

Układ analizatora gazu saturacyjnego do prowadzenia pieca wapiennego i sterowania procesem produkcji cukru

W numerze 4/2019 „Pod Kontrolą” przybliżyliśmy proces produkcji cukru w aspekcie praktycznego stosowania analizy gazu saturacyjnego. Tym razem skupimy się wybranych szczegółach technicznych praktycznej realizacji układu pomiarowego.

PRZYPOMNIJMY

Gaz saturacyjny jest mieszanką dwutlenku węgla CO_2 , tlenu węgla CO , tlenu O_2 , azotu N_2 , pary wodnej oraz zanieczyszczeń powstałych podczas pracy pieca wapiennego. Temperatura rozpatrywanej mieszaniny waha się w zależności od punktu instalacji. Przykładowy, orientacyjny skład gazu saturacyjnego to dwutlenek węgla CO_2 30 ... 40%, tlenu węgla CO 0,8 ... 2%, tlenu O_2 2 ... 3%, azotu N_2 50 ... 55%, całość dopełnia parą wodną.

Właściwa interpretacja wyników analizy składu gazu umożliwia uzyskanie produktu finalnego o wysokiej jakości, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów surowców i eksploatacji. Poprawne prowadzenie pieca wapiennego pozwala na zmniejszenie ilości zużywanego kamienia wapiennego, koksu i energii elektrycznej. Właściwa ilość dostarczanego dwutlenku węgla do procesu karbonatacji (saturacji I i II) wpływa natomiast na jakość produkowanego cukru. Analiza składu gazu jest więc niezwykle pożyteczna dla optymalizacji procesu produkcji cukru. Realizuje się ją za pomocą indywidualnie projektowanych i dobieranych układów pomiarowych opartych na kilku podstawowych elementach.

PRZYKŁAD REALIZACJI

Opisywana aplikacja obejmuje wykonanie ekstrakcyjnego systemu do prowadzenia ciągłego pomiaru stężenia tlenu węgla, dwutlenku węgla, w gazie saturacyjnym metodą NDIR oraz tlenu za pomocą przetwornika cyrkonowego lub paramagnetycznego.

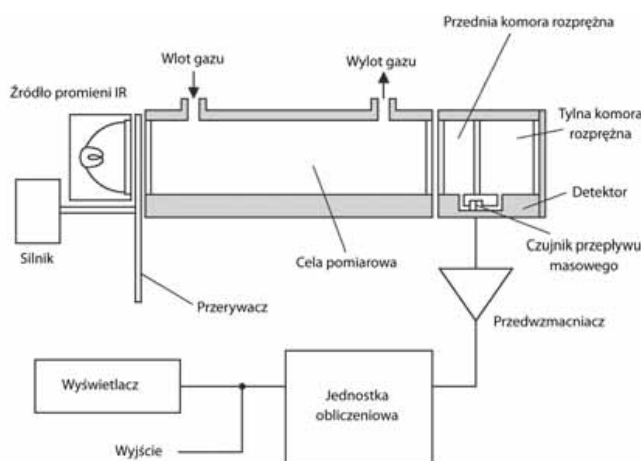
Pierwszym elementem układu pomiarowego jest analizator CO_2 , CO , pracujący w podczerwieni produkcji FUJI Japan, typ ZPA. Do realizacji zadania użyto najprostszego z serii analizatorów NDIR produkowanych przez japońską firmę FUJI. Zasadę działania urządzenia opisuje prawo Lamberta-Beera, zgodnie z którym absorpcja A jest wprost proporcjonalna do stężenia c i grubości warstwy substancji l , przez którą przechodzi promieniowanie:

$$A = k \cdot c \cdot l$$

gdzie k – współczynnik absorpcji

Pomimo względnej (w odniesieniu do innych modeli) prostoty konstrukcji, analizator ZPA oferuje bardzo dobre własności metrologiczne:

- powtarzalność: $\pm 0,5\%$ zakresu,
- liniowość: 1% zakresu,
- dryft zera: $\pm 2\%$ zakresu/tydzień dla zakresów mniejszych niż 500 ppm,



Schemat obrazujący zasadę działania analizatora NDIR typu ZPA.

- dryft zakresu: $\pm 2\%$ zakresu/tydzień,
- czas odpowiedzi (dla 90% wartości zakresu):
 - czas odpowiedzi elektrycznej: 1 do 15 sekund,
 - całkowity czas odpowiedzi z uwzględnieniem czasu wymiany próbki: 10 do 30 sekund.

Analizator ZPA oferuje wysoką czułość gwarantowaną przez konstrukcję czujnika masowego przepływu, łatwość obsługi uzyskaną dzięki zastosowaniu dużego i czytelnego wyświetlacza oraz cały szereg zaawansowanych funkcji ułatwiających tworzenie złożonych systemów pomiarowych. Analizator może sterować procesem automatycznej kalibracji uruchamianej w odniesieniu do zegara czasu rzeczywistego. Możliwe jest korygowanie zmierzonych wartości w odniesieniu do ciśnienia atmosferycznego.

Szereg wejść i wyjść dwustanowych ułatwia budowę układów pomiarowych o wysokim stopniu zaawansowania funkcjonalnego, bez konieczności stosowania sterowników PLC. Przykładowo:

- wyjście komunikacyjne szeregowo RS485 z protokołem MODBUS,
- wyjścia analogowe, prądowe 4 ... 20 mA dla zmierzonej wartości chwilowej stężenia,
- wyjścia dwustanowe do sygnalizacji przekroczenia wartości progowych,
- wyjścia sygnalizacji błędów urządzenia i błędów kalibracji,
- wejście zmiany zakresu pomiarowego,
- wejścia wyzwalania automatycznej kalibracji zera i zakresu.



Analizator NDIR produkcji FUJI Japonia, typ ZPA



►► Szafa analizator ze stacją gazów wzorcowych

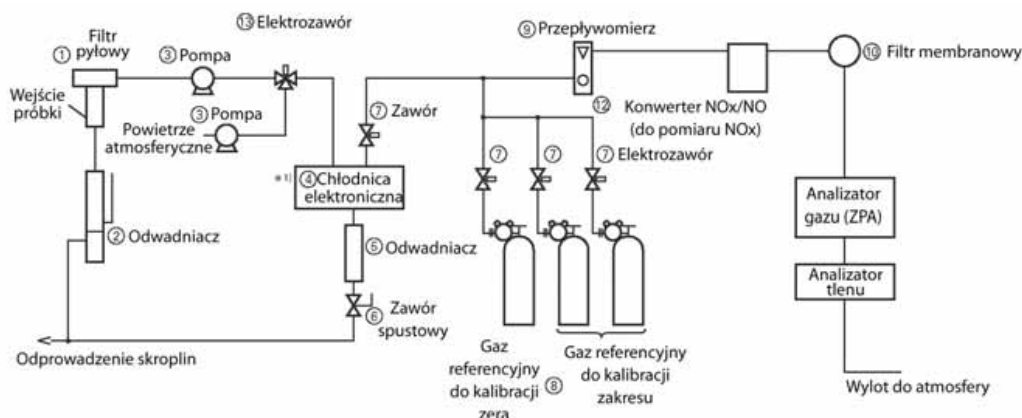
► Tabela 1. Zakresy pomiarowe mierzonych składników gazowych

Analizator może służyć do pomiaru maksymalnie 5 składników gazowych.

Substancja	Zakres minimalny	Zakres maksymalny	Rodzaj pomiaru
NO	0 – 200ppm	0 – 5000ppm	NDIR
SO ₂	0 – 200ppm	0 – 10%	NDIR
CO	0 – 100ppm	0 – 100%	NDIR
CO ₂	0 – 100ppm	0 – 100%	NDIR
CH ₄	0 – 500ppm	0 – 100%	NDIR
O ₂	0 – 10%	0 – 25%	ogniwo elektrochemiczne
O ₂	0 – 5%	0 – 100%	cała paramagnetyczna
O ₂	0 – 5%	0 – 25%	zewnętrzny moduł cyrkonowy



► Schemat drogi gazowej do analizatora ZPA



Drugim analizatorem w układzie jest analizator stężenia O₂ produkcji FUJI Japan typ ZFK7. Przetwornik ZFK7 pracuje w oparciu o cyrkonową celę pomiarową, współpracuje bezpośrednio z analizatorem ZPA, a odczyt zmierzonej wartości dostępny jest na ekranie analizatora ZPA.

Trzecim elementem układu są droga gazowa oraz szafa zawierająca układ kondycjonowania próbki. Droga gazowa zapewnia pobór, transport i przygotowania próbki przed wprowadzeniem do analizatora. Półka na wejściu analizatora jest odpylona, schłodzona do temperatury 5°C i osuszona. Tak przygotowana próbka gazowa trafia do komory pomiarowej w analizatorze. Zrealizowany układ analizy gazu saturacyjnego składa się z układu poboru i transportu próbki oraz kondycjonera i analizatora zainstalowanych w dedykowanej szafie.

w gazach mierzonych. Zabudowany układ wstępnego usuwania skroplin i innych substancji wytrącających się z próbki badanej po jej ochłodzeniu, zdecydowanie ułatwia obsługę. Utrzymanie wysokiej temperatury próbki od punktu pobrania do miejsca doprowadzenia do układu kondycjonowania powoduje, iż nie występuje zjawisko wytrącania się substancji smolistych. Po wprowadzeniu do szafy, próbka schładzana jest w układzie wstępnego usuwania skroplin. Separator skroplin można czyścić za pomocą typowych detergentów. Wymennik w chłodnicy przystosowany jest do prostego demontażu i czyszczenia w analogiczny sposób. Wbudowane w analizator funkcje użytkowe pozwalają na uproszczenie systemu pomiarowego. Mechanizmy wykrywania przekroczeń zadanych wartości progowych umożliwiają wykorzystanie urządzenia w układach zabezpieczenia pracy ciągłych technologicznych.

PODSUMOWANIE

Prezentowany układ analizy gazu saturacyjnego spełnił pokładane w nim oczekiwania. Obserwacja stężenia tlenu w gazie saturacyjnym pozwoliła na wykrycie i zdiagnozowanie awarii dzwonu w piecu wapiennym. Ciągła kontrola warunków spalania, a w szczególności stężenia tlenu węgla, zaowocowała oszczędnościami w zużyciu paliwa. Już tylko te dwa efekty pozwalają na stwierdzenie, iż instalacja analizatora gazu okazała się potrzebna i opłacalna.

Maciej Wawrzyszko

W 1986 roku ukończył Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektryczny, na kierunku Metrologia. W Introlu pracuje od 2004 roku, obecnie jest kierownikiem działu analiz przemysłowych.

Tel: 32 789 00 62



Szafa zawierająca układ kondycjonowania i analizator wyposażona jest w typowy osprzęt elektryczny, niezbędny do poprawnej i bezpiecznej pracy urządzeń, w tym termostat i panel wentylacyjny. Wszystkie sygnały wyjściowe dostępne są na listwach przyłączeniowych.

Opisywany układ pomiarowy zapewnia pewną i stabilną pracę niezależnie od zawartości wilgoci

► Sonda ekstrakcyjna z układem umożliwiającym demontaż pod ciśnieniem