

Wybór najlepszego czujnika gazów palnych Ventis™ Pro5 do konkretnego zastosowania



Do przyrządu Ventis™ Pro5 oferowane są trzy rodzaje czujników gazów palnych (wybuchowych): czujnik katalityczny, czujnik podczerwony metanu (CH₄ IR) oraz czujnik podczerwony gazów wybuchowych (LEL/DGW IR). Każdy z tych czujników posiada specyficzne właściwości, dzięki którym dobrze sprawdza się w niektórych zastosowaniach, ale niezbyt dobrze pasuje do innych. Wybór właściwego czujnika i technologii może niekiedy sprawiać istotne problemy. W tej Notatce dla użytkowników omówimy każdą z technologii stosowanych w wykrywaniu gazów palnych i podamy informacje oraz wskazówki do wyboru najlepszego czujnika dla konkretnego zastosowania.

Czujniki katalityczne

Czym się charakteryzują i do czego służą?

Czujnik katalityczny to najczęściej używany typ czujnika służącego do wykrywania gazów i par zapalnych (wybuchowych). Tego rodzaju czujniki zawierają dwa bardzo cienkie druciki zwinięte w spiralę. Jeden z tych drucików jest powleczony katalizatorem, przez co staje się elementem aktywnym, natomiast drugi drucik jest elementem odniesienia, który nie reaguje na gazy palne. Następnie obydwa druciki są ze sobą sprzęgane tworząc parę aktywno-pasywną. Tak otrzymana para detekcyjna jest wbudowywana w układ zrównoważonego mostka rezystancyjnego. Do obydwu drucików podawane jest stałe napięcie, które powoduje przepływ prądu i rozgrzanie elementów do wysokiej temperatury. Kiedy czujnik styka się z gazem palnym na elemencie aktywnym dochodzi do reakcji spalania gazu, co powoduje wzrost temperatury tego elementu. Ponieważ element odniesienia nie reaguje na gaz palny jego temperatura nie ulega zmianie. Wzrost temperatury elementu aktywnego powoduje powstanie napięcia niezrównoważenia mostka rezystancyjnego i sygnał ten jest następnie proporcjonalnie przetwarzany na wskazanie stężenia gazu. Ponieważ wewnątrz komory czujnika zachodzi reakcja spalania, jego konstrukcja musi być odporna na wysoką temperaturę i czujnik ten nie może działać jako źródło zapłonu w otoczeniu atmosfery zawierającej gaz palny.

Zalety i wady czujników katalitycznych

Podobnie, jak w przypadku innych czujników, czujnik katalityczny także ma swoje wady i zalety. Ze względu na bardzo szerokie stosowanie i względnie prostą konstrukcję czujniki te są najbardziej ekonomiczne i dostępne cenowo, co jest ich istotną zaletą. Poza dobrze sprawdzoną i powszechnie stosowaną konstrukcją inną ważną zaletą tego typu czujników jest to, że zachodzi w nich rzeczywiste spalanie gazu palnego. Oznacza to,

że teoretycznie każdy gaz palny może być przez nie wykrywany. Jednakże ta zaleta może być także poważną wadą, gdy uwzględnić pobór energii i czas pracy przyrządu detekcyjnego. Zapewnienie odpowiedniego zasilania wymaganego do spalania gazu zgodnie z wyżej opisaną technologią wymaga zapewnienia źródła zasilania o znacznie większej energii niż dla jakiegokolwiek innego rodzaju czujnika. Inna potencjalna wada tego rozwiązania wynika wprost z jego zasady działania, to znaczy wymaga ono dostępu do tlenu niezbędnego w procesie spalania, zatem czujnik katalityczny nie wykryje gazu palnego w atmosferze silnie zubożonej w tlen. Innym możliwym problemem, jaki trzeba mieć na uwadze przy korzystaniu z tego typu czujników jest to, że niektóre substancje działają jako inhibitory lub trucizny dla elementu detekcyjnego, wskutek czego zmniejszają zdolność czujnika do wykrywania gazu. Do inhibitorów należą związki halogenowe, zawierające jeden lub więcej z niżej wymienionych pierwiastków: astat, fluor, chlor, brom i jod. Czujnik katalityczny wystawiony na działanie inhibitora może z czasem częściowo odzyskać zdolność działania. Związki siarki, takie jak H₂S i SO₂, silikony (związki krzemooorganiczne) będące w fazie utwardzania, oraz związki ołowiu, są zaliczane do substancji zatrujących czujniki katalityczne. Czujnik katalityczny narażony na działanie substancji zatrującej prawdopodobnie nie odzyska utraconej czułości.

Czujniki Podczerwone

Czym się charakteryzują i do czego służą?

Czujniki podczerwone to drugi najczęściej spotykany typ czujników używanych do wykrywania gazów i par palnych, a przy tym ich popularność stale rośnie. Przez gaz wchodzący do czujnika przepuszczany jest promień światła podczerwonego. Podczerwień może być emitowana przez lampę żarową lub LED. Następnie detektor optyczny dokonuje wybiórczego pomiaru określonych długości fali, które są pochłaniane przez gazy palne. Reakcja detektora optycznego jest optymalizowana pod kątem wybranych gazów, najczęściej są to propan lub metan. Wraz ze wzrostem stężenia gazu wewnątrz czujnika następuje proporcjonalne zwiększenie pochłaniania określonej długości fali światła podczerwonego, co jest przetwarzane na wzrost sygnału detektora. Sygnał ten jest następnie przesyłany do mikroprocesora, gdzie jest porównywany z wzorcem odniesienia, którym jest gaz zerowy. Stężenie gazu palnego jest generowane w odniesieniu do gazu charakterystycznego (tzn. propanu lub metanu).

Zalety i wady czujników podczerwonych

Podobnie, jak w przypadku czujników katalitycznych, czujniki podczerwone gazów palnych mają swoje wady i zalety. Ważną zaletą czujnika podczerwonego (Infrared – IR) względem czujnika katalitycznego jest jego znacznie niższy pobór energii. O ile katalityczny czujnik gazów palnych to najbardziej energochłonny typ czujnika, czujnik IR gazów palnych wyposażony w lampę żarową jako źródło światła pobiera mniej energii, co zwiększa czas pracy przyrządu z tym czujnikiem. Jeszcze mniej energii pobiera czujnik IR gazów palnych zawierający LED jako źródło światła podczerwonego. Porównując czas pracy trzech identycznych przyrządów posiadających takie samo źródło zasilania, gdzie pierwszy z nich pracuje z czujnikiem katalitycznym, drugi z czujnikiem IR z lampą żarową, a trzeci z czujnikiem IR z lampą LED, można stwierdzić, że przyrząd z czujnikiem katalitycznym będzie pracował przez 12 godzin, przyrząd z czujnikiem IR z lampą żarową 36 godzin, a przyrząd z czujnikiem IR z lampą LED może pracować bez przerwy przez nawet 10 dni. Dłuższy czas pracy między wymianą baterii stanowi bardzo istotną zaletę czujników IR. Inną zaletą czujników IR jest możliwość pracy w atmosferach zubożonych w tlen, dzięki czemu doskonale nadają się do stosowania w operacjach przedmuchiwania zamkniętych przestrzeni oraz do wykrywania gazów w innych atmosferach obojętnych. Trzecią zaletą czujnika IR jest to, że w odróżnieniu od czujnika katalitycznego nie ulega on uszkodzeniu wskutek działania trucizn i inhibitorów. Oczywiście, technologia czujników IR ma też pewne wady. Największą wadą jest to, że czujniki IR są ślepe na niektóre gazy palne, w tym np. wodór, acetylen, akrylonitryl, anilina i dwusiarczek węgla. Innym potencjalnym problemem w odniesieniu do czujników IR jest fakt, iż ich reakcja jest silnie zniekształcona w atmosferze o wysokiej wilgotności oraz ulega zmianom wraz ze zmianami temperatury i ciśnienia otoczenia.

Różnice między czujnikami podczerwonymi

Czujniki katalityczne charakteryzują się niezmiennie liniową reakcją na obecność gazów palnych. Oznacza to, że jeśli przyrząd jest skalibrowany na określony gaz, to w obecności innych gazów jego wskazania będą miały charakterystykę liniową o nachyleniu wynikającym ze współczynnika korelacji dla danego gazu. Czujniki podczerwone zachowują się w zupełnie inny sposób. Przyrząd Ventis Pro5 może być wyposażony w dwa różne czujniki podczerwone do wykrywania gazów palnych: czujnik IR metanu (CH₄ IR) i czujnik IR gazów palnych/wybuchowych (LEL IR).

Czujnik IR metanu (CH₄ IR)

Czujnik podczerwony metanu charakteryzuje się silnie nieliniową reakcją na inne gazy palne. Dla przykładu, czujnik IR metanu ma liniową charakterystykę reakcji na metan, ale w obecności pentanu jego reakcja na skali LEL(DGW) będzie znacznie przekraczała rzeczywiste stężenia tego gazu. Ze względu na nieliniową charakterystykę tego czujnika w reakcji na inne gazy nie ma możliwości prostego zastosowania współczynnika korelacji, jak w przypadku czujnika katalitycznego. Ogólna wrażliwość tego czujnika na metan umożliwia wykrywanie za jego pomocą stężenia metanu w zakresie 0-100% objętości. Poniżej znajduje się wykres ilustrujący nieliniowe charakterystyki reakcji czujnika IR metanu na inne gazy.



Tabela poniżej podaje rzeczywiste stężenia kilku gazów palnych widocznych na powyższym wykresie.

| Gaz palny | Wskazanie przyrządu |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Etylen 2,1% obj. (78% LEL/DGW) | Metan 2,5% obj. (50% LEL/DGW) |
| Etanol 1,2% obj. (36% LEL/DGW) | Metan 2,5% obj. (50% LEL/DGW) |
| Propylen 1,1% obj. (55% LEL/DGW) | Metan 2,5% obj. (50% LEL/DGW) |
| Etan 0,7% obj. (23% LEL/DGW) | Metan 2,5% obj. (50% LEL/DGW) |
| Propan 0,65 obj. (31% LEL/DGW) | Metan 2,5% obj. (50% LEL/DGW) |
| Butan 0,6% obj. (32% LEL/DGW) | Metan 2,5% obj. (50% LEL/DGW) |
| Pentan 0,55% obj. (39% LEL/DGW) | Metan 2,5% obj. (50% LEL/DGW) |

W większości przypadków rzeczywiste stężenie mierzonego gazu jest niższe niż wskazywane przez przyrząd. Jednakże nie zawsze tak się dzieje, co widać na przykładzie etylenu i propylenu. Używając czujnika IR metanu do wykrywania innych gazów należy wiedzieć, jaki gaz palny obecny jest w otoczeniu i w jaki sposób czujnik IR metanu reaguje na ten gaz.

Czujnik IR gazów palnych (LEL IR)

W odróżnieniu od czujnika IR metanu, czujnik IR gazów palnych (wybuchowych) charakteryzuje się bardziej liniową reakcją na różne gazy, przy skalibrowaniu na propan. Poniższy wykres przedstawia charakterystyki reakcji czujnika podczerwonego gazów palnych na różnego rodzaju gazy.



Skalibrowanie tego czujnika na propan umożliwia obliczenie rzeczywistego stężenia mierzonego gazu palnego przy zastosowaniu niżej podanych współczynników korelacji.

| Mierzony gaz | Współczynnik korelacji* |
|----------------|-------------------------|
| Butan | 0,97 |
| Pentan | 0,89 |
| Heksan | 0,8 |
| Etanol | 1,65 |
| Etylen | 3,43 |
| Propylen | 1,69 |
| Etan | 1,01 |
| Cyklopentan | 1,62 |
| Metan | 3 |
| Chlorometan | 0,966 |
| Tlenek etylenu | 0,845 |
| Metanol | 2,22 |
| Toluen | 1,18 |
| Izopropanol | 1,43 |
| Aceton | 3,28 |
| Ksylen | 1,51 |
| Octan etylu | 1,69 |
| Dichloroetan | 8,57 |

*Powyższe współczynniki korelacji dotyczą tylko stężeń gazów wyrażonych w % objętości do wartości 2,5% obj. Współczynniki korelacji mogą różnić się między poszczególnymi czujnikami w zakresie $\pm 25\%$.

Stosując wyżej podane współczynniki korelacji do wskazań przyrządu można przeliczyć wskazanie dla propanu na rzeczywiste stężenie mierzonego gazu. Wadą tego czujnika jest ograniczona reakcja na niektóre gazy, takie jak metan, etylen i dichloroetan. Jest to widoczne w powyższej tabeli, gdzie współczynniki korelacji wynoszą od trzech wzwyż.

Który czujnik wybrać?

Omówiliśmy zasady działania oraz zalety i wady poszczególnych technologii, a także różnice między dwoma typami czujników IR oferowanych dla przyrządów Ventis Pro5: czujnik IR CH₄ i czujnik IR LEL/DGW. Poniższe zestawienie może służyć jako krótki przewodnik wyboru właściwego czujnika gazów palnych do Ventis Pro5 pod kątem danego zastosowania.

Która technologia czujnika gazów palnych jest najlepsza dla danego zastosowania: czujnik katalityczny czy podczerwony?

Zalety: Czujnik katalityczny

- Skuteczny w mierzeniu wielu gazów palnych, w tym acetylenu i wodoru
- Czujnik prawidłowo pracuje przy wysokiej wilgotności oraz w dużym zakresie zmian temperatur i ciśnienia

Zalety: Czujnik Podczerwony

- Znacznie wydłużony czas pracy przyrządu
- Przyrząd będzie używany do pomiarów w atmosferach zubożonych w tlen
- W środowisku pracy przyrządu występują substancje działające jak inhibitory i trucizny na czujnik katalityczny

Który czujnik podczerwony jest najlepszy dla danego zastosowania: IR CH₄ czy IR LEL/DGW?

Zalety: Czujnik IR CH₄

- Akceptowalne jest wykrywanie tylko gazu ziemnego lub metanu w postaci wskazań % objętości CH₄
- Wykrywanie głównie metanu lub gazu ziemnego, ale z możliwością obecności innych gazów palnych w atmosferze

Zalety: Czujnik IR LEL/DGW

- Wykrywanie szerokiego zakresu gazów wybuchowych i dopuszczalna słabsza reakcja na metan, etylen i dichloroetan
- Znajomość gazów występujących w otoczeniu i umiejętność stosowania współczynników korelacji
- Wymagane wskazanie w % LEL/DGW zamiast w % obj.