

DOŚWIADCZENIA FIRMY CODEL I PENTOL W ZAKRESIE REALIZACJI SYSTEMÓW CIĄGŁEGO MONITORINGU EMISJI SPALIN Z KOTŁÓW, TURBIN GAZOWYCH, CEMENTOWNI I INNYCH OBIEKTÓW

Krzysztof FILIPOWSKI

Pentol-Enviro Polska Sp. z o.o., ul. J. Kubickiego 19/22, 02-954 Warszawa

tel. 22 642 92 14, faks 22 858 88 87

pentol@pentol.pl

STRESZCZENIE

Brytyjska firma Codel International dostarcza kompletne systemy ciągłego monitoringu emisji od ponad 20 lat. W Polsce są one stosowane od 1991 roku. Przedstawiono cechy charakterystyczne systemów Codela, często różniące je od systemów innych producentów: techniki pomiarowe „*In situ*” lub ekstrakcyjne z gorącą próbką), pomiar metodą niedyspersyjnej absorpcji w podczerwieni (NDIR) z zastosowaniem korelacji filtrów gazowych (GFC), pomiar przepływu spalin metodą optyczną (korelacji poprzecznej), szeregową transmisję danych pomiarowych (zamiast analogowej), zdalna diagnostyka i konfiguracja analizatorów. Opisano typowe rozwiązanie techniczne i konfiguracje systemów ciągłego monitoringu emisji dla różnych rodzajów obiektów. Omówiono również ograniczenia w stosowaniu metod pomiarowych preferowanych przez Codel.

1. Wstęp – o początkach monitoringu emisji w Polsce i historii legislacji

Pojęcie „ciągłe pomiary emisji” (potocznie „monitoring emisji”) pojawiło się w świadomości operatorów obiektów i instalacji emitujących zanieczyszczenia do atmosfery w Polsce mniej więcej 20 lat temu. Początkowo systemy te były tworzone na podstawie indywidualnych decyzji, bez powszechnie obowiązującego wymogu ustawowego. Pierwszym znalezionym w archiwach Sejmu powszechnie obowiązującym aktem prawnym dotyczącym emisji zanieczyszczeń przez energetykę i przemysł była ustawa z 21 kwietnia 1966 r. o ochronie powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniem. W roku 1980 weszła w życie nowa ustawa – o ochronie i kształtowaniu środowiska z 31 stycznia 1980 r., a ta przetrwała (z licznymi aktualizacjami) do nowego tysiąclecia i została zastąpiona przez Ustawę z 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska, obowiązującą (znów z licznymi zmianami) do dziś.

W praktyce pierwszym źródłem wiedzy na temat wymagań wobec systemów monitoringu emisji były słynne „Wytyczne doboru, warunków i eksploatacji stacjonarnych systemów ciągłego pomiaru emisji zanieczyszczeń wprowadzanych do powietrza”, wydane przez PIOŚ w 1993 r. Dokument ten, wprawdzie nie mający statusu powszechnie obowiązującego aktu prawnego, był jednakże powszechnie stosowany. Dopiero w roku 1998 pojawiło się pierwsze rozporządzenie wykonawcze (Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających z procesów technologicznych i operacji technicznych), które nałożyło obowiązek ciągłego pomiaru zanieczyszczeń w gazach odlotowych – początkowo dla źródeł o mocy cieplnej około 300 MW_{th} (następnie obniżono ten próg do 100 MW_{th}). Z kolei pierwszym rozporządzeniem zawierającym wymagania odnośnie aparatury i metodyki pomiarów było Rozporządzenie Ministra Środowiska z 30 lipca 2001 r. w sprawie wprowadzania do powietrza substancji zanieczyszczających z procesów technologicznych i

operacji technologicznych. Wcześniej powszechnie opierano się na wspomnianych powyżej wytycznych PIOŚ. Obowiązujące obecnie Rozporządzenie Ministra Środowiska z 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody wprowadziło do obowiązkowego stosowania normę PN-EN 14181 „Emisja ze źródeł stacjonarnych - Zapewnienie jakości automatycznych systemów pomiarowych”. Wymagania wobec systemów monitoringu emisji, a zwłaszcza procedur zapewnienia jakości zostały w ten sposób znacząco zaostrzone i zunifikowane z wymaganiami Unii Europejskiej.

Systemy monitoringu emisji z lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku powstawały często na bazie istniejących pomiarów procesowych. W ten właśnie sposób trafiły do Polski pierwsze analizatory brytyjskiej firmy Codel International – w latach 1991-1995 zainstalowano na czterech obiektach w Polsce łącznie 13 instalacji kondycjonowania spalin Pentol-Wahlco. Na każdej instalacji zabudowano pyłomierze i analizatory SO₂. W EC Kraków-Łęg, gdzie istniały instalacje kondycjonowania spalin na czterech blokach ciepłowniczych, w roku 1993 uzupełniono wyżej wymienione analizatory procesowe o mierniki CO, NO_x i przepływomierze – wszystkie firmy Codel, tworząc w ten sposób jeden z pierwszych w Polsce kompletnych systemów monitoringu emisji. Jako ciekawostkę można dodać, że pyłomierze i przepływomierze zabudowane na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. funkcjonują poprawnie do dnia dzisiejszego, spełniając obecne kryteria jakości. Zasadnicza koncepcja systemu Codela sprawdziła się w praktyce, producent koncentrował się więc na doskonaleniu komponentów (głównie analizatorów gazowych), celem zapewnienia zgodności z coraz ostrzejszymi wymaganiami stawianymi systemom monitoringu emisji.

W dziedzinie systemów ciągłych pomiarów emisji panuje duża konkurencja, różni producenci oferują przyrządy oparte o różne zasady działania, natomiast Codel jest zapewne jedynym znanym w Polsce producentem oferującym wszystkie podstawowe analizatory oraz zintegrowany z nimi system transmisji danych, wizualizacji i raportowania. Tak naprawdę jedynym elementem pomiarowym, którego Codel nie produkuje jest tlenomierz.

Każdy producent aparatury przekonuje swoich odbiorców o wyższości stosowanych przez siebie rozwiązań w stosunku do oferty konkurencji. Celem referatu nie jest ocena porównawcza systemów monitoringu emisji, choćby z prostego powodu, że autor, związany z Codelem od 20 lat, nie byłby w tej sprawie obiektywny. Jest natomiast celem coś innego, a mianowicie próba przedstawienia kompletnego systemu jako sumy rozwiązań częściowych – urokiem każdego rozwiązania kompleksowego może być, chociaż nie musi, „autorski” dobór rozwiązań szczegółowych, aby na zasadzie efektu synergii stworzyły one harmonijną i funkcjonalną całość. Z tego punktu widzenia system Codela jest wart opisu. W dalszej części przedstawiono najbardziej charakterystyczne, często unikalne rozwiązania systemu Codela.

2. Przegląd rozwiązań specyficznych dla systemu Codela

2.1. Porównanie metody „*In situ*” i ekstrakcyjnej

Codel jest obok Sicka jedynym z pionierów metody „*In situ*”, akcentując jako główną zaletę praktyczną bezobsługowość analizatorów (dzięki rezygnacji z systemu transportu i przygotowania próbki) i związane z tym stosunkowo niskie koszty eksploatacji. Pomocniczymi zaletami jest możliwość rzeczywistego pomiaru zawartości pary wodnej w spalinach oraz brak zagrożenia zafałszowaniem wskazań w przypadku, gdy część mierzonych gazów może zostać rozpuszczona w eliminowanym z próbki kondensacie. Analizatory gazowe Codela podlegały w ciągu ostatnich 20 lat ewolucji. Do połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku stosowano przyrządy jednogazowe z otwartą ścieżką

pomiarową (modele serii 1000), następnie – wciąż z otwartą ścieżką – wielogazowe (model 3000), Rozwiązanie z otwartą ścieżką pomiarową skutkowało dwiema genialnymi zaletami: uśrednianiem wzdłuż całego odcinka między ścianami kanału spalin lub komina oraz całkowitą odpornością na wszystkie agresywne składniki spalin, ale uniemożliwiały wiarygodną kalibrację. Pod sam koniec ubiegłego wieku zmodernizowano model 3000, stosując rurę kalibracyjną łączącą obie głowice, wreszcie kilka lat temu wprowadzono opisany w rozdziale 3.1 referatu model G-CEM4000. Ostatnie dwa wymienione modele uzyskały certyfikaty MCERTs. Obecnie stosowane rozwiązanie (sonda pomiarowa z filtrami dyfuzyjnymi w strudze spalin) daje możliwość kalibracji w każdym stanie obiektu, wymaga za to doprowadzenia powietrza AKPiA stosowanego do osłony optyki i kalibracji. Ponieważ strefa pomiarowa w sondzie ma długość do 1m, można mówić o efekcie uśredniania w poprzek strugi spalin, pamiętając że w metodzie ekstrakcyjnej praktycznie punktowy pobór próbki nie zapewnia żadnego uśredniania.

Analizatory „In situ” znajdują przede wszystkim zastosowanie w pomiarach spalin za wszelkimi typami kotłów energetycznych (z wyjątkiem wyposażonych w mokre instalacje odsiarczania), za piecami obrotowymi i innymi obiektami w cementowniach (również spalających „paliwa alternatywne” czyli po prostu odpady) oraz za różnymi instalacjami przemysłowymi (np. za spiekalniami rud w hutach).

Metoda „In situ” przy wszystkich swoich zaletach ma również ograniczenia: nie nadaje się do pomiarów w strudze spalin o temperaturze powyżej okpoło 400°C oraz o temperaturze poniżej wodnego punktu rosy (powstające w takich warunkach lepkie, często agresywne chemicznie substancje mogą zakleić filtry w sondzie). Ponadto dokładność wskazań może okazać się niewystarczająca w przypadku pomiaru bardzo niskich stężeń gazów. W takich przypadkach stosuje się metodę ekstrakcyjną. Większość analizatorów ekstrakcyjnych kondycjonuje próbkę, osuszając ją, najczęściej metodą wychłodzenia do temperatury nieznacznie ponad 0°C. Codel oferuje również analizator ekstrakcyjny (model G-CEM4100 opisany w rozdziale 3.2), ale jest to przyrząd z tzw. gorącą próbką – jest ona jedynie odfiltrowana, a na całej długości transportu oraz w samej strefie pomiarowej utrzymywana jest temperatura około 150°C, co powoduje zachowanie wszystkich składników gazowych (w tym pary wodnej) w stanie identycznym jak w strudze spalin. Tylko analizator z gorącą próbką może mierzyć silnie rozpuszczalne w wodzie gazy jak HCl. Rozwiązanie to jest więc pozbawione większości wad metody ekstrakcyjnej z zimną próbką. Jego wadami z kolei są: wyższa cena w stosunku do typowych analizatorów ekstrakcyjnych i mimo lepszej dokładności niż analizator „In situ” brak możliwości wiarygodnego pomiaru ekstremalnie niskich stężeń (np. rzędu 1ppm lub poniżej).

Typowym przykładem zastosowania analizatorów ekstrakcyjnych z gorącą próbką jest monitoring spalin z turbin gazowych. Specyfiką tego typu obiektów są niskie stężenia mierzonych gazów (np. NO_x rzędu 20 ppm), konieczność niezależnego pomiaru NO i NO₂ oraz (w przypadku turbin nie wyposażonych w kotły odzysknicowe) wysoka temperatura spalin (rzędu 550°C). Ekstrakcyjny analizator Codela z gorącą próbką powstał jako dedykowany dla turbin gazowych, chociaż stosowane są również na innych obiektach, np. w spalarniach odpadów. Również on posiada certyfikat MCERTs.

2.2. Metody absorpcji w podczerwieni (NDIR) i w ultrafiolecie (NDUV)

Oba pasma zawierają długości fal, dla których poszczególne gazy heteroatomowe zawarte w spalinach silnie pochłaniają promieniowanie. Niektóre gazy wygodniej jest mierzyć w podczerwieni, niektóre w ultrafiolecie, problem leży w tym, że niektóre z gazów mierzonych w systemie monitoringu emisji (np. CO, CO₂) nie mogą być mierzone w

ultrafiolecie, wszystkie natomiast można mierzyć w podczerwieni. Z kolei niektóre gazy (np. NO) mierzy się w podczerwieni trudniej niż w ultrafiolecie. W przypadku tlenu azotu problemem jest interferencja długości fali pochłaniającej NO i H₂O. Wiarygodny pomiar „In situ” tlenu azotu wymaga precyzyjnej kompensacji czułości skrośnej od pary wodnej (analizatory ekstrakcyjne z suchą próbką są oczywiście wolne od tego utrudnienia). W tym miejscu rozwiązania stosowane przez poszczególnych producentów aparatury „In situ” się rozeszły: Codel, „od zawsze” specjalizował się w pomiarach w podczerwieni, dlatego jako jeden z nielicznych podjął wyzwanie i opracował unikalny system kalibracji toru pomiarowego NO zapewniający wiarygodny pomiar nawet stosunkowo niskich stężeń NO przy wysokiej (i zmiennej) wilgotności spalin. To rozwiązanie pozwoliło Codelowi na pomiar CO, NO, NO₂, SO₂, CO₂, HCl, CH₄ i H₂O w jednym analizatorze NDIR.

2.3. Różnicowa optyczna spektroskopia absorpcyjna (DOAS) a korelacja celki z gazami (GFC)

DOAS to tradycyjna metoda pomiaru, stosowana w tańszych analizatorach. Polega ona na skanowaniu wąskiego pasma promieniowania elektromagnetycznego celem określenia wszystkich gazów pochłaniających w danym zakresie spektrum promieniowania. Metoda ta wydaje się szczególnie atrakcyjna dla przyrządów z otwartą, długą ścieżką pomiarową. W praktyce analizy gazów z procesu spalania może ona jednak okazać się zawodna, ponieważ w niektórych zakresach podczerwieni poszczególne mierzone gazy mogą być silnie „maskowane” przez pozostałe składniki spalin. Alternatywą jest metoda korelacji celki z gazami (ang. Gas Filter Correlation – GFC). W metodzie tej pomiar odbywa się dla każdego gazu z użyciem wąskopasmowego filtra interferencyjnego, przepuszczającego tylko tę długość fali, dla której ma miejsce pochłanianie przez mierzony w danym momencie gaz. Separacja czynników zakłócających pomiar odbywa się przez wykorzystanie dwóch wartości pomiarowych: roboczej (promieniowanie mierzone przez detektor przechodzi przez filtr) oraz referencyjnej, gdzie do ścieżki pomiarowej dodatkowo wprowadzana jest celka z czystym gazem wzorcowym, zapewniająca pochłanianie uczulonej na mierzony gaz długości fali w tak dużym stopniu, że wskazanie detektora jest praktycznie niezależne od zawartości mierzonego gazu w spalinach, a obie wielkości: robocza i referencyjna są dokładnie w takim samym stopniu podatne na wszystkie zakłócenia. Wartość stężenia mierzonego gazu jest jednoznaczna funkcją ilorazu wartości roboczej i referencyjnej.

2.4. Metoda absorpcyjna i rozproszeniowa pomiaru stężenia pyłu

Większość pyłomierzy optycznych stosowanych w monitoringu emisji działa na zasadzie pomiaru pochłaniania (ekstynkcji) światła widzialnego. Alternatywnymi rozwiązaniami są analizatory oparte na pomiarze rozproszenia światła: „do tyłu” (back-scatter) lub „do przodu” (front-scatter).

Zaletą metody ekstynkcyjnej jest pomiar na całej szerokości (średnicy) kanału spalin lub komina, a więc odpowiedni dobór osi pomiaru może pozwolić na wiarygodne uśrednienie pomiaru nawet dla rozwarstwionej strugi pyłu, natomiast ograniczeniem tej metody jest pomiar bardzo niskich stężeń zwłaszcza na krótkiej ścieżce pomiarowej. Metody rozproszeniowe pozwalają mierzyć bardzo niskie stężenia, ale strefa pomiarowa jest zazwyczaj ograniczona do kilkudziesięciu cm w głąb kanału czy komina. Codel oferuje pomiar pyłu jedynie w technice ekstynkcyjnej, umożliwiając jednakże pomiar typowych stężeń pyłu za filtrami workowymi (rzędu kilku-kilkunastu mg/m³).

Przyjęta technika pomiarowa w połączeniu z cyfrową transmisją danych pomiarowych umożliwia wiarygodny pomiar w bardzo szerokim zakresie stężeń (typowo od kilku mg/m^3 do kilku g/m^3) bez konieczności jakichkolwiek zmian ustawień w przyrządzie.

2.5. Pyłomierze jednoprzebiegowe a dwuprzebiegowe

Większość pyłomierzy ekstrakcyjnych składa się z głowicy nadawczo-odbiorczej i zlokalizowanego po przeciwnej stronie ścieżki optycznej lustra. Rozwiązanie to ma szereg zalet, np. dzięki podwójnej ścieżce optycznej może rozszerzyć zakres pomiarów w kierunku małych wartości stężeń, jest jednak obarczona wadą jaką jest brak możliwości rzeczywistej kompensacji zanieczyszczeń lustra. Codel zastosował rozwiązanie alternatywne: dwie głowice nadawczo-odbiorcze zamieniające się funkcjami kilkadziesiąt razy na sekundę. To rozwiązanie pozwala na rzeczywistą kompensację zanieczyszczeń optyki z obu stron, a poza tym pozwala na wykrycie niewłaściwego osiowania. Opis przyrządu zamieszczono w rozdziale 3.3.

2.6. Porównanie przepływomierzy korelacyjnych z detektorami ultradźwiękowymi i podczerwieni

Miarodajny pomiar prędkości (przepływu) spalin w warunkach zanieczyszczonych spalin jest najczęściej realizowany metodami nieinwazyjnymi. Powszechnie stosowana jest metoda ultradźwiękowa, polegająca na zastosowaniu dwóch głowic nadawczo-odbiorczych umieszczonych po przeciwnych stronach kanału spalin lub komina, a oś głowic pochylona jest pod kątem najczęściej 45° . Obie głowice naprzemiennie wysyłają (i odbierają) wiązkę ultradźwięków. Różnica czasu między przepływem fali ultradźwiękowej z prądem i pod prąd spalin jest funkcją prędkości spalin. Metoda sprawdza się przede wszystkim dla w pełni laminarnej strugi spalin, co stawia wysokie wymagania co do lokalizacji analizatora. Ponadto przyrząd ultradźwiękowy na kominie wymaga dodatkowego podestu.

Codel stosuje unikalną metodę korelacji sygnałów z głowic odbierających naturalne promieniowanie podczerwone emitowane przez przepływające spaliny. Naturalne zaburzenia promieniowania podczerwonego identyfikowane są na obu głowicach, co umożliwia określenie prędkości spalin. Bardziej szczegółowy opis tego ciekawego przyrządu zawarto w rozdziale 3.4. Miernik wiarygodnie pracuje również w umiarkowanie turbulентnej strudze spalin, a zawartość pyłu czy pary wodnej poprawia jakość wskazań.

Przepływomierz optyczny wymaga (dokładnie tak jak wszystkie inne przepływomierze) minimalnego prostego odcinka, a ograniczeniem zastosowania są: bardzo niska temperatura i prędkość spalin.

2.7. Cyfrowa i analogowa transmisja danych

Gdy 20 lat temu Codel wdrożył koncepcję generowania danych pomiarowych w postaci cyfrowej oraz szeregowej transmisji danych z analizatorów do jednostki centralnej i komputera był niewątpliwie pionierem w tej dziedzinie. Większe zdziwienie musi budzić fakt, że również w chwili obecnej znaczna część systemów monitoringu emisji wciąż opiera transmisję danych na wyjściach analogowych wprowadzonych do koncentratora, a stamtąd do komputera emisyjnego. Wieloletnie doświadczenie potwierdza niewątpliwie zalety takiego rozwiązania. Najważniejsze z nich to: oszczędność na okablowaniu (praktycznie dowolna ilość pomiarów nawet z wielu przekrojów pomiarowych transmitowana jest wspólnym czterożyłowym kablem), brak konieczności przestawiania zakresu nawet przy dużych

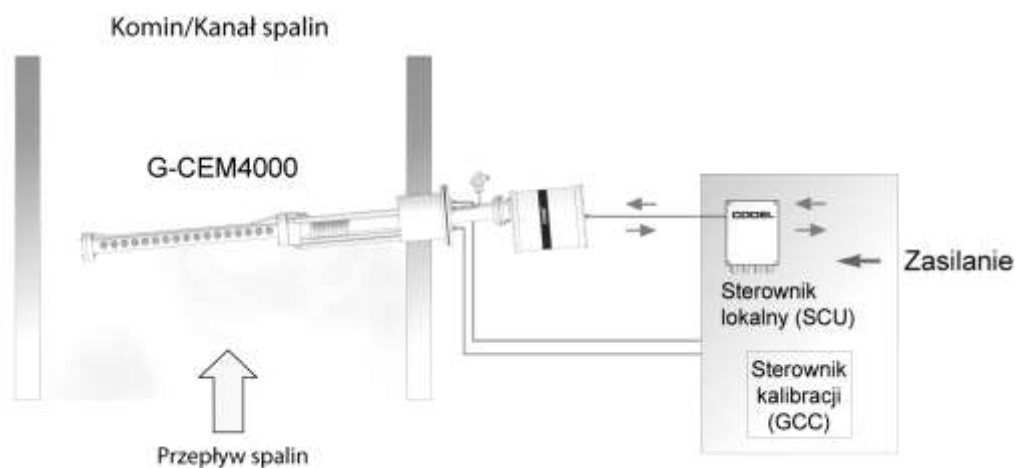
zmianach wartości mierzonych, możliwość buforowania danych w analizatorach w przypadku przerw w transmisji, wreszcie – dwukierunkowa transmisja danych pozwala na zdalny dostęp do diagnostyki i konfiguracji wszystkich podstawowych elementów systemu nie tylko z poziomu komputera emisyjnego, ale poprzez internet, modem GSM lub sieć telefoniczną z siedziby serwisu lub producenta. Takie rozwiązanie w sposób znaczący podnosi niezawodność systemu, pozwala również na jego eksploatację na obiektach nie zatrudniających kwalifikowanych automatyków.

3. Opis typowego systemu ciągłych pomiarów emisji Codela

3.1. Analizator gazowy Codel G-CEM4000

Przyrząd może mierzyć stężenie do siedmiu gazów spośród CO, NO, NO₂, SO₂, HCl, CH₄ i H₂O. Jest to miernik optyczny „in situ”, zachowujący wszystkie opisane w rozdziałach 2.1-2.3 zalety tej technologii. Pomiar dokonywany jest wewnątrz sondy zamontowanej wewnątrz kanału spalin lub komina – miernik (rys. 1) ma jedną głowicę pełniącą rolę nadajnika i odbiornika promieniowania podczerwonego. Element pomiarowy – sonda prześwietlana promieniowaniem podczerwonym na długość zależnie od wersji 0,6 lub 1 m.

Wzdłuż części pomiarowej sondy zabudowane są filtry dyfuzyjne, zapewniające swobodny przepływ gazów i nie przepuszczające do wewnątrz sondy pyłów ani kropeł ciecży. Na końcu sondy znajduje się lustro pokryte rodem (metal szlachetny z grupy kobaltowców, bardzo odporny na działanie czynników chemicznych), co zapewnia trwale wysoki współczynnik odbicia również dla promieniowania podczerwonego. Łączna długość sondy (część pomiarowa i część nośna) wynosi w zależności od wersji od 1,0 do 1,8 m.



Rys. 1. Widok analizatora wielogazowego Codel typ G-CEM4000

Analizator zawiera zintegrowane mierniki temperatury i ciśnienia bezwzględnego, co upraszcza połączenia między elementami systemu. Zachowanie stabilnej temperatury wewnątrz głowicy jest krytyczne dla dokładności i powtarzalności wskazań analizatora. Aby sprostać temu wymaganiu w najtrudniejszych i szybko zmieniających się warunkach atmosferycznych (np. na kominach) Codel opracował aktywną osłonę pogodową z elementem Peltiera.

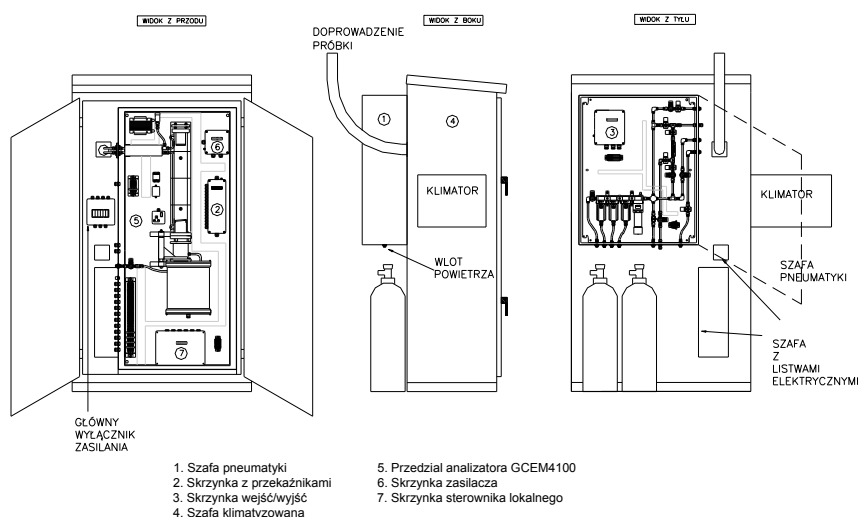
Sterownik lokalny (SCU) wspólny dla grupy pomiarowej pełni funkcję zasilacza, buforu danych pomiarowych oraz realizuje funkcję normalizacji. Parametrami normalizującymi są: temperatura, ciśnienie, wilgotność i zawartość O₂. Pierwsze trzy parametry mierzone są w mierniku wielogazowym, O₂ za pomocą tlenomierza zewnętrznego. Wartości stężeń mogą być alternatywnie przedstawione w postaci mg/m³ lub mg/mⁿ³, w przeliczeniu na stałą zawartość O₂ i/lub na spaliny suche. Zastosowany procesor umożliwia swobodny wybór czasu uśredniania w zakresie od 10 s do 30 dni.

Zastosowanie sondy pomiarowej zamontowanej wewnątrz kanału spalin umożliwia dokonanie kalibracji zera i zakresu. Wykorzystywany do tego celu jest dołączony do analizatora moduł kalibracji. Zero kalibruje się poprzez podanie do wnętrza sondy gazu zerowego (powietrze AKPiA lub azot), który usuwa spaliny ze strefy pomiarowej i umożliwia stworzenie rzeczywistych warunków zerowych. Po przedmuchiowaniu wnętrza sondy oraz uzyskaniu stabilnych wskazań rozpoczyna się cykl kalibracyjny. Kalibracja zera może być dokonywana automatycznie w zadanych odstępach czasu bądź inicjowana ręcznie z poziomu analizatora lub komputera. Producent zaleca automatyczną kalibrację zera raz na dobę. Ponieważ krzywa pochłaniania promieniowania podczerwonego jest jednoznacznie określona prawami fizyki, ewentualny błąd wskazań analizatora może być skutkiem jedynie pełzania zera. Regularna kalibracja zera gwarantuje długotrwałą poprawność wskazań.

Kalibracja zakresu dokonywana jest, podobnie jak kalibracja zera, w warunkach rzeczywistych. Dla uzyskania maksymalnej miarodajności kalibracji punktu pracy, gaz wzorcowy z butli będący mieszaniną gazów wzorcowych o uzgodnionych stężeniach z nośnikiem w postaci azotu jest podawany do tej samej przestrzeni, w której odbywa się pomiar, tzn. do wnętrza sondy pomiarowej. Kalibracja zakresu wykonywana jest po każdym przeglądzie serwisowym i w dowolnej chwili według potrzeb użytkownika.

3.2. Analizator gazowy G-CEM4100

Ten analizator ekstrakcyjny z gorącą próbką przedstawiono na rys. 2.



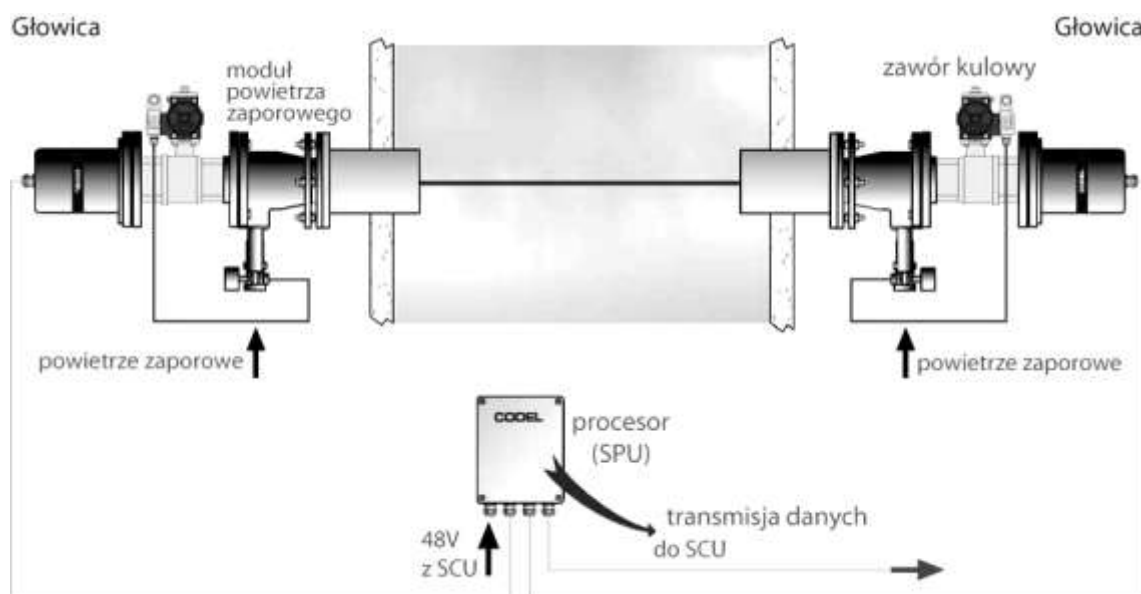
Rys. 2. Widok analizatora Codel G-CEM4100

Analizator skonstruowano z wykorzystaniem komponentów analizatora „In situ” G-CEM4000 opisanego w poprzednim rozdziale. Mieści się w klimatyzowanej szafie (bądź alternatywnie w klimatyzowanym kontenerze). Obie wersje umożliwiają zabudowę na otwartej przestrzeni.

Próbka mierzonego gazu pobierana jest za pomocą sondy z filtrem oraz grzanego węża, a następnie przepływa przez grzaną komorę pomiarową, z którą połączona jest głowica, identyczna z zastosowaną w analizatorze „In situ”. Próbka jest zasysana przez eżektor umieszczony na wylocie z komory pomiarowej i zazwyczaj zrzucana w pobliżu miejsca poboru do kanału spalin (komina). Analizator zawiera ponadto sterownik kalibracji i sterownik lokalny pełniące te same funkcje jak w wersji „In situ”. Analizator może mierzyć stężenia w spalinach o temperaturze do 600°C, poza opisanymi wyżej różnicami specyfikacja obu wersji analizatorów gazowych Codela jest analogiczna.

3.3. Pyłomierz optyczny Codel D-CEM2000

Miernik (pokazany na rys. 3) mierzy ekstynkcję, a po wprowadzeniu charakterystyki kalibracyjnej z równoległych pomiarów grawimetrycznych – stężenia pyłu. Jego konstrukcja umożliwia kontrolę wskazań w zerze i punkcie pracy bez przerywania procesu technologicznego. Układ kompensacji zanieczyszczeń powierzchni optycznych zapewnia precyzyjny pomiar również dla niskich poziomów zapylenia.



Rys. 3. Układ pyłomierza Codel D-CEM 2000

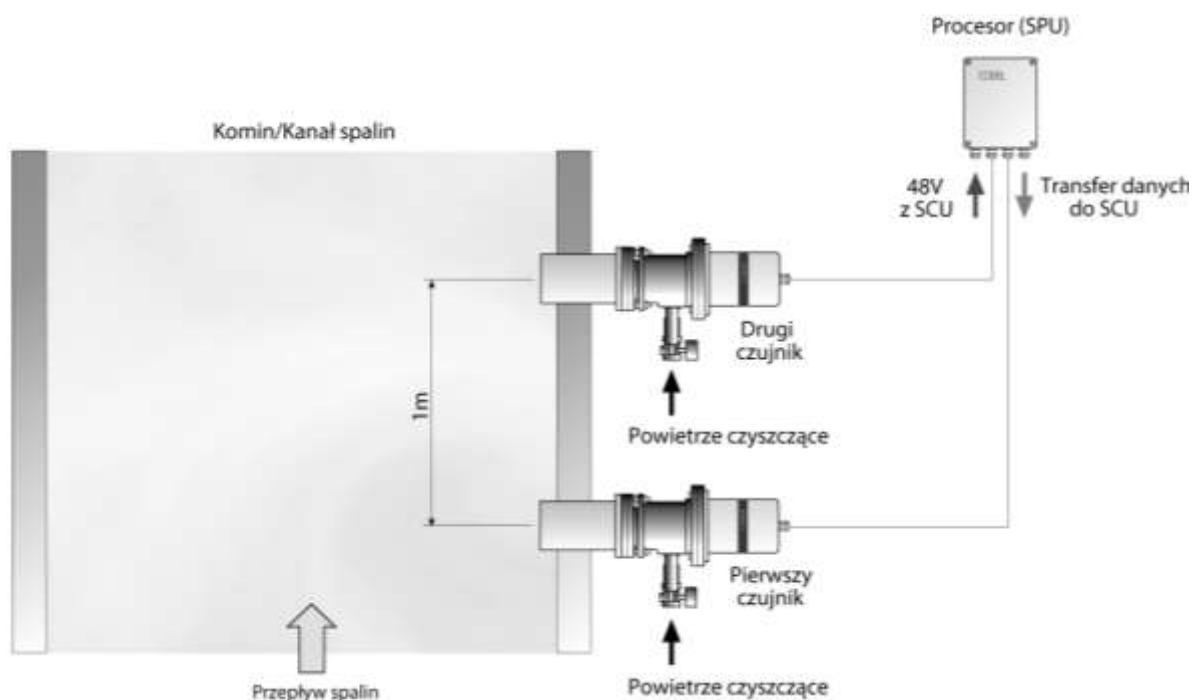
Miernik składa się z dwóch identycznych zamontowanych naprzeciw siebie zespołów nadajnik-odbiornik i procesora. Każda z głowic składa się ze źródła światła (diody LED), detektora, układu optycznego z ruchomym lustrem kalibracyjnym zamontowanym w zaworze kulowym oraz niezbędnego dla sterowania i pomiaru układu elektronicznego. Głowice pracują na przemian jako nadajnik i odbiornik, zamieniając się rolami 37,5 razy na sekundę. Przyrząd oferuje możliwość odczytu wartości pomiaru w postaci zaszeregowania (w procentach lub jednostkach Ringelmana), ekstynkcji, bądź po wprowadzeniu współczynnika proporcjonalności - stężenia pyłu, mierzonego w miligramach na rzeczywisty lub normalny

metr sześcienny. Zasady normalizacji i uśredniania sygnałów pomiarowych są analogiczne jak dla analizatorów gazowych. Dotyczy to również opisanego niżej przepływomierza.

3.4. Przepływomierz spalin Codel V-CEM5000

Do pomiaru przepływu spalin firma CODEL stosuje niewymagającą kontaktu ze spalinami metodę korelacji poprzecznej. Normalnie metoda ta wymaga wprowadzenia do medium śladowej ilości znacznika chemicznego, barwiącego lub promieniotwórczego. Prędkość przepływu mierzonego gazu jest określona w funkcji czasu przepływu znacznika między punktami pomiarowymi o znanej odległości. W przypadku jednakże gazu zanieczyszczonego pyłem i/lub zawierającego parę wodną, zamiast sztucznie wprowadzanego znacznika, wykorzystuje się występujące naturalnie szybkozmienne zaburzenia promieniowania podczerwonego emitowanego przez strugę spalin.

Miernik V-CEM5000 (rys. 4) składa się z dwóch głowic odbiorczych mierzących natężenie naturalnego promieniowania podczerwonego przepływającego gazu oraz procesora. Głowice rozmieszczone są wzdłuż osi przepływu spalin w odległości 0,6 do 1 m. Przyrząd może mierzyć prędkości spalin w zakresie od około 2 do 50 m/s w temperaturze powyżej około 70°C. W sprzyjających warunkach możliwe jest dokonywanie pomiarów w niższych temperaturach, nawet do 50°C.



Rys. 4. Sposób montażu przepływomierza Codel V-CEM 5000

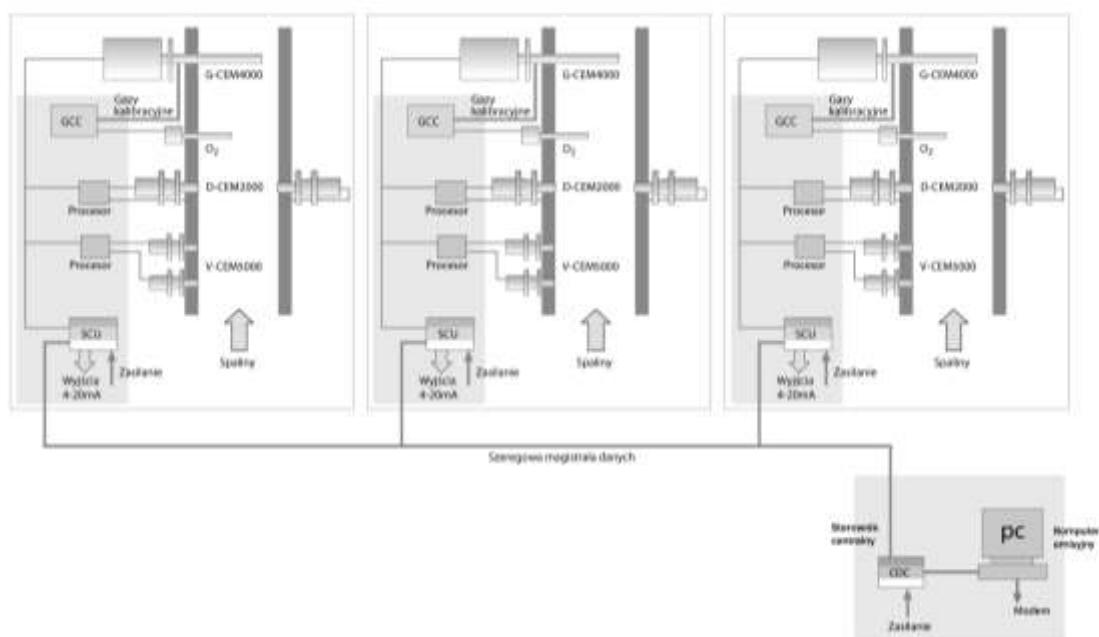
3.5. System transmisji, rejestracji i przetwarzania danych

System transmisji, rejestracji i przetwarzania danych składa się ze sterowników lokalnych (SCU) w każdej grupie analizatorów, czterożyłowej szeregowej magistrali danych oraz elementów wspólnych dla całego systemu: sterownika centralnego (CDC) i komputera emisyjnego z zainstalowanym oprogramowaniem. Na rysunku 5 przedstawiono przykładową

konfigurację systemu z trzema grupami analizatorów. Łącznie do jednej jednostki centralnej można podłączyć ich 12.

Konfiguracja systemu zapewnia dwukierunkową łączność zarówno z analizatorów do komputera (odczyt wartości mierzonych, diagnostyki, parametrów pracy przyrządów) jak i z komputera do analizatorów (kalibracja analizatorów, konfiguracja elementów systemu).

Pakiet oprogramowania zawiera wszystkie programy niezbędne do poprawnej pracy systemu monitoringu, a w szczególności; program komunikacyjny, konfiguracyjny, diagnostyczny i wizualizacyjny oraz opracowany przez Pentol program do generacji raportów, na bieżąco aktualizowany celem spełnienia zmieniających się wymagań legislacyjnych.



Rys. 5. Przykładowa konfiguracja systemu ciągłych pomiarów emisji dla trzech grup analizatorów

4. Podsumowanie

Koncepcja systemu monitoringu emisji opracowana przez firmę Codel International ma prawo budzić zainteresowanie nowatorskimi (w pełni jednakże zgodnymi z obowiązującymi wymaganiami legislacyjnymi) rozwiązaniami. Autor pozostawia ocenę ich trafności bardziej kompetentnym od siebie.

Literatura

1. Materiały informacyjne firm Codel International i Pentol-Enviro Polska dostępne na stronach internetowych www.codel.co.uk i www.pentol.pl