



Bezpieczne górnictwo

Modernizacja stanowiska badawczego pochłaniaczy tlenku węgla

Praca w przemyśle związania jest każdorazowo z narażeniem pracownika na różnego rodzaju niebezpieczeństwa. Zagrożenie wynika czasem z zakresu wykonywanych czynności, może być także związane ze środowiskiem w jakim wykonywane są określone prace. Taka sytuacja występuje w podziemnych zakładach górniczych, gdzie pracownicy narażeni są przede wszystkim na toksyczne działanie tlenku węgla występującego w podziemnych wyrobiskach. O jego toksycznym działaniu, a także stacjonarnych systemach jego detekcji pisaliśmy już na łamach „Pod kontrolą”. Teraz chcemy opisać aplikację modernizacji stanowiska badawczego pochłaniaczy górniczych tlenku węgla. Realizację wykonaliśmy dla Fabryki Sprzętu Ratunkowego i Lamp Górniczych „FASER” S.A. w Tarnowskich Górach.



Stanowisko badawcze
pochłaniaczy tlenku
węgla

BADANIE POCHŁANIACZY

Każdy pracownik kopalni zjeżdżający na dół musi być wyposażony w ochronny pochłaniacz zabezpieczający go przed toksycznym działaniem tlenku węgla, umożliwiając ucieczkę z zagrożonego rejonu. FASER S.A. jako producent pochłaniaczy typu POG-8 zobligowany jest do testowania finalnego produktu zgodnie z wymogami zawartymi w normie PN EN 404:2008, w celu zapewnienia najwyższej jakości swojego produktu. Testy produktów FASER S.A. wykonuje w swoim laboratorium, stosując specjalne stanowisko badawcze – jedyne tego typu stanowisko w Polsce.

Stanowisko do badania pochłaniaczy można podzielić na dwie zasadnicze części. Pierwszą są sztuczne płuca, których zadaniem jest symulowanie oddechu człowieka, czyli ssanie oraz tłoczenie powietrza z prędkością 30 litrów na minutę.



„Płuca” stanowiska



W drugiej części stanowiska umieszczany jest pochłaniacz – jest to komora pomiarowa symulująca atmosferę z toksycznym stężeniem tlenku węgla. Celem przeprowadzanego badania jest weryfikacja sprawności pochłaniania CO przez pochłaniacz w czasie 60 minut, w ściśle określonych warunkach.

POMIARY, CZYLI ZMODERNIZOWANE STANOWISKO

Głównym celem modernizacji było dostosowanie stanowiska badawczego do wymagań normy PN EN 404:2008. Modernizacja polegała na wymianie wszystkich urządzeń pomiarowych, wykonaniu szafy sterowniczej dla całego systemu, a także stworzeniu aplikacji rejestrującej pomiary, archiwizującej dane oraz generującej raporty wg ściśle określonych w normie wytycznych.

Norma mówi, że w komorze pomiarowej, w której umieszczany jest pochłaniacz gazowy, należy stworzyć warunki zbliżone do tych jakie mogą wystąpić w sytuacji zagrożenia w kopalni. Zgodnie



z wytycznymi stężenie tlenku węgla podczas testu ma wynosić 2500 ppm, z dokładnością do $\pm 5\%$. Jest to wartość dwudziestopięciokrotnie większa niż wartość odpowiadająca parametrowi NDSch – czyli Najwyższemu Dopuszczalnemu Stężeniu chwilowemu, w której pracownik, zgodnie z przepisami, może przebywać przez 15 minut i nie częściej niż 2 razy na zmianę. Tak wysoka wartość stężenia (przyp. $25 \times \text{NDSch}$) w komorze pomiarowej, a także czas testu, który wg wytycznych wynosi 60 minut, uniemożliwiły zastosowanie elektrochemicznej metody pomiarowej stężenia CO. Dlatego też wewnątrz komory zastosowaliśmy sensor NDIR o wydłużonej ścieżce pomiarowej, z wymuszonym obiegiem powietrza. Dodatkowo, w celu ochrony elementu pomiarowego – niezwykle czułej optyki – w układzie poboru próbki zastosowaliśmy filtr wypełniony silikażelem, pochłaniający wilgoć.

Wewnątrz komory pomiarowej zamontowany został dodatkowo niewielki wentylator odpowiedzialny za cyrkulację powietrza i zapewniający tym samym mieszanie się powietrza wydychanego z pochłaniacza z tym na bieżąco wpuszczanym do komory.



Komora pomiarowa

Mieszanina tlenku węgla o stężeniu 2500 ppm uzyskiwana jest poprzez rozcieńczanie 100% tlenku węgla z butli z powietrzem, dzięki zastosowaniu systemu kapilar.



Jest to rozwiązanie znacznie tańsze w porównaniu ze stosowaniem gotowej mieszaniny o określonym stężeniu, a ponadto pozwala na wykonanie także drugiego testu przy stężeniu 1,5% CO. Wewnątrz komory zastosowano przetwornik E+E mierzący temperaturę oraz wilgotność powietrza. W trakcie prowadzenia badania mieszanina powietrza z tlenkiem węgla musi mieć wilgotność bezwzględną 20,7 g/m³ i temperaturę 25°C. Zachodząca wewnątrz pochłaniacza reakcja egzotermiczna nagrzewa pochłaniacz, w związku z czym, do utrzymania właściwych parametrów w komorze badawczej konieczne było zastosowanie wymiennika ciepła zasilanego zimną wodą do regulacji temperatury.

Poza pomiarem temperatury w komorze, w układzie znajduje się także pomiar temperatury powietrza wewnątrz samego pochłaniacza, zrealizowany za pomocą termopary typu K. Zastosowanie termoelementu zamiast np. czujnika rezystancyjnego zapewniło większą dokładność, a także szybkość odpowiedzi na dynamiczne zmiany temperatury. Kolejnym elementem mierzącym temperaturę (tym razem powietrza wdychanego) jest przetwornik E+E serii 33 realizujący pomiar temperatury termometru wilgotnego, która wg normy nie może przekroczyć 50°C. Jest to związane bezpośrednio z komfortem użytkowania pochłaniacza. Wdychanie zbyt gorącego i wilgotnego powietrza utrudnia oddychanie, a w skrajnym przypadku może doprowadzić do poparzenia górnych i dolnych dróg oddechowych – stąd ten parametr był jednym z kluczowych w całej realizacji.

Dodatkowo, w stanowisku badawczym zainstalowany został jeszcze jeden pomiar temperatury

zrealizowany poprzez czujnik rezystancyjny PT100. Czujnik ten mierzy temperaturę powietrza wydychanego, a w oparciu o jej wartość system steruje pracą grzałki nawilżacza odpowiedzialnego za utrzymanie właściwych parametrów powietrza wydychanego. Sterowanie pracą grzałki zostało zrealizowane poprzez oprogramowanie oparte o środowisko LabView realizujące także rejestrację i wizualizację całego badania, wykorzystując algorytm PID.

Celem nadrzędnym badania jest zweryfikowanie skuteczności pochłaniania tlenku węgla, dlatego najważniejszym urządzeniem pomiarowym jest detektor rejestrujący wartość stężenia tlenku węgla w powietrzu wdychanym. Zastosowany czujnik serii Σ ProGaz, wyposażony w sensor elektrochemiczny, mierzy wartość stężenia CO w zakresie do 200 ppm. Z uwagi na zbyt niskie nadciśnienie w układzie sztucznych płuc, a także na pulsacyjny charakter pracy, zastosowano wymuszony pobór próbki z filtrem silikażel (w celu usunięcia wilgoci z mierzzonego gazu). Znając wartość przepływu powietrza w układzie, określoną na podstawie wydajności sztucznych płuc, system dokonuje on-line przeliczenia sumarycznej ilości tlenku węgla w powietrzu wdychanym tj. przepuszczonym przez pochłaniacz i dostarczonemu do organizmu człowieka. W przypadku przekroczenia wartości 400 ml CO w czasie 60 minut, uznaje się przebadany egzemplarz za wadliwy, tj. niespełniający wymagań określonych w normie.

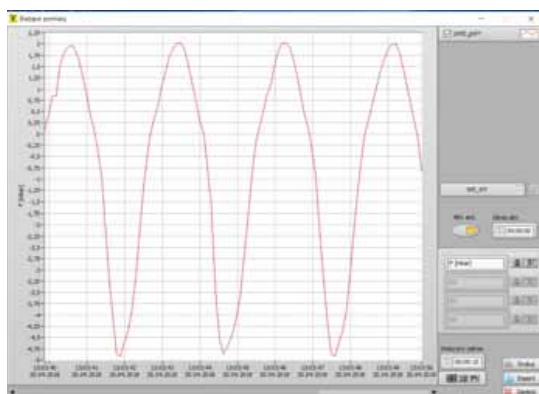
W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracownikom przebywającym w laboratorium podczas wykonywania testów, wraz z czujnikiem zliczającym wartość tlenku węgla pochłoniętego przez hipotetycznego pracownika, do centrali Σ CTRL L podłączony został również dodatkowy detektor CO mierzący wartość stężenia CO w pomieszczeniu całego laboratorium. Z uwagi na możliwość rozszczelnienia się układu dozowania CO do komory lub awarii systemu wentylacji, takie rozwiązanie było niezbędne w celu zachowania najwyższych standardów bezpieczeństwa.

Ostatnim już parametrem mierzonym w trakcie badania pochłaniacza jest wartość oporów wdechu oraz wydechu generowanych przez pochłaniacz. Norma określa, iż opór oddychania przy wdechu nie powinien przekroczyć 12 mbar oraz 3,5 mbar przy wydechu. Przy pierwszym parametrze kluczowy wpływ na jego wartość ma budowa całego filtra oraz jego skład i wypełnienie. O ciśnieniu wydechu natomiast decyduje konstrukcja zaworu wydechowego. Pomiar ten okazał się dość kłopotliwym z uwagi na konieczność mierzenia zarówno ciśnienia wdechu i wydechu w bardzo krótkich odstępach czasu, a co gorsza, niezbędne było zarejestrowanie maksymalnych wartości. Zastosowanie standardowego przetwornika ciśnienia okazało się rozwiązaniem zbyt wolnym z uwagi na tłumienie sygnału wprowadzone przez producenta urządzenia. Po konsultacji z producentem zdecydowano się usunąć element odpowiedzialny za tłumienie sygnału, co znacznie przyspieszyło odpowiedź urządzenia. Rezultat ostatecznie nie był jednak satysfakcjonujący z uwagi na znaczące tzw. „peaky” zaburzające badanie. Ostatecznie zastosowaliśmy przetwornik z membraną ceramiczną dający wystarczająco szybką odpowiedź i zachowujący wymaganą dokładność.

◀◀
Kapilary



Wykres z pomiaru ciśnienia przy „wdechu” i „wydechu”



Przykład raportu

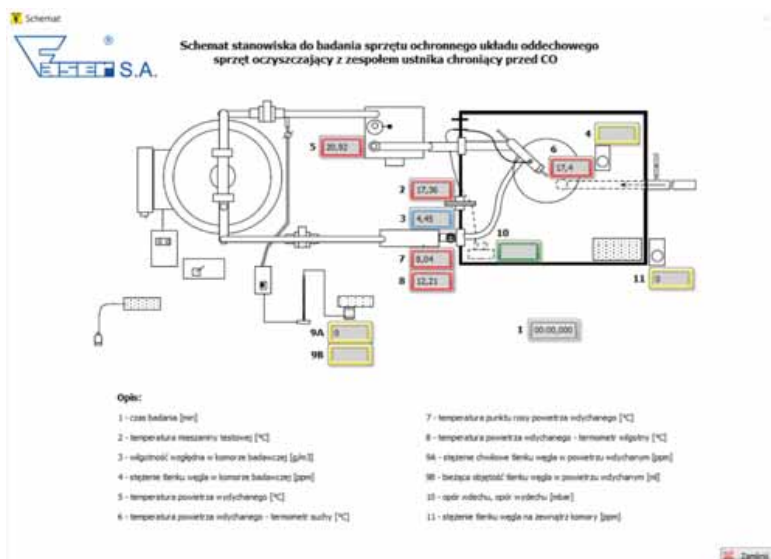
OPROGRAMOWANIE, REJESTRACJA, WIZUALIZACJA

Wymiana urządzeń pomiarowych była tylko częścią modernizacji stanowiska badawczego. Równie ważnym było stworzenie systemu zapewniającego stałe wyświetlanie wartości pomiarowych, ich archiwizowanie, a także przeprowadzenie badania w określony sposób.

Aplikacja do badań pochłaniaczy została stworzona na bazie aplikacji SOFTROL opartej na środowisku Lab View.

Standardowe rozwiązanie zostało zaadaptowane specjalnie dla potrzeb tego konkretnego rozwiązania. Użytkownik przeprowadzający badania może śledzić na bieżąco wszystkie parametry mierzone na stanowisku testowym. Ma także możliwość prześledzenia wykresów z poszczególnymi pomiarami, a także wygenerowania raportu niezbędnego w celu udokumentowania zgodności produktu z wytycznymi w normie.

Maska wizualizacyjna



Zrzut ekranu z LabView



Analiza danych w postaci wykresów lub danych tabelarycznych umożliwia dodatkowo weryfikację przeprowadzanych testów. Pozwala także zoptymalizować ostateczną postać i skład pochłaniacza w celu osiągnięcia najkorzystniejszej wydajności oraz zgodności z wytycznymi zawartymi w normie. Dodatkowo

w oprogramowaniu stworzona została maska, która graficznie prezentuje stanowisko badawcze. Umieszczono na niej wszystkie pomiary jakie dostępne są w systemie, dzięki czemu nawet osoba nieznająca szczegółowo procedury przeprowadzonego badania, może w sposób łatwy i czytelny zapoznać się z mierzonymi parametrami. Przyszłościowo może mieć to istotne znaczenie np. podczas audytów prowadzonych przez potencjalnych nabywców lub przez chętnych do testowania własnych produktów.

MISJA ZAKOŃCZONA POWODZENIEM

Zrealizowana aplikacja modernizacji stanowiska badawczego była bardzo ciekawym wyzwaniem z uwagi na różnorodność pomiarów jakich dotyczyła, a także na ich tylko pozornie prosty do zaimplementowania algorytm. Dzięki bardzo dobrej współpracy z Klientem, wszelkie napotkane problemy były na bieżąco rozwiązywane. Finalnie zarówno stanowisko badawcze, jak i sam produkt (pochłaniacz tlenu klasy FSR 1 Typu A) pod nazwą POG-8 M są w końcowej fazie recertyfikacji przez CIOP (Centralny Instytut Ochrony Pracy) na zgodność z normą PN-EN 404:2008.

Adam Goj

Ukończył Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. W Introlu pracuje od 2008 roku, obecnie na stanowisku zastępcy kierownika działu systemów automatyki. Na co dzień zajmuje się przede wszystkim stacjonarnymi systemami detekcji i monitoringu.

Tel: 32 789 00 64

