$$\mu(\varphi) = \frac{\dot{m}(\varphi)}{\dot{m}(\phi)} = \frac{1}{\sqrt{\left[\frac{Z(\varphi, m)}{Z(\phi, m)} - 1\right] k_N + 1}} \tag{3}$$

gdzie :

$\dot{m}(\varphi)$ - strumień masowy dla kąta otwarcia φ , kg/s;

$\dot{m}(\phi)$ - maksymalny strumień masowy dla $(\varphi = \phi)$, kg/s.

Na rys.1 przedstawiono przykładowo charakterystyki statyczne (3) przepustnicy obrotowej, dla Z (φ, m) wg [6]. Zasadniczy wpływ na liniowość charakterystyki, obok parametrów konstrukcyjnych m i ϕ , ma liczba oporu hydraulicznego nastawnika, którą definiuje zależność [4].

$$k_N = \frac{\Delta p_N(\phi)}{\Delta p_{Z\,max}} \tag{4}$$

gdzie :

$\Delta p_N(\phi)$ - spadek ciśnienia w nastawniku dla maksymalnego kąta otwarcia, Pa;

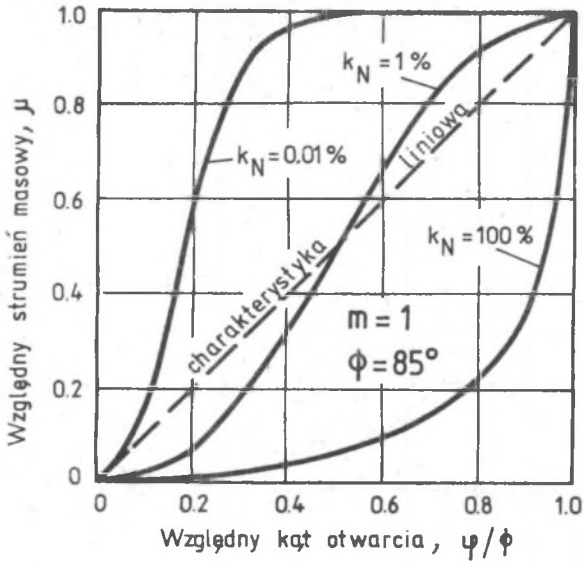
$\Delta p_{Z\,max}$ - maksymalny przyrost ciśnienia w źródle, Pa.

Bardzo wiele stosowanych w praktyce rozwiązań konstrukcyjnych nastawników strumienia cechuje się bardzo małymi wartościami liczby $k_N (k_N \to 0)$ i dużymi modułami $(m = 1)$. Powoduje to dużą nieliniowość charakterystyki statycznej nastawnika objawiającą się szeroką strefą nasycenia. W praktyce prowadzi to do regulacji dwustawnej.

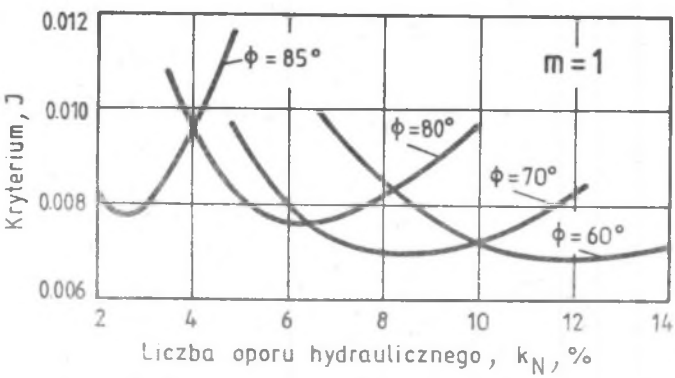
3. Kryterium liniowości charakterystyki statycznej nastawnika

Najkorzystniejszy dla celów regulacji ręcznej jak i automatycznej jest nastawnik strumienia o charakterystyce statycznej liniowej lub bardzo zbliżonej do liniowej w projektowanym przedziale jego kąta otwarcia.

W literaturze dotyczącej nastawników strumienia brak jest jednoznacznej miary liniowości ich charakterystyki statycznej, pozwalającej na porównanie różnych nastawników i oceny wpływu parametrów źródła, sieci i nastawnika na liniowość jego charakterystyki [2, 5]. W prezentowanej pracy do tego celu zastosowano kryterium (5) wywodzące się ze statystyki matematycznej, a stosowane w metodzie najmniejszych kwadratów [3]. Stanowi ono estymator wariancji charakterystyki rzeczywistej $\mu(\varphi_i)$, dla której



Rys. 1. Charakterystyki statyczne przepustnicy



Rys. 2. Kryterium liniowości J przepustnicy jako funkcja liczby k_N i maksymalnego kąta otwarcia

estymowaną charakterystyką oczekiwaną jest charakterystyka liniowa nastawnika $\mu_l(\varphi_i)$.

$$J(k_N, k_Z, m, \phi) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[\mu(\varphi_i) - \mu_l(\varphi_i)\right]^2 \qquad (5)$$

gdzie :

$N \geq 10$

$\varphi_i = \phi\, i/N$

$\mu_l(\varphi_i) = \frac{\varphi_i}{\phi}$ - charakterystyka liniowa;

$\mu(\varphi_i)$ - charakterystyka rzeczywista (1), (2).

Dla charakterystyki rzeczywistej dążącej do przebiegu liniowego wartość kryterium J dąży do zera, a wraz ze wzrostem nieliniowości charakterystyki statycznej wartość J rośnie. Wykresy funkcji (5) dla przepustnicy obrotowej, współpracującej ze stałowartościowym źródłem ciśnienia $(k_Z=0)$ przedstawiono na rys.2.

4. Podsumowanie

Optymalne parametry konstrukcyjne nastawnika $(m, \phi)_{opt}$ w sensie kryterium liniowości jego charakterystyki statycznej określa ekstremum funkcji J (6).

$$J\left[(m, \phi)_{opt}\right]_{k_N, k_Z} \longrightarrow \text{minimum} \qquad (6)$$

Z analizy wyników obliczeń wg algorytmu (6) i wykresów na rys.2 wynika, że zmniejszanie maksymalnego kąta otwarcia ϕ oraz modułu m przepustnicy poprawia liniowość jej charakterystyki statycznej. Odbywa się to jednak kosztem wzrostu wartości liczby k_N, przy czym charakterystyka staje się mniej wrażliwa na zmiany tej liczby, a zatem na wahania ciśnienia w źródle.

LITERATURA

[1] Białas-Kowalik J., Puszer A. : Prosty układ regulacji ilorazowej paliwo-powietrze w przemysłowym palniku gazowym. Pomiary Automatyka Kontrola 2, (1976), 64-66.

[2] Chorowski B, Werszko M. : Mechaniczne urządzenia sterujące. Warszawa 1974, PWN.

[3] Krzysztofiak M., Urbanek D. : Metody statystyczne. Warszawa 1981, PWN.

[4] Puszer A., Lorkiewicz Zb. : Sposób regulacji procesu spalania w palnikach na paliwa gazowe i ciekłe. Gospodarka Paliwami i Energią 6, 1989 , 5-7.

[5] Trybalski Z. : Urządzenia i układy automatycznej regulacji. Warszawa 1978, PWN.

[6] Zasady obliczania strat ciśnienia. PN-76/M-34034.

МЕТОД ПОДБОРА КОРРКТОРОВ ПОТОКА СУБСТРАТОВ И ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧЯХ

Р е з ю м е

В статье представлено алгоритм оптимального подбора конструкцённых параметров корректоров потоков. Приведены в статье линейные критерии статической характеристики корректора введено в расчётах.

A MANNER OF THE REGULATORS SELECTION FOR THE STREAMS SUBSTRATUMS AND PRODUCTS OF THE COMBUSTION IN THE INDUSTRIE FURNACES

S u m m a r y

A algorithm of the optimum selection of the construction parameters of the regulations streams is presented and discused in this paper. A linear criterion of the static characteristic is defined and its applications are shown in the example calculations.