Mgr inż. Janusz Szymacha, mgr Dorota Zielonka,
tech. Marek Ciesielski, mgr inż. Ireneusz Kobiela

GSME – skuteczny sposób wykrywania pożarów tlących

W latach 1980–1990 w *Elektrowni Bełchatów* zbudowano system sygnalizacji ppoż. z zastosowaniem centralek CSP30 i TELSAP T3. Stworzony został system składający się z około 4500 czujek, 1000 obwodów, 47 centralek, 350 przycisków ROP i 13 tablic synoptyki. Do roku 1998 prowadzone były częściowe modernizacje istniejącego systemu sygnalizacji ppoż. w zakresie:

- wymiany czujek jonowych Pu238 na czujki jonowe Am241,
- montażu podgrzewaczy do czujek zainstalowanych w tunelach kablowych.

Zakończenie produkcji systemu TELSAP oraz pożar pierwszej galerii nawęglania w tym okresie zmusiły nas do kompleksowej modernizacji systemu sygnalizacji ppoż.

Przeprowadzono analizę dostępnych na rynku nowych systemów sygnalizacji ppoż. wielu firm: *ZETTLER, ESSER, CERBERUS, ALGOREX, DSM 7000, ADEMCO, IRC3, SCHRACK.*

Po analizie wybrano i zainstalowano do celów badawczych centralkę ESSER 8008 na nastawni DIRE oraz system VESDA w serwerowni.

Lata 1998–2001 przyniosły pierwsze efekty w zakresie modernizacji w postaci:

- opracowania koncepcji modernizacji systemu sygnalizacji ppoż. w oparciu o urządzenia firmy ESSER,
- zatwierdzenia przez Radę Techniczną Elektrowni koncepcji i wyznaczenie kierunków modernizacji,
- opracowania pierwszych projektów technicznych i rozpoczęcia prac wdrożeniowych nowego systemu na obiektach *Elektrowni Bełchatów SA*.

Zastosowano w tym czasie szereg nowatorskich rozwiązań, takich jak:

- czujki UVIR firmy DETRONICS dla stanowisk oleju uszczelniającego generatory i turbiny bloków energetycznych (czujki UV firmy POLON ALFA w naszych warunkach nie zdały egzaminu),
- system czujek GSME dla obiektów nawęglania,
- system czujnika liniowego (kabel sensorowy) na przenośnikach taśmowych nawęglania,
- system VESDA dla osłon dźwiękochłonnych turbozespołów,
- system ZEUS wizualizacji sygnałów alarmowych ppoż. *Bełchatów SA.*

Celem modernizacji systemu sygnalizacji ppoż. jest wyposażenie obiektów Elektrowni w nowoczesny, ujednolicony system wykrywania i sygnalizacji pożaru, zgodnie z przyjętą przez Radę Techniczną Elektrowni koncepcją opartą na urządzeniach firmy ESSER. Koncepcja ta zakłada objęcie systemem sygnalizacji ppoż. ESSER 8008 następujących obiektów:

- bloki 1–12 w zakresie kotłowni, maszynowni, BUE oraz stanowiska oleju uszczelniającego generatory,
- nawęglanie wraz z system czujek GSME na sortowniach, mostach skośnych, przesypach, przenośnikach i zasobnikach,
- gospodarka olejowa,
- gospodarka wodna,
- obiekty IOS,
- pozostałe obiekty pozablokowe wraz z kanałami kablowymi,
- budynki warsztatowe i administracyjne.

Dodatkowo wymieniony system pozwala na sukcesywne włączanie urządzeń pomocniczych, takich jak:

- systemy automatycznego sterowania gaszeniem wraz z instalacją tryskaczową na blokach w rejonie stanowisk oleju uszczelniającego turbinę i generator,
- systemy przewietrzania na blokach wraz z układami czujników wodoru,
- systemy VESDA na osłonach dźwiękochłonnych turbozespołów,
- układ automatycznego sterowania instalacji oddymiania hali głównej,
- układy zdalnego nadzoru manometrów ciśnienia wody ppoż. w kolektorach 0.0 m i 12.0 m,
- układy instalacji tryskaczowej w obiektach nawęglania łącznie z sygnałami czujek gazowych GSME.

Ponadto koncepcja zakłada połączenie wszystkich centralek ESSER 8008 w sieci ESSERNET oraz wizualizację graficzną sygnałów ppoż. na wybranych stacjach roboczych.

System wizualizacji graficznej pracuje na oprogramowaniu ZEUS 2000 firmy *Emax*. Jest to dedykowany uniwersalny system SCADA pracujący pod systemem operacyjnym Microsoft Windows NT/2000 w pełnej 32-bitowej architekturze oprogramowania.

Zainstalowany system wizualizacji graficznej umożliwia:

- wygenerowanie alarmu w postaci dźwiękowego komunikatu słownego,

- natychmiastową lokalizację powstawania alarmu pożarowego,
- archiwizację danych,
- dokładne zobrazowanie graficzne i tekstowe niezbędnych informacji dla służb ppoż.,
- pełny wgląd w historię zdarzeń,
- filtrowanie, sortowanie i wydruki informacji,
- ręczne lub automatyczne potwierdzanie,
- komunikację zewnętrzną (wysyłanie wiadomości głosowych, tekstowych lub danych),
- uzyskanie informacji o aktualnym stanie systemu z dowolnego miejsca za pomocą dowolnego telefonu (dtmf).

Największym problemem przy tworzeniu koncepcji było zbudowanie skutecznego systemu sygnalizacji ppoż. obiektów nawęglania. Skuteczność elektronicznych systemów sygnalizacji pożaru w dużej mierze zależy od szybkości i pewności detekcji pożaru w jego najwcześniejszym stadium. Oczywiście nie bez znaczenia jest organizacja alarmowania oraz sprawność akcji gaśniczej. Są jednak obszary, gdzie z racji trudnych warunków środowiskowych zastosowanie typowych detektorów dymu jest trudne lub wręcz niemożliwe.

Takimi miejscami są chociażby instalacje nawęglania w zakładach wykorzystujących jako paliwo węgiel brunatny. Pył węglowy stanowi nie lada wyzwanie dla urządzeń mających za zadanie wykrywanie pożaru. Jednocześnie problemem w tego typu obiektach jest powstawanie pożarów tlących. Powierzchnie podłóg i konstrukcji pokryte są warstwą pyłu węglowego. Rolki przenośników rozgrzewające się przy braku smaru w wyniku tarcia, zacięcia krążników, łożysk, sprzęgieł w przenośnikach taśmowych, prądy błądzące w metalowych obudowach obiektów, iskry powstające podczas napraw przy użyciu spawarek lub procesy powstające podczas suszenia węgla tworzą centra pożarów tlących, które następnie rozprzestrzeniają się. Ognisko takiego pożaru może rozprzestrzeniać się przez kilka godzin nie dając żadnych widocznych oznak w postaci dymu czy ognia. W ognisku powstają temperatury rzędu 450°C. Wyniki prób przeprowadzonych w obszarze przenośnika węgla w *Elektrowni Niederaussem* oraz w laboratoriach niemieckiej firmy ubezpieczeniowej VdS w Kolonii potwierdziły, że urządzenia stosujące konwencjonalne metody jonizacji i dyfrakcji światła nie dają wystarczającej dokładności w wykrywaniu pożarów tlących w węglu brunatnym.

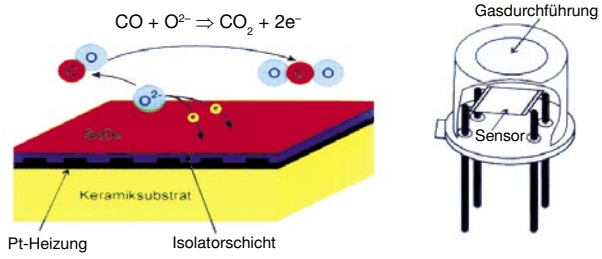
Rys. 1. Most skośny po pożarze w *Elektrowni Niederaussem*

Podczas pożaru tlącego w węglu brunatnym wydzielane są częściowo utlenione produkty gazowe, jak: tlenek węgla, nienasycone węglowodory, aldehydy, kwasy organiczne i alkohole. Magazynowany uprzednio przez kilka dni węgiel brunatny wydziela także znaczne ilości metanu i innych gatunków gazu, które zgromadziły się w jego masie w wyniku zimnego utleniania, a także wydziela substancje absorbowane, które zostały pochłonięte z otaczającego powietrza. Wzrastająca podczas procesu tlenia temperatura powoduje dysocjację cząsteczek wody z otaczającego powietrza. Reakcja katalityczna jest bardzo wydajna.

Obserwuje się stężenia wodoru do 50% stężeń tlenku węgla. Nie da się natomiast wyodrębnić odpowiadającego temu tworzenia się tlenu, ponieważ sumuje się on z 21% tlenu zawartego w powietrzu. Przepływ strumienia powietrza przez raczej duży przekrój poprzeczny obudowy galerii przenośnika jest powodem wysokiego czynnika rozrzedzenia emitowanych molekuł gazu.

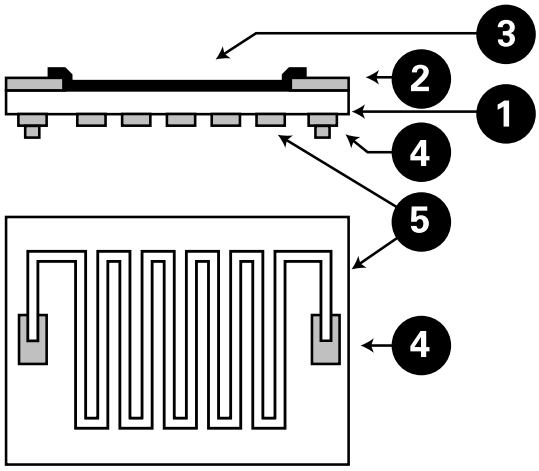
W związku z powyższym w *Elektrowni Bełchatów SA* do wykrywania pożarów w obiektach nawęglania zastosowano czujki GSME firmy *SIEMENS* oparte na sensorach gazowych firmy *Umweltsensortechnik*. Czujki te stanowiły element koncepcji sygnalizacji pożarowej w obszarze przenośnika węgla w największej elektrowni należącej do niemieckiej spółki *RWE Energie AG* w miejscowości Niederaussem w pobliżu Kolonii.

Sensory w czujkach GSME to półprzewodnikowe tlenkowe czujniki gazów na bazie dwutlenku cyny SnO_2. W atmosferze powietrza powierzchnia półprzewodnika absorbuje atomy tlenu, które działają jak pułapki elektronowe (rys. 2).



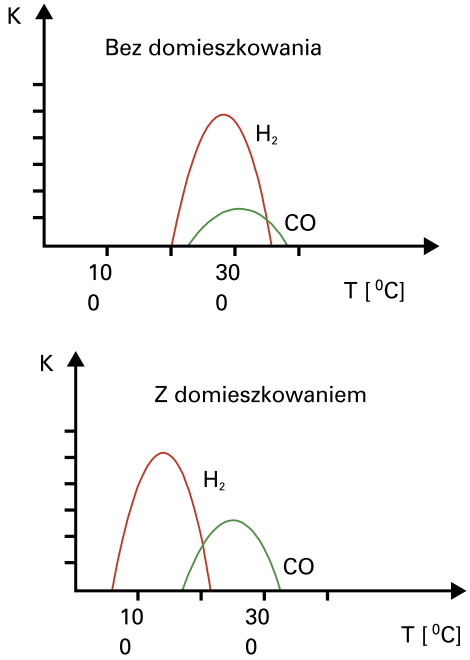
Rys. 2. Widok ogólny sensora gazu i jego zasada działania

Wychwyt elektronów przez pułapki tlenowe powoduje, że w półprzewodniku typu n tworzy się przypowierzchniowa warstwa zubożona w swobodne nośniki ładunku, przez co zmniejsza się sygnał użyteczny (lub ustala na określonym poziomie). Działając z kolei na taką powierzchnię gazem redukującym (CO, H_2, NO_x) następuje uwalnianie elektronów i wzrost przewodnictwa, czyli wzrost sygnału użytecznego sensora. Dogłębnie rzecz ujmując molekuły gazu z otaczającego powietrza łączą się chemicznie z powierzchnią cienkiej warstwy półprzewodnika np. dwutlenku cyny, który jest nałożony na ceramiczne lub krzemowe podłoże ze stykami elektrycznymi.



Rys. 3. Budowa sensora:
1 – płytka podłożowa, 2 – elektrody warstwy gazoczułej,
3 – warstwa gazoczuła (SnO_2),
4 – elektrody ścieżki grzejnej, 5 – ścieżka grzejna (grzejnik)

Zaabsorbowane molekuły gazu tworzą wiązania jonowe i przekazują ładunek elektryczny warstwie półprzewodnika. Ten dodatkowy ładunek elektryczny zmienia oporność warstwy półprzewodnika. Gdy półprzewodnik jest podgrzewany, wiązania pomiędzy molekułami gazu i powierzchnią czujnika są rozrywane ponownie z pewną prędkością. Przy danym stężeniu gazu molekuły opuszczające czujnik są zastępowane nowymi, co daje stan ustalony. Opór elektryczny staje się funkcją stężenia gazu. Przy automatycznej detekcji pożarów tlących wykrywane być muszą raczej niskie stężenia gazu. Poprzez specjalne domieszki np. niewielkich ilości metali szlachetnych uzyskuje się wysoką czułość wykrywania wodoru cząsteczkowego lub tlenku węgla. Zabiegi takie pozwalają także zminimalizować reakcje na zmiany wilgotności.



Rys. 4. Wpływ domieszek na czułość i selektywność sensora gazu

Aby reakcja przebiegała dostatecznie szybko, należy wytworzyć odpowiednią temperaturę (najwyższa czułość przy optymalnej temperaturze). Dla sensorów z dwutlenku cyny są to temperatury 300–400°C. Wprowadzenie do półprzewodnika SnO_2 domieszki Pt – platyny, Pd – palladu, Ag – srebra lub Cu – miedzi przesuwa temperaturę maksymalnej czułości na dany rodzaj gazu oraz zwiększa czułość na dany rodzaj gazu, czyli poprawia selektywność wykrywania różnych gazów (rys. 4).

Maksymalne wartości stężeń wynoszące od 4 do 20 ppm tlenku węgla i od 1 do 3 ppm cząsteczek wodoru sensor wykrywa zazwyczaj w odległości 15 m od obszaru tlącego się o powierzchni 0,5 m^2. Tak niskie wartości stężeń można wykryć w sposób wiarygodny tylko wtedy, gdy stosowane są elementy sensorowe zoptymalizowane do tego celu oraz złożone algorytmy sygnałowe. Jednoczesny wzrost stężenia tlenku węgla i wodoru jest oznaką procesu tlenia. Patrząc dokładnie na zależność czasową względnego udziału stężeń tlenku węgla i wodoru można w sposób wiarygodny odróżnić przypadki, gdy zachodzi tlenie od przypadków, w których ono nie ma miejsca.

Czujka GSME składa się z głowicy z trzema sensorami (sensor wodoru H_2, sensor tlenku węgla CO i sensor tlenków azotu NO_x) oraz układu elektronicznego z mikroprocesorem i pamięcią EPROM. Sensory zabezpieczone są filtrem z brązu, który idealnie chroni je przed zapyleniem i wilgocią, a jednocześnie pory w metalu pozwalają na szybką wymianę molekuł gazu. Uzyskiwane czułości sensorów to: dla wodoru 3 ppm, dla tlenku węgla 4 ppm, dla tlenków azotu 2 ppm. Ogólny widok czujki GSME przedstawiono na rysunku 5.

Wysoka niezawodność detekcji i jednocześnie dobre tłumienie fałszywych alarmów uzyskiwane jest przez podłączenie sygnałów z trzech sensorów do mikrosterownika czujki (sygnalizacja alarmowa wielokryteryjna).

Mikrosterownik *Siemens/Intel* 80C537, będący centralnym elementem układu elektronicznego czujki GSME, wykonuje następujące zadania:

- utrzymuje stałą temperaturę sensorów,
- wykonuje wyliczenia przewodności sensorów,

Rys. 5. Widok ogólny czujki GSME

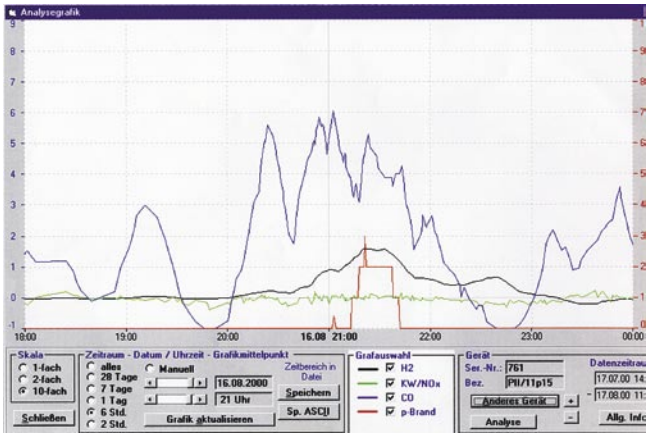
- ocenia za pomocą algorytmu pierwotne sygnały sensorów i rozstrzyga czy proces tlenia występuje, czy nie (dostępny jest również skonsolidowany sygnał prawdopodobieństwa wystąpienia pożaru),
- uruchamia procedury samokontroli czujki,
- podaje sygnały alarmowe na wyjście poprzez włączony moduł interfejsu,
- obsługuje 3 diody sygnalizacyjne na obudowie czujki,
- obsługuje kilka innych diod sygnalizacyjnych na płytce obwodu drukowanego, by ułatwić miejscowe wyszukiwanie i usuwanie usterek.

Algorytm sprawdzający stany alarmowe jest przechowywany w pamięci stałej (EPROM), którą można modyfikować w zależności od warunków otoczenia i innych zadań. Trzy diody na obudowie czujki oznaczają: „poprawne działanie" (kolor zielony), „usterka" (kolor żółty) i „stan alarmowy" (kolor czerwony).

Czujka GSME zasilana jest prądem zmiennym 230 V lub na żądanie prądem stałym 24 V (awaryjnie za pośrednictwem wewnętrznej, automatycznie doładowywanej baterii) i zawiera dwa wyjścia przekaźnikowe oraz interfejs danych. Wyjścia przekaźnikowe czujek wpięte są do central ESSER systemu sygnalizacji ppoż. elektrowni, natomiast dane z czujek GSME przesyłane są szyną M-BUS do komputera, którego diagnostyczno-serwisowe oprogramowanie umożliwia wizualizację pracy czujek (rys. 6), ustawianie parametrów pracy czujek, archiwizację danych itp.

Czujki GSME charakteryzuje:

- wysoka selektywność trzech rodzajów półprzewodnikowych sensorów,
- minimalny wskaźnik fałszywych alarmów przy jednoczesnej bardzo wysokiej czułości dla pożarów tlących,
- bardzo duża odporność na wilgoć, zapylenie i przepływ powietrza,
- prosty montaż i serwis dzięki diagnostyczno-serwisowemu oprogramowaniu,
- wieloletnie pozytywne doświadczenia z pracy czujek w elektrowniach na węgiel brunatny.



Rys. 6. Wizualizacja pracy czujek GSME

Przed wprowadzeniem do eksploatacji czujek GSME w elektrowniach koncernu *RWE Energie AG i Elektrowni Bełchatów SA* przeprowadzono wiele prób i testów.

Test pożaru tlącego polega na rozprowadzeniu, na płaskiej płycie metalowej, warstwy węgla brunatnego (lub pyłu węgla brunatnego) o grubości od 5 do 10 mm i zapaleniu tej warstwy od środka poprzez przyciśnięcie rozżarzonego kawałka metalu o średnicy ok. 5 cm na czas 2 min. Obszar tlący powoli rozszerza się obejmując po 3 godz. ok. 0,5 m^2 powierzchni.

Podczas tych prób wykonano i starannie monitorowano ponad 15 pożarów tlących, które dostarczyły danych do opracowania algorytmów działania czujek GSME. Następnie wykonano testy pożarów tlących na obiektach nawęglania elektrowni, które wykazały poprawność działania czujek GSME, przy braku reakcji czujek jonizacyjnych i optycznych.

Ponadto przeprowadzono testy z pożarami takich materiałów jak: kawałki drewna, trociny, izolacja kabli, szmaty nasączone olejem. Wszystkie te pożary wydzielały wystarczającą ilość gazów powodujących powstanie sygnałów alarmowych czujek GSME w ciągu kilku minut. Po tak pozytywnych próbach w *Elektrowni Bełchatów SA* zastosowano do chwili obecnej 91 czujek GSME na mostach skośnych, sortowniach, przesypach i zasobniku szczelinowym nawęglania. Wcześniej podobne ilości czujek GSME zastosowano w elektrowniach koncernu *RWE Energie AG.*

Podsumowując można stwierdzić, że czujki GSME dzięki zastosowaniu w nich sensorów gazowych wykrywają procesy tlenia, szczególnie pożary tlące w warstwach pyłu węglowego w początkowej fazie. W miejscach, gdzie początkowe stadia pożaru tlącego nie są wykrywane przez konwencjonalne urządzenia stosujące techniki jonizacyjne lub optyczne, wdrożenie nowych technik, takich jak czujki GSME dostarcza skuteczniejszej ochrony w przypadku pożarów tlących w obszarach nawęglania elektrowni. Wiadomo, że straty spowodowane pożarem w funkcji czasu wykrycia pożaru rosną parabolicznie. W związku z tym zastosowanie czujek GSME do wykrywania ognisk pożarów w ich wczesnej fazie powstawania ma ogromne znaczenie ekonomiczne, ponieważ koszty poniesione na ochronę przeciwpożarową w tym wypadku są niewspółmiernie niskie w stosunku do strat powstałych w czasie pożaru.

LITERATURA

[1] *VGB Kraftwerkstechnik* 76 (1996), Nr 11, s. 849–853
[2] *Elektronizacja* 1993, nr 3, s. 12
[3] Materiały własne *Elektrowni Bełchatów SA*