

# 3

## **ROZWÓJ TECHNIKI SENSOROWEJ JAKO INTELIGENTNA SPECJALIZACJA W INŻYNIERII BEZPIECZEŃSTWA**

### **3.1 WPROWADZENIE**

We współczesnych systemach zapewniających bezpieczeństwo pracowników przy obsłudze maszyn w niebezpiecznym środowisku lub bezpieczeństwa przy automatycznej pracy różnych urządzeń produkcyjnych, stosuje się zaawansowane środki techniczne w postaci różnorodnych czujników (sensorów) wykorzystywanych w inżynierii bezpieczeństwa. Czujniki te bazują na wykorzystaniu wielu różnych zjawiskach fizycznych i własności chemicznych struktur tworzących sensor danego zagrożenia. W niniejszym opracowaniu zostaną przedstawione niektóre wybrane obszary zastosowania sensorów dla celów inżynierii bezpieczeństwa m.in. zastosowanie sensorów w kontroli bezpieczeństwa gazowego, w kamerach nadzorujących bezpieczeństwo maszyn oraz w zabezpieczaniu stref pracy.

### **3.2 ROLA CZUJNIKÓW W SYSTEMACH MONITORINGU BEZPIECZEŃSTWA**

Obiekty przemysłowe stanowią bardzo specyficzne środowisko pracy dla instalacji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo. Wynika to głównie z ilości i charakteru zakłóceń narażających urządzenia wchodzące w skład tych instalacji. Zakłócenia elektryczne, wibracje, narażenia chemiczne, zapylenie – to czynniki mogące wpływać na prawidłowe działanie sprzętu, od którego zależy bezpieczeństwo obiektu, maszyn i ludzi w nim pracujących. Wybierając rozwiązania mające sprawdzić się w trudnych warunkach, należy zwrócić szczególną uwagę na jakość poszczególnych urządzeń czujnikowych (sensorów) stanowiących podstawowe elementy w systemie monitoringu bezpieczeństwa.

Mechanizmy decydujące o reakcji czujnika (jego części sensorowej) na obecność i zmiany stężenia substancji chemicznej lub wielkości fizycznych w jego otoczeniu mogą mieć charakter chemiczny lub fizyczny. W zależności od zasady działania sensora, czyli rodzaju procesu fizycznego lub chemicznego zachodzącego w warstwie przypowierzchniowej materiału czułego, sensory można podzielić na takie grupy jak: elektrochemiczne (potencjometryczne, amperometryczne, kulometryczne, konduktometryczne), elektryczne (półprzewodnikowe oparte na tlenkach metali,

piezoelektryczne), grawimetryczne, termometryczne, magnetyczne, tensometryczne, biochemiczne i optyczne (luminescencyjne, spektrofotometryczne) [7].

Każdy czujnik sprzężony jest z układem obróbki sygnału, którego pierwszym stopniem jest układ wzmacniacza umożliwiający wzmocnienie pierwotnego sygnału na potrzeby rejestracji lub przetworzenia analogowo-cyfrowego. Do takiej wstępnej obróbki można również zaliczyć filtrację szumów i linearyzację sygnału sensora. Odrębnym modułem systemu monitorowania jest układ rejestracji i przetwarzania sygnału. Obróbka sygnału realizowana przy użyciu wewnętrznego mikroprocesora pozwala realizować takie operacje jak automatyczna kalibracja czujnika, obliczanie wartości uśrednionych, wyróżnianie wartości maksymalnych lub przekraczających określony poziom. Inne możliwe operacje to przeliczanie (np. na różne jednostki), interpretacja wyników, obrazowanie wyników oraz automatyczne przesyłanie do centrali monitoringu [9].

Dla sprawnego działania systemu monitoringu bezpieczeństwa niezbędne są również urządzenia sygnalizacji zagrożenia w postaci sygnałów akustycznych i optycznych lub sprzężenie sygnalizacji zagrożenia bezpośrednio z pracą maszyny lub systemu urządzeń poprzez automatyczne zatrzymanie maszyny lub procesu produkcyjnego.

### 3.3 ZASTOSOWANIE CZUJNIKÓW W BEZPIECZEŃSTWIE GAZOWYM

Zastosowanie czujników dla utrzymania bezpieczeństwa gazowego ma miejsce tam, gdzie istnieje zagrożenie wybuchem lub zatruciem ludzi z powodu obecności substancji niebezpiecznych takich jak: wodór, metan, acetylen, tlenek węgla, siarkowodór, dwutlenek siarki itp. W szczególności w zakładach przemysłowych takich jak: zakłady chemiczne (np. produkcja acetylenu, związków azotu, kwasów), rafinerie, zakłady górnicze itp.

Szczególnie niebezpieczne są gazy palne i pary cieczy palnych, które tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe, dla których określa się dolną i górną granicę wybuchowości (DGW i GGW). W takich warunkach urządzenia w postaci detektorów (czujników) muszą posiadać budowę iskrobezpieczną oznaczoną zgodnie z normą [12] symbolem II 2G EEx. W tym przypadku system sygnalizacji gazowej powinien być spójny z sygnalizacją pożarową. System sygnalizacji gazowej tworzą zazwyczaj następujące elementy: czujniki gazowe, centrala sygnalizacji, ręczne przyciski alarmowe, sygnalizatory alarmowe oraz linie dozoru łączące poszczególne czujniki. W monitoringu bezpieczeństwa gazowego najczęściej stosowanymi grupami czujników są czujniki z sensorami elektrochemicznymi, półprzewodnikowymi oraz optycznymi [5].

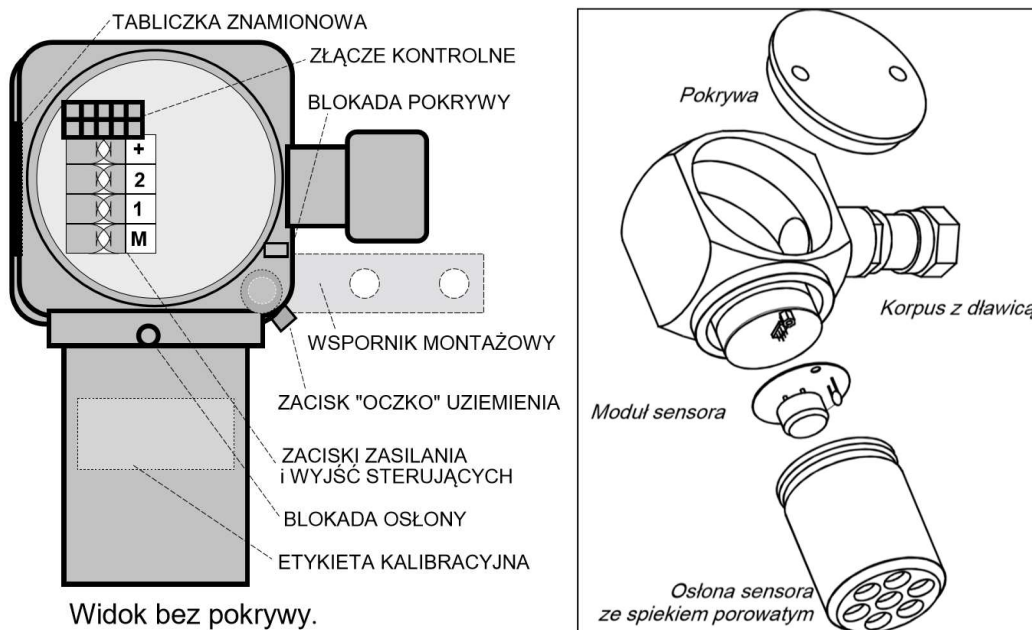
Przykładem zastosowania tych sensorów w przemyśle chemicznym do monitoringu bezpieczeństwa gazowego w procesie produkcyjnym jest seria stacjonarnych detektorów Xgard firmy CROWCON. Xgard reprezentuje szeroką gamę czujników do różnorodnych zastosowań w bezpieczeństwie gazowym. Czujniki te wykorzystują różnego rodzaju sensory: elektrochemiczne, katalityczne, optyczne oraz

termokonduktometryczne. Czujniki katalityczne, odporne na zatrucie, pracują w zakresie wykrywania gazów palnych, w tym węglowodorów, wodoru, amoniaku, paliwa do silników odrzutowych, etyliny i oparów zawierających fluorowce. Czujniki elektrochemiczne stosuje się do wykrywania szerokiego zakresu gazów toksycznych i tlenu. Inne czujniki – termokonduktometryczne stosowane są do monitorowania stężenia objętościowego takich gazów, jak CO<sub>2</sub>, metan, hel i argon. Natomiast specjalny czujnik Sulphistor stosowany jest do wykrywania siarkowodoru i przeznaczony do pracy w wysokich temperaturach przy ekspozycji na wysokie stężenia gazu. W takich warunkach konwencjonalne czujniki elektrochemiczne szybko zawodzą. Czujnik Xgard jest wykonany z bardzo wytrzymałego morskiego stopu aluminium z trwałą powłoką poliestrową, dzięki czemu może pracować w najbardziej surowych warunkach [15].

Inną wersją czujnika serii Xgard jest optyczny czujnik Xgard IR. Jest to detektor gazów w wykonaniu przeciwwybuchowym z czujnikiem na podczerwień wykorzystującym dwie długości fal pomiarowych, zapewniającym niezwykle skuteczne wykrywanie niebezpiecznych gazów i par. Czujnik może być wykorzystywany do detekcji stężenia węglowodorów, toksycznych stężeń dwutlenku węgla. Wytrzymały i niezawodny czujnik posiada konstrukcję z odpornego na korozję aluminium lub stali nierdzewnej w klasie ochrony IP65. Czujnik wyposażony jest w akcesoria do pracy w wilgotnym otoczeniu [15].

Innym przykładem są dwuprogowe czujniki stacjonarne firmy Gazex produkowane dla elektronicznych systemów detekcji gazów wybuchowych lub toksycznych. W systemach aktywnego bezpieczeństwa instalacji gazowej najczęściej stosuje się czujniki Gazex z sensorami katalitycznymi, elektrochemicznymi, półprzewodnikowymi i absorpcyjnymi w podczerwieni (infra-red). Wszystkie typy czujników wyposażone są w wymienny moduł sensora [2]. Inteligentne moduły sensorów wyposażone są w procesory rejestrujące parametry pracy sensora takie jak: ilość alarmów, czas pracy w stanach alarmowych, ilość przekroczeń zakresów pomiarowych oraz stany awaryjne. Czujniki te produkowane są w wersjach pomiarowych (wskazują wielkość stężenia) lub progowych (sygnalizują przekroczenie określonych stężeń gazu). W systemach monitoringu gazowego czujniki te podłączone są do centrali alarmowej, która sygnalizuje stany zagrożenia. Ze względu na możliwość wykonania czujników w obudowach gazoszczelnych iskrobezpiecznych (oznaczenie DEX), czujniki mogą być stosowane w środowiskach zagrożonych wybuchem i pożarem [17]. Podstawową budowę czujnika gazowego firmy Gazex przedstawiono na rys. 3.1.

Specjalne wymagania wobec kontroli bezpieczeństwa gazowego stawia branża górnicza. Specyficzne warunki kształtujące mikroklimat w wyrobiskach górniczych wymagają stosowania nowoczesnych i kompleksowych rozwiązań w postaci niezawodnych systemów telemetrycznych automatycznego monitoringu gazowego.



Rys. 3.1 Schematyczna ogólna budowa czujnika gazów firmy Gazex

Źródło: [17].

Monitoring ten opiera się o ciągłą kontrolę w określonych punktach wyrobiska górniczego stężeń gazów wybuchowych (metan) i gazów trujących (CO, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>) oraz poziomu stężenia tlenu. Czujniki poszczególnych gazów, a w szczególności metanu, ze względu na konieczność kontroli dynamiki wzrostu stężenia w czasie, pracują najczęściej jako detektory dwóch poziomów stężeń. Przekroczenie ustalonych progów stężeń sygnalizują każdorazowo w inny sposób określony dla każdego progu alarmowego (czujniki dwuprogowe). Sygnalizacja stanu przekroczenia alarmowych progów stężeń uruchamia w tym przypadku urządzenia wentylacyjne dla osiągnięcia lepszego przewietrzania wyrobisk, zmniejszając zagrożenie wybuchem (metan) lub zatruciem tlenkami węgla lub niskim poziomem tlenu [4]. Przykładem rozwiązań aparaturowych dla kontroli zagrożeń wybuchem w branży górniczej mogą być produkty firmy EMAG-SERWIS, która specjalizuje się w produkcji metanomierzy, czujników parametrów atmosfery w wyrobiskach górniczych. Produkowane przez firmę czujniki DCH służą do ciągłego monitorowania stężenia metanu w powietrzu za pomocą dwóch niezależnych elementów: pellistorowego detektora gazów dla zakresu stężeń do 5% CH<sub>4</sub> oraz mostka konduktometrycznego dla zakresu stężeń 5-100% CH<sub>4</sub>, przełączanych automatycznie. Wlot powietrza do głowicy czujnika zabezpieczony jest wymiennym filtrem. Czujnik DCH zasilany jest ze stacji naziemnej za pomocą linii telefonicznej. Transmisja danych odbywa się po linii zasilania. Urządzenie posiada dwa wyjścia cyfrowe izolowane galwanicznie służące do automatycznego sygnalizowania niebezpiecznego stężenia metanu w powietrzu. Wartości stężeń alarmowych mogą być ustawiane przez operatora systemu. Urządzenie zamknięte jest w wodoszczelnej, wytrzymałej obudowie [16].

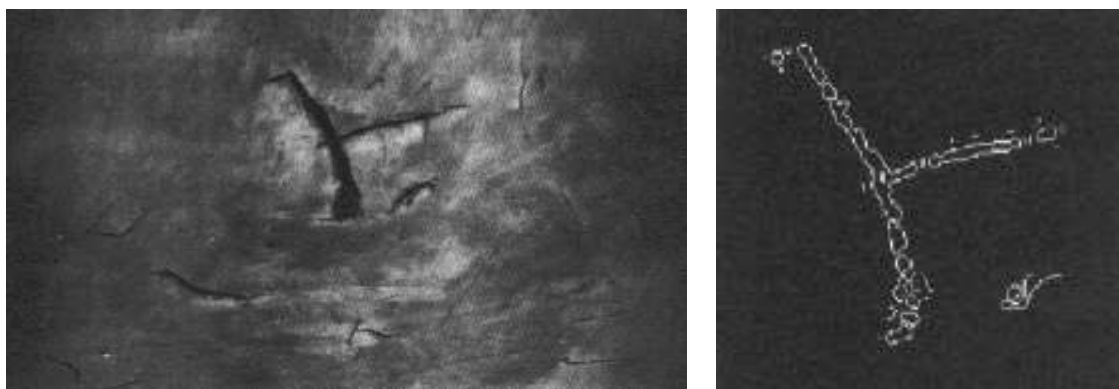
Wszystkie typy sensorów wykorzystywane w wymienionych wyżej systemach stacjonarnych, znajdują również zastosowanie w urządzeniach przenośnych. Przykładem czujnika z sensorem półprzewodnikowym w wersji przenośnej może być czujnik Leakator 10 (producent: Bacharach Inc. USA). Czujnik realizuje wykrywanie i lokalizację wycieków gazów toksycznych lub palnych (w tym również acetylenu) z przewodów, złączy, zaworów, zbiorników, butli i urządzeń gazowych. Może pracować w kombinacji różnych sensorów, które zostały przygotowane dla 15 różnych substancji gazowych takich jak: aceton, acetylen, benzen, butan, etanol, tlenek etylenu, heksan, wodór, pary rozpuszczalników przemysłowych i inne. Czas reakcji sensora półprzewodnikowego do 10 s, a żywotność elementu sensorowego wynosi 5 lat [18].

### **3.4 CZUJNIKI OBRAZOWANIA W KAMERACH DLA KONTROLI BEZPIECZEŃSTWA**

W ostatnich latach coraz częściej stosowane są metody przetwarzania i analizy obrazów na skalę przemysłową. Znajdują one zastosowanie dzięki swojej bezinwazyjności, coraz niższej cenie oraz przede wszystkim większej skuteczności działania. Powszechność zastosowania w warunkach przemysłowych jest widoczna w wielu obszarach: kontroli procesu produkcyjnego, monitoringu bezpieczeństwa oraz kontroli jakości. Prędkości obliczeniowe komputerów z wydajnymi kartami graficznymi pozwalają obecnie na powszechne stosowanie systemów wizyjnych w przemyśle. Stosowane w systemach obserwacyjnych sensory optyczne stanowią detektory promieniowania elektromagnetycznego, przekształcające sygnał optyczny w elektryczny. Do urządzeń stosowanych w systemach obserwacyjnych zalicza się kamery TV światła dziennego, kamery niskiego poziomu oświetlenia (L3TV), noktowizory i kamery termowizyjne. Widmowy zakres pracy obserwacyjnych urządzeń optoelektronicznych obejmuje podczerwień (IR), zakres widzialny (VIS) i ultrafiolet (UV). Podobnie jak obrazy kolorowe dają znacznie więcej użytecznych informacji niż czarno-białe, tak obrazowanie przy pomocy detektorów multispektralnych lub nawet hiperspektralnych pracujących na wielu pasmach widmowych dostarcza więcej informacji niż konwencjonalne obrazy trójbarwne. Z tego powodu w nowoczesnych systemach obserwacyjnych do pasm widzialnych dodaje się pasma w podczerwieni i w ultrafiolecie [9].

Przykładem przemysłowego zastosowania sensorów obrazowania może być zastosowanie kamery 3D SICK Ranger z oświetleniem laserowym do wykrywania uszkodzeń lub oceny stanu taśmy przenośnika taśmowego w górnictwie. Prędkość przesuwu taśmy uniemożliwia wykrycie uszkodzeń przez pracownika. Powstałe uszkodzenia mogą prowadzić nie tylko do zatrzymania ciągu technologicznego, ale również zagrozić bezpieczeństwu pracowników. Zdjęcie fragmentu taśmy oraz odpowiadające mu obrazowanie dla przykładowego uszkodzenia taśmy, pokazano na rys. 3.2. W tym przypadku w przetwarzaniu obrazu wykorzystuje się filtry pozwalające na detekcję krawędzi. Wykorzystywane tu filtrowanie opiera się na

zastosowaniu wybranego operatora matematycznego np. Laplace'a. Działanie to polega na wykryciu w badanym obrazie krawędzi na podstawie zmiany wartości sąsiadujących ze sobą pikseli. Gdy następuje zmiana z wartości 0 na 1 lub odwrotnie w określonym rozmiarze maski, wtedy wykazywana jest krawędź. W ostatecznych wynikach analizy, uszkodzenia taśmy obrazują linie, nanoszone na wynik obrazowania. Zaletą metody obrazowania jest mała wrażliwość na zakłócenia w obrazie [8, 13].



Rys. 3.2 Obraz wizyjny uszkodzonej taśmy (z kamery) po lewej  
oraz wynik obrazowania matematycznym operatorem Laplace'a po prawej

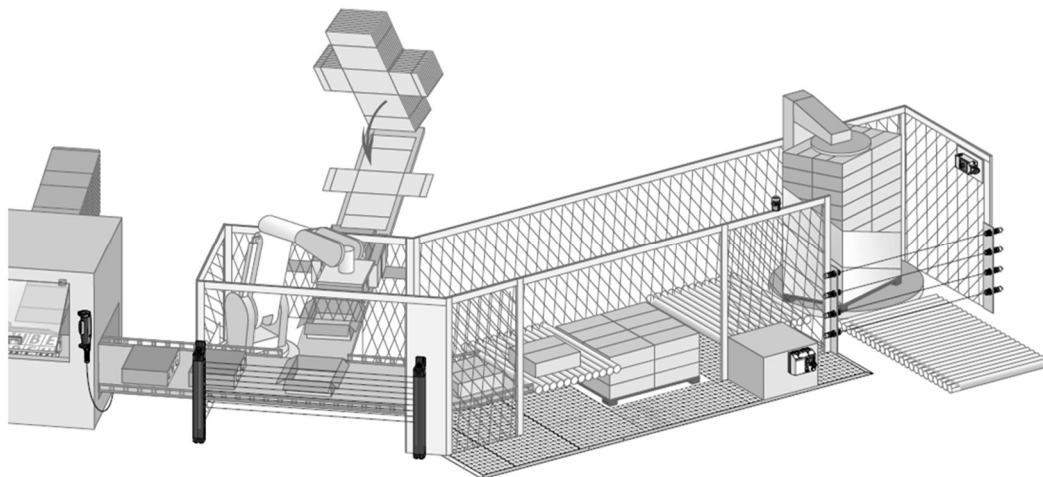
Źródło: [8].

Inny przykład to zastosowanie stacjonarnych kamer termowizyjnych, które wykorzystują zakres promieniowania podczerwonego do diagnozowania bezpieczeństwa urządzeń elektrycznych takich jak np. stacje transformatorowe, aparatura wytwarzająca energię elektryczną oraz do kontroli instalacji i systemów grzewczych itp. [10]. W takich zastosowaniach wiele kamer ma możliwość wyświetlenia różnych temperatur w pełnej palecie barw lub w postaci barwy wyróżnionej obiekty o wysokiej temperaturze na szarym tle (np. wykrywanie pożarów) [6, 11]. Urządzenia te są narzędziami pomocniczymi w kontroli urządzeń, instalacji, obiektów w zakresach widma, którego oko ludzkie, z uwagi na biologiczne ograniczenia nie może dostrzec. Przykładem nowoczesnej kamery termowizyjnej, spełniającej dodatkową funkcję kamery dozoru przyległy obszar jest kamera marki FLIR typ A 310f. Kamera może monitorować temperaturę np. instalacji lub transformatora i równocześnie chronić przyległy obszar jako ochrona perymetryczna [11].

### 3.5 CZUJNIKI OPTYCZNE W SYSTEMACH INTELIGENTNEJ OCHRONY STREF PRACY

W systemach bezpieczeństwa obok elementów mechanicznych, stosuje się różnorodne czujniki do kontroli procesu produkcyjnego. Obecnie bardzo często dla zabezpieczenia stref pracy stosuje się czujniki optoelektroniczne w postaci barier i kurtyn świetlnych. Oba urządzenia posiadają podobną budowę. Składają się z nadajnika emitującego w kierunku odbiornika promienie świetlne (wiązki

promieniowania podczerwonego). Zarówno kurtyny jak i bariery świetlne mają stanowić ochronę przed wtargnięciem człowieka w strefę niebezpieczną. W praktyce stosuje się bariery o wielu wiązkach równoległych, które obejmują obszar chroniony. Kurtyny świetlne posiadają znacznie większą ilość nadajników/odbiorników tworząc kurtyne równoległych promieni położonych blisko siebie. Urządzenia te powinny ponadto posiadać odporność na zakłócenia elektryczne i zakłócenia od innych źródeł światła (modulowanie wiązki określoną częstotliwością). Szczegółowe wymagania dla barier i kurtyń świetlnych określa norma [3]. Przyjęto, że bariery świetlne emitują kilka promieni, natomiast kurtyny kilkanaście lub kilkadziesiąt. Tam, gdzie dla wykrycia człowieka w strefie niebezpiecznej wystarczy niewielka ilość promieni stosuje się bariery świetlne, natomiast kurtyny stosowane są w strefie bezpośrednio przy maszynie i mają na celu wykrywanie przekroczenia kontrolowanej strefy nawet w niewielkim obszarze np. detekcja dłoni lub palca [14]. Na rys. 3.3 przedstawiono sposób umieszczenia bariery i kurtyny świetlnej na obudowie urządzeń stanowiących linię produkcyjną.



**Rys. 3.3 Zastosowanie bariery i kurtyny świetlnej w zabezpieczeniu stref pracy**

Źródło: [19].

Przy wyborze bariery lub kurtyny do konkretnego zastosowania należy wziąć pod uwagę takie istotne cechy urządzenia jak:

- blanking (możliwość wyłączenia niektórych wiązek),
- czas reakcji bariery (czas jaki upływa od przecięcia wiązki do chwili zatrzymania maszyny – zwykle wynosi 2 ms),
- klasa bezpieczeństwa (typ 4 oznacza urządzenia o bezpieczeństwie bliskiego zasięgu – najwyższy stopień zabezpieczenia, typ 2 oznacza urządzenia o mniejszych wymaganiach),
- liczba promieni,
- multiscanning – umożliwia dokonanie wielokrotnego odczytu w jednostce czasu (funkcja stosowana, gdy bariera pracuje w trudnych warunkach otoczenia),
- rozdzielczość (zazwyczaj wynosi ona 14 mm),

- zasięg pola (maksymalna odległość między nadajnikiem i odbiornikiem)
- muting – funkcja pozwalająca na przejście zdefiniowanego obiektu przez strefę ochronną bez uruchomienia alarmu [1].

Przykładem praktycznych zastosowań czujników optycznych stosowanych w barierach i kurtynach świetlnych może być typoszereg ASTER firmy Grein, która jest jednym z największych producentów tych urządzeń przeznaczonych do zastosowania w przemyśle w systemach bezpieczeństwa pracy. Bariery i kurtyny świetlne bezpieczeństwa ASTER serii BE są wyposażone w zewnętrzny moduł kontrolny oraz jednokierunkowy muting z dwoma czujnikami działającymi jednocześnie lub z czterema czujnikami działającymi sekwencyjnie [1].

Wśród urządzeń wykorzystujących czujniki optyczne, obok barier i kurtyn świetlnych wymienia się również urządzenia bezpieczeństwa z jednym promieniem lub wiązką promieni oraz skanery laserowe. Tak różnorodna oferta urządzeń pozwala na wybór odpowiedniego rozwiązania, w zależności od złożoności konkretnej aplikacji na stanowisku pracy. Na rys. 3.4 pokazano zastosowanie kurtyny świetlnej, która zabezpiecza strefę pracy podczas spawania.



Rys. 3.4 Kurtyna świetlna włączona podczas procesu spawania

Źródło: [1].

Niemiecka firma Leuze udostępnia na swojej stronie internetowej program umożliwiający wybór urządzenia z zależności od wymagań użytkownika. W niektórych urządzeniach podstawowe funkcje mogą być wybierane za pomocą przełączników mechanicznych, natomiast funkcje rozszerzone są konfigurowane programowo. Niektóre kurtyny świetlne wyposażone są dodatkowo w system laserowy ułatwiający instalację (oferta szwedzkiej firmy OEM). Kurtyny świetlne



specjalnego przeznaczenia mogą stanowić rozwiązania dla specyficznych warunków środowiskowych (otoczenia).

Przykładem takiego urządzenia jest kurtyna bezpieczeństwa serii deTec4 Core produkowane przez niemiecką firmę SICK w wielu wariantach zakresu i rozdzielczości. Urządzenia te mogą pracować w trudnych warunkach otoczenia m.in. w niskich temperaturach nawet do  $-30^{\circ}\text{C}$  [1].

Bariery i kurtyny świetlne są sensorami, których zadaniem jest stwierdzenie naruszenia chronionej przestrzeni przez człowieka lub elementy maszyn. Są to urządzenia wyposażone w różnorodne funkcje, umożliwiające inteligentne działanie w zmieniającym się środowisku. Najczęściej bariery i kurtyny świetlne wchodzi w skład całego systemu bezpieczeństwa maszyny i urządzeń produkcyjnych, natomiast ich kategoria bezpieczeństwa (typu 2 lub typu 4) powinna być zgodna z wymaganiami określonymi w odpowiednich normach.

### 3.6 PODSUMOWANIE

Urządzenia sensorowe stanowią kluczowy element systemu bezpieczeństwa w nadzorze procesu przemysłowego. Ze względu na swój szeroki zakres zastosowań są obecne w każdym środowisku przemysłowym i w każdych warunkach pracy. Wiele funkcjonujących rozwiązań technicznych urządzeń sensorowych wyposażonych jest w ogromną ilość funkcji umożliwiając inteligentne działanie sensorów, które często stanowią integralną część wyposażenia maszyny. Ciągły rozwój inteligentnej specjalizacji sensorycznej pozwolił zastosować te urządzenia w trudnych i bardzo wymagających warunkach pracy, w wysokich jak i bardzo niskich temperaturach, w znacznym zapyleniu, w środowisku z obecną wibracją. Obecnie sensory są urządzeniami o szerokim zastosowaniu dzięki osiągniętej oczekiwanej czułości, zakresie działania i wysokiej niezawodności.

### LITERATURA

- [1] J. Barczyk, „Przegląd barier i kurtyn świetlnych do systemów bezpieczeństwa” w *Pomiary Automatyka Robotyka*, nr 1/2014, [online] dostęp [https://issuu.com/redakcja\\_par/docs/par\\_01\\_2014](https://issuu.com/redakcja_par/docs/par_01_2014)
- [2] K. Chmielewski, „Zasady stosowania stacjonarnych systemów detekcji gazów”, *Ochrona Mienia i Informacji*, nr 4/2011.
- [3] EN 61496-2: „Bezpieczeństwo maszyn – elektroczułe wyposażenie ochronne – Część 2: Wymagania szczegółowe dotyczące wyposażenia wykorzystującego aktywne optoelektroniczne urządzenia ochronne (AOPD)”, wersja angielska
- [4] J. Ignac-Nowicka, „Analysis of gaseous hazards in mine workings using an automatic monitoring system”, w *Systems supporting production engineering. Monograph*, red. W. Biały, J. Kaźmierczak, Wyd. Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2012
- [5] J. Ignac-Nowicka, „Monitorowanie mieszanin gazowych dla bezpieczeństwa procesu produkcji acetylenu”, w *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*, t.40, Bydgoszcz 2011

- [6] K. Łangowski, „Kamery wziernikowe i termowizyjne w przemyśle i ratownictwie”, *Ochrona mienia i informacji*, nr 1/2013
- [7] W. Nawrocki, „Sensory i systemy pomiarowe”, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2006
- [8] P. Maślak, „Wykorzystanie technik wizyjnych do oceny stanu taśmy przenośnika taśmowego” w *Utrzymanie ruchu*, nr 3/2015.
- [9] Z. Mierczyk, „Zaawansowane technologie monitorowania zagrożeń bezpieczeństwa”, [online] dostęp [www.ptib.pl/pl/component/remository](http://www.ptib.pl/pl/component/remository)
- [10] G. Modliński, „Kamery termowizyjne” w *Systemy Alarmowe* nr 6/2004
- [11] „Ochrona i pomiar temperatury w jednym” w *Zabezpieczenia* nr 5/2012, artykuł firmy Linc Polska
- [12] PN-EN 1127-1: 2001, „Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia”
- [13] D. Sankowski, V. Mosorov, K. Strzecha, „Przetwarzanie i analiza obrazów w systemach przemysłowych”, Wyd. PWN, Warszawa 2011
- [14] A. Wójcik, „Mechaniczne i elektroniczne systemy zabezpieczeń”, wyd. Verlag Dashofer, Warszawa 2004
- [15] [www.cowcon.com.pl](http://www.cowcon.com.pl) – katalog produktów
- [16] [www.emagserwis.pl](http://www.emagserwis.pl) – katalog produktów
- [17] [www.gazex.com.pl](http://www.gazex.com.pl) – katalog produktów
- [18] [www.mera-sp.com.pl](http://www.mera-sp.com.pl) – katalog produktów
- [19] [www.trinics.pl/schneider\\_electric/telemecanique/Schneider\\_Telemecanique\\_bezpieczenstwo\\_maszynowe\\_preventa.pdf](http://www.trinics.pl/schneider_electric/telemecanique/Schneider_Telemecanique_bezpieczenstwo_maszynowe_preventa.pdf)  
[dostępność 20.05.2016]

## ROZWÓJ TECHNIKI SENSOROWEJ JAKO INTELIGENTNA SPECJALIZACJA W INŻYNIERII BEZPIECZEŃSTWA

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono rolę sensorów w systemach monitoringu bezpieczeństwa. Przeanalizowano zastosowanie wybranych grup sensorów dla bezpieczeństwa gazowego oraz dla ochrony stref pracy. Omówiono również zastosowanie sensorów w obrazowaniu dla kamer pracujących w monitoringu bezpieczeństwa maszyn. Dla każdego obszaru zastosowania omówionych sensorów pokazano różne przykłady obecnie stosowanych aplikacji w warunkach przemysłowych. Pokazano zalety i funkcje dostępnych obecnie sensorów na rynku.

**Słowa kluczowe:** inżynieria bezpieczeństwa, sensory, bezpieczeństwo gazowe, proces obrazowania w kamerach, kamery termowizyjne, bariery świetlne, kurtyny świetlne

## DEVELOPMENT SENSOR TECHNOLOGY AS INTELLIGENT EXPERTISE IN SAFETY ENGINEERING

**Abstract:** The article presents the role of sensors in monitoring systems of security. They examined the use of selected groups of sensors for safety gaseous and to protect the work zones. It also discusses the use of imaging sensors for cameras working in monitoring of safety machines. For each application area described sensors showing various examples of applications currently used in industry. Showing the advantages and functions of the sensors currently available on the market.

**Key words:** safety engineering, sensors, safety gaseous, process imaging cameras, infrared cameras, light barriers, light curtains

dr inż. Jolanta Ignac-Nowicka  
Politechnika Śląska,  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze  
e-mail: jolanta.ignac-nowicka@polsl.pl

*Data przesłania artykułu do Redakcji:* 06.2016

*Data akceptacji artykułu przez Redakcję:* 09.2016