

074

A

OŚRODEK MECHATRONIKI

Nazwa ONB/ZNB.

Główny wykonawca

mgr inż. Maciej Oleksiuk

Wykonawcy:

Przeгляд trendów rozwojowych czujników stosowanych w urządzeniach i układach zrobotyzowanego transportu międzyoperacyjnego sterowanych za pomocą programowalnych sterowników.

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

KBN

Kierownik Ośrodka Mechatroniki

mgr inż. Maciej Oleksiuk

ZASTĘPCA DYREKTORA
d/s Badań i Rozwojowych

dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia 30.09.1996

Nr arch. 7339

Nr zlecenia S1664

Analiza deskryptorowa

czujniki, automatyka

Abstrakt

Sprawozdanie zawiera przegląd czujników stosowanych w zautomatyzowanych i zrobotyzowanych stanowiskach i gniazdach transportu międzyoperacyjnego. Podkreślono wymagania stawiane tym czujnikom. Zwrócono uwagę na warunki ograniczające stosowanie poszczególnych rozwiązań.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Nie było

Rozdzielnik

Egz. 1. **OIN**

Egz. 2. **OME**

Egz. 3. **-**

Spis treści

1.	Wstęp	3
2.	.. Funkcje czujników w układach zautomatyzowanego transportu międzyoperacyjnego sterowanych programowalnymi sterownikami przemysłowymi	3
3.	Przegląd czujników potwierdzających wykonanie zadanej czynności	5
3.1.	Czujniki dwustanowe	5
3.2.	Przetworniki	10
4.	Przegląd czujników identyfikujących stan obiektu	13
4.1.	Czujniki dwustanowe	14
4.2.	Przetworniki	23
5.	Przegląd czujników stosowanych w systemach bezpieczeństwa	30
5.1.	Fotoelektryczne sygnalizatory bezpieczeństwa	30
5.2.	Maty i listwy	31
5.3.	Czujniki drgań	33
5.4.	Czujniki gazów i pyłów trujących i wybuchowych	33
6.	Podsumowanie	33

1. Wstęp

Jednym z warunków automatyzacji transportu międzyoperacyjnego oraz prac załadowniczych i wyładowniczych jest wyposażenie tych układów w odpowiednie czujniki identyfikujące stan urządzeń transportowych oraz manipulatorów a także stan otoczenia. Niemniej ważnym zadaniem stawianym czujnikom jest identyfikacja takich elementów stanu maszyn i ich otoczenia aby stworzyć niezbędne warunki bezpiecznej pracy. Wymagania w tym zakresie zawiera między innymi norma ISO 11161.

Różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń oraz obiektów będących przedmiotem transportu a także różne warunki pracy stawiają specyficzne wymagania stosowanym czujnikom. Celem niniejszej pracy jest dokonanie przeglądu najczęściej stosowanych czujników różnych producentów i próba stworzenia przewodnika pomocnego przy doborze czujników.

Zakres niniejszej pracy ograniczony został do oceny czujników z punktu widzenia ich przydatności do wykorzystania w układach zautomatyzowanego transportu międzyoperacyjnego sterowanych programowalnymi sterownikami przemysłowymi. Dlatego świadomie pominięto takie podstawowe parametry metrologiczne czujników jak ich dokładność, rozdzielczość, czułość, histerezę czy liniowość.

2. Funkcje czujników w układach zautomatyzowanego transportu międzyoperacyjnego sterowanych programowalnymi sterownikami przemysłowymi.

Wśród wielu wymagań stawianych różnym urządzeniom sterowanym przemysłowymi sterownikami programowalnymi wymienia się między innymi:

- niezawodną realizację zaprogramowanego cyklu pracy,
- bezpieczną dla obsługi pracę urządzenia w warunkach pracy automatycznej, ręcznej trybu regulacji oraz wszelkich stanów awaryjnych,
- bezpieczne zachowanie się urządzenia w stosunku do współpracujących maszyn oraz obiektu transportu,
- prosta i wygodna identyfikacja aktualnego stanu urządzenia,
- łatwość serwisowania.

W celu optymalizacji wielokryterialnej doboru czujników należy przypisać wagi powyższym cechom z uwzględnieniem roli każdego z czujników w układzie sterowania.

Niezawodna realizacja zaprogramowanego cyklu pracy.

Powyższe wymaganie oznacza dla czujników zainstalowanych w urządzeniu konieczność zapewnienia:

- pewności działania przy określonych parametrach technicznych, rozumianej jako prawidłowa reakcja na mierzony bądź identyfikowany sygnał,
- niezawodności działania w określonych warunkach środowiskowych,
- prawidłowości montażu,
- właściwej kalibracja.

Bezpieczna dla obsługi praca urządzenia w warunkach pracy automatycznej, ręcznej, trybu regulacji oraz wszelkich stanów awaryjnych.

Spełnienie powyższego wymogu polega przede wszystkim na właściwym doborze czujników. W szczególności chodzi o takie oczujnikowanie maszyny aby:

- identyfikować obecność człowieka w strefie zakazanej (niebezpiecznej),
- identyfikować takie stany maszyny w trakcie pracy automatycznej, ręcznej oraz trybu regulacji, w których wskazana lub niezbędna jest interwencja obsługi.

Bezpieczne zachowanie się urządzenia w stosunku do współpracujących maszyn oraz obiektu transportu.

Wszystkie urządzenia manipulujące oraz podające podczas cyklu pracy zajmują położenia kolizyjne w stosunku do obsługiwanych maszyn. Zabezpieczenie przed kolizją następuje na drodze programowej. Zabezpieczenie to może być efektywne jedynie w przypadku prawidłowego doboru czujników, które będą prawidłowo identyfikować stany maszyn.

Przy doborze czujników należy zwrócić uwagę na konieczność identyfikacji możliwie wszystkich stanów awaryjnych, mogących powstać w trakcie pracy urządzenia.

Prosta i wygodna identyfikacja aktualnego stanu urządzenia.

W układach transportu międzyoperacyjnego oraz obsługi i prac za- i wyładowczych oznacza to:

- identyfikację aktualnych położen napędów; sterownik powinien uzyskać potwierdzenie wykonania każdego z zadanych ruchów.
- potwierdzenie obecności transportowanych detali w chwytakach lub gniazdach odkładczych,
- potwierdzenie wykonania zadanych operacji technologicznych,
- potwierdzenie stanów gotowości urządzenia na przyjęcie transportowanego detalu,
- potwierdzenie właściwych warunków pracy a w szczególności prawidłowych zasilen pneumatycznych, hydraulicznych, elektrycznych, próżni,
- spełnienie wymagań warunków otoczenia.

Łatwość serwisowania.

Wymaganie to spełnić można przede wszystkim dzięki takiej zabudowie czujnika w urządzeniu i poprowadzeniu przewodów, aby możliwa była wymiana i kalibracja czujnika bez zbędnych prac demontażowych. W pewnych przypadkach, np. przy zastosowaniu czujników optycznych lub ultradźwiękowych, wygodne może być stosowanie światłowodów lub przewodów prowadzących falę w przestrzeń narażoną na kolizję lub uszkodzenie. Umożliwia to oszczędzenie czujników pracujących w warunkach szczególnego narażenia.

Przy doborze czujników należy zwrócić uwagę na następujące elementy:

- dobór zakresu pracy do możliwych do wystąpienia zakresów zmian mierzonej bądź identyfikowanej wielkości fizycznej,
- dobór parametrów zasilania,
- możliwość właściwego montażu,
- dobór pod kątem niezawodnego działania w rzeczywistych warunkach otoczenia,

Niekiedy uszkodzenie się czujnika, bądź jego nieprawidłowe wskazania prowadzić mogą do niezwykle niebezpiecznych lub kosztownych awarii całych urządzeń lub linii. W

takim przypadku dobór niezawodnego czujnika lub kilku czujników działających niezależnie według różnych zasad działania jest niezbędny. Przykładem takich rozwiązań są czujniki osiągnięcia pozycji skrajnych przez różne manipulatory lub trawersy, po których poruszają się urządzenia o znacznej masie. Oprócz czujników identyfikujących położenia skrajne (czujniki krańcowe, kodery lub rezolwery mierzące bieżące położenie napędu z programowalną trajektorią ruchu) stosuje się czujniki umieszczone na krańcach dopuszczalnego z mechanicznego punktu widzenia zakresu ruchu, które powodują zahamowanie przez wyłączenie napędu. Rozwiązanie takie stanowi dodatkowe zabezpieczenie przed kosztownymi skutkami awarii innych czujników bądź układu sterowania.

Stosowane w manipulatorach i urządzeniach transportowych czujniki pełnią trzy zasadnicze funkcje:

- potwierdzają wykonanie zadanej czynności,
- identyfikują stan obiektu,
- służą do identyfikacji stanów nieprawidłowych lub alarmowych.

W pierwszym przypadku chodzi przede wszystkim o potwierdzenie zajęcia określonej pozycji, po wykonaniu określonego ruchu na sygnał ze sterownika. W prawidłowo zaprogramowanym cyklu pracy wykonanie każdego zadania musi zostać potwierdzone. Dopiero po uzyskaniu potwierdzenia możliwe jest przejście do kolejnego kroku cyklu. Zasada ta stanowi warunek bezpiecznej pracy w trybie automatycznym. Funkcje tę realizuje się zwykle za pomocą najprostszych dwustanowych czujników. Często producenci napędów, zwłaszcza pneumatycznych, wyposażają je w czujniki położenia krańcowych.

W drugim przypadku mogą być to bardzo różne czujniki. Różnorodność ta wynika z tego, że czujniki muszą zidentyfikować często bardzo różne stany i zjawiska. Często zastępują one człowieka. Dobór właściwej metody rozpoznania aktualnego stanu obiektu stanowi często klucz do prawidłowego spełnienia zadania automatyzacji. Informacja o stanie obiektu jest jednak niezbędna, gdyż umożliwia prawidłowy przebieg zaprogramowanego procesu i zapobiega przed kolizją.

Trzecia grupa czujników nastawiona jest na wykrycie stanów nieprawidłowego funkcjonowania urządzenia, lub stanów alarmowych. W układach transportu i manipulacji chodzi tu przede wszystkim o wykrycie niebezpieczeństwa kolizji oraz obecności człowieka w strefie zakazanej podczas pracy automatycznej.

3. Przegląd czujników potwierdzających wykonanie zadanej czynności

Niezawodna realizacja cyklu pracy urządzenia sterowanego programowalnym sterownikiem przemysłowym wymaga potwierdzenia wykonania zadanej czynności. Potwierdzenie to stanowi często jeden z warunków wykonania kolejnego kroku.

3.1. Czujniki dwustanowe.

Na rynku znajduje się cała paleta czujników dwustanowych pracujących z wykorzystaniem różnych zjawisk fizycznych:

- indukcyjne łączniki zbliżeniowe,
- pojemnościowe łączniki zbliżeniowe,
- czujniki fotooptyczne,
- czujniki magnetyczne,
- łączniki,
- czujniki ultradźwiękowe.

3.1.1. Indukcyjne łączniki zbliżeniowe

Indukcyjne łączniki zbliżeniowe są najpowszechniej stosowanymi czujnikami we wszystkich urządzeniach w branży budowy maszyn. Od początku lat osiemdziesiątych dzięki swej niezawodności skutecznie wypierają mikrołączniki przede wszystkim ze względu na większą niezawodność. Przy ich zabudowie należy pamiętać jednak o pewnych ograniczeniach, w szczególności czujniki te powinny być oddalone o ok. 1,5 średnicy od części obudów, a przypadku ich montażu szeregowego odległość pomiędzy nimi powinna być większa od ich średnicy.

Wśród zalet wymienia się między innymi:

- histerezę, która w określonych przypadkach jest dla użytkownika korzystna i jest konstrukcyjnie powiększana,
- standaryzację; producenci zobligowani są wymaganiami norm europejskich dotyczących czujników stało- i przemiennie- napięciowych, dwu-, trój- i czteroprzewodowych przedstawionych w tabeli 1.

Nr normy	Zakres
EN 5008	Łączniki zbliżeniowe DC trój- i czteroprzewodowe, walcowe
EN 5010	Pomiary sterfy nominalnej i częstotliwość działania łączników zbliżeniowych DC i AC
EN 5025, EN 5026	Łączniki zbliżeniowe DC trój- i czteroprzewodowe, prostopadłościennie
EN 50032	Nomenklatura i oznaczenia
EN 50036	Łączniki zbliżeniowe AC dwuprzewodowe, walcowe
EN 5037, EN 5038	Łączniki zbliżeniowe AC dwuprzewodowe, prostopadłościennie
EN 50040	Łączniki zbliżeniowe DC dwuprzewodowe, walcowe
EN 50044	Przyłącza łączników

Tabl. 1. Zestawienie niektórych norm europejskich dotyczących czujników zbliżeniowych.

Ze względu na różnorodne potrzeby użytkownika dostępne są miniaturowe czujniki o średnicy 4 mm i strefie działania 0,8 mm, jak i duże łączniki płaskie o strefie do 150 mm. Ograniczenie miejsca montażu spowodowało konieczność opracowania czujników o długości jedynie 20 mm, przy czym cała elektronika pozostała oczywiście wewnątrz czujnika.

Czujniki mogą być wykonane w wersjach odpornych na różne zewnętrzne oddziaływania nieprzyjaznego środowiska:

- ciśnienia do 500 bar (dla zastosowań wewnątrz cylindrów hydraulicznych),
- poszerzonego zakresu temperatur otoczenia (od -200 °C do +250 °C),
- podwyższonego poziomu zakłóceń elektromagnetycznych,
- środowiska wybuchowego (wykonania Ex),
- zapylenia i wilgotności (wykonanie w klasie IP 67 lub IP 68).

W niektórych zastosowaniach wygodne jest użycie czujnika wykonanego w wersji z oddzieleniem galwanicznym.

Natomiast dla zastosowań do zgrzewarek lub urządzeń spawalniczych (w pobliżu elektrod spawających lub zgrzewających) czujniki wykonywane są w wersji odpornej na oddziaływania znacznych pól elektromagnetycznych

Czułość zadziałania czujników zależy od odległości elementu pobudzającego (parametr czujnika) oraz materiału, z którego jest wykonany ten element. Jeżeli przyjmiemy za 1 efektywność oddziaływania stali węglowej (St7), to inne materiały będą miały efektywność względną przedstawioną w tabeli 2.

Wybrane przykłady czujników przedstawiono w tabeli 3.

Typ czujnika	Podstawowe parametry	Producent
EGT	Średnica zewn. M5, Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość załączeń 2000 Hz, Zasilanie DC	Euchner +Co, D-7022 Leinfelden/Stuttgart, Kohlhammerstr. 16, fax.0711/75 33 16
EHS	Średnica zewn. $\phi 4$, Długość 28 mm Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość załączeń 2000 Hz, Zasilanie DC	Euchner +Co, D-7022 Leinfelden/Stuttgart, Kohlhammerstr. 16, fax.0711/75 33 16
ENG	Wymiary 80x40x115, Zakres do 50 mm, Max. częstotliwość załączeń 5 Hz, Zasilanie DC/AC	Euchner +Co, D-7022 Leinfelden/Stuttgart, Kohlhammerstr. 16, fax.0711/75 33 16
IBDA	Średnica zewn. $\phi 4$, Długość 28 mm Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość załączeń 5000 Hz, Zasilanie DC	Hanesch GmbH, D-7045 Nufringen, Robert-Bosch-Str. 1 Fax. 0 70 32/8 11 99
CNGT	Średnica zewn. $\phi 30 \times 1,5$, Długość 80 mm Zakres 15 - 30 mm, nastawialne Max. częstotliwość załączeń 100Hz, Zasilanie DC	Hanesch GmbH, D-7045 Nufringen, Robert-Bosch-Str. 1 Fax. 0 70 32/8 11 99
BES	Średnica zewn. $\phi 4$ Długość 28 mm Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość załączeń 2000Hz, Zasilanie DC	Balluff, D-7303 Neuhausen/Filder, Gartenstr. 21-25, Fax. 0 71 58/ 91 55
BES	Wymiary 80x80x40 Zakres 50 mm, Max. częstotliwość załączeń 10Hz, Zasilanie AC	Balluff, D-7303 Neuhausen/Filder, Gartenstr. 21-25, Fax. 0 71 58/ 91 55
ITB	Średnica zewn. $\phi 4$ Długość 30 mm Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość załączeń 800Hz, Zasilanie DC	ifm electronics, D-4300 Essen, Teichstr. 4, Fax. 0 201/242 22 00
IAS 20	Średnica zewn. $\phi 4$ Zakres 0,8 mm, Zasilanie DC	RECHNER D-6800 Lampertheim, Gausstr. 4, Fax. 0 6206/3699
921FS0,8	Średnica zewn. $\phi 4$ Długość 15 mm Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość załączeń 2000Hz, Zasilanie DC	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99

Typ czujnika	Podstawowe parametry	Producent
NT 0,8	Średnica zewn. M5 Długość 30 mm Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość załączeń 2000Hz, Zasilanie DC	Visolux, 7570 Baden Baden Im Metzgeranker 7/7 Fax. 0 72 21/5 31 16
ID1MZ	Średnica zewn. M30 Długość 92 mm Zakres 15 mm, Zasilanie DC/AC	Synatel Ltd, Walsall Road, Norton Canes, Cannock, Fax (0543) 27 12 17
IRFM	Średnica zewn. $\phi 6,5$ Długość 20 mm Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość 5000 Hz Zasilanie DC	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314
XS	Średnica zewn. M5 Długość 30 mm Zakres 0,8 mm, Max. częstotliwość 2000Hz, Zasilanie DC	Schneider Group Telemecanique, 40880 Ratingen, Fax. 0 21 02/40 42 56
N190	Wymiary 280x150x68 Zakres 120 mm, Max. częstotliwość 20 Hz Zasilanie DC	Tiefenbach GmbH, Nieronhoferstr. 68, D-45257 Essen, Fax. 0201/48 63-0
871C	Średnica zewn. $\phi 3$ Zakres 0,8 mm, Zasilanie DC	Allen- Bradley, Robert-Bosch-Str. 5, 63303 Dreieich, Fax. 6103 934 330

Tabl. 3. Przykłady indukcyjnych czujników zbliżeniowych wybranych firm.

Material	Współczynnik
Miedź	0,25 - 0,45
Aluminium	0,35 - 0,5
Stal nierdzewna	0,5 - 1
Mosiądz	0,35 - 0,5

Tabl. 2. Współczynniki efektywności oddziaływania na czujniki indukcyjne.

3.1.2. Pojemnościowe łączniki zbliżeniowe

Czujniki te wykorzystywane są przede wszystkim do identyfikacji położenia elementów niemetalowych. Dlatego w mniejszym stopniu przydatne są do potwierdzenia wykonania czynności a częściej wykorzystywane są do identyfikacji stanu obiektu, w szczególności obecności różnych detali w określonym miejscu. Ich przegląd dokonany zostanie więc w p. 4.1. niniejszej pracy.

3.1.3. Czujniki fotooptyczne

Czujniki te w ostatnich latach zrobiły ogromną karierę. Mogą one wykrywać różne przedmioty. Wykonywane są one w dwu wersjach:

- z nadajnikiem i odbiornikiem w jednej obudowie (promień światła musi odbić się od lustra umieszczonego za badanym przedmiotem o ile nie nastąpi przesłonięcie lustra przez przedmiot nieprzepuszczający światła),
- nadajnik umieszczony jest na przeciw odbiornika.

Dużą ich zaletą jest możliwość zastosowania światłowodów, co umożliwia:

- umieszczenie samego czujnika z dala od elementu pobudzającego (np. w przyjaznych warunkach otoczenia),
- dostęp do miejsc o ograniczonej przestrzeni.

Wśród innych zalet wymienia się:

- dużą strefę działania,
- możliwość pracy w trudnych warunkach otoczenia (temperaturze do 250 °C),
- możliwość identyfikacji bardzo małych przedmiotów.

Podobnie jak w przypadku czujników pojemnościowych, czujniki fotooptyczne znajdują zastosowanie głównie do identyfikacji stanu obiektu i ich przegląd zamieszczony zostanie w p. 4. pracy.

3.1.4. Czujniki magnetyczne.

Najbardziej znanym zastosowaniem tych czujników jest potwierdzenie osiągnięcia zadanego położenia przez tłok cylindra. Standardowe wykonanie cylindra pneumatycznego oferowanym przez dowolnie wybranego producenta charakteryzuje się między innymi:

- umieszczeniem magnesów trwałych w tłoku,
- wykonanie gniazd na powierzchni zewnętrznej cylindra w celu umożliwienia umieszczenia tam miniaturowego czujnika magnetycznego.

Czujnik wyposażony jest standardowo w diodę umożliwiającą jego ustawienie bez rozbierania cylindra.

Hallotronowe czujniki pobudzone przez magnes zewnętrzny firmy Honeywell typu SS charakteryzują się miniaturową budową (przykładowe wymiary 4,1x1,5x3,0 mm), są przystosowane do pracy w temperaturze do 125°C i mogą pracować z częstotliwością do 100 kHz.

Przykładem z drugiego bieguna są czujniki firmy Tiefenbach typu WKC, które mogą pracować w zakresie temperatur od -40 °C do + 300 °C przy odległości od magnesu do 80 mm lub NF-30 w wykonaniu IP 67 pracujące na odległość do 160 mm w najcięższych warunkach otoczenia.

3.1.5. Mikrołączniki

Mimo szybkiego rozwoju różnych technik identyfikacji stanu i rozwoju różnorodnych czujników pracujących z wykorzystaniem różnych zjawisk fizycznych, mechaniczne łączniki są w dalszym ciągu popularnym środkiem automatyzacji. Jak podają niemieckie statystyki, poziom wartości produkcji tych czujników od kilku lat nie zmienia się mimo, że ich udział procentowy w rynku oczywiście maleje.

Wśród podstawowych tendencji w produkcji tych czujników wymienia się:

- obniżkę ceny,
- wzrost niezawodności.

Podstawowym kryterium ich stosowania jest praca z dużymi prądami. W tabeli 4 przedstawiono przykładowe parametry kilku wybranych czujników, wybranych producentów. Ograniczenie liczby producentów wynika z daleko posuniętej normalizacji IEC i CENELEC. W zakresie mikrołączników obowiązują normy EN 50 047 i EN 50 041.

Typ czujnika	Podstawowe parametry	Producent
XC	Niezawodność 10^7 do 3×10^7 , IP 65 do 67, wykonanie Ex	Schneider Group Telemecanique, 40880 Ratingen, Fax. 0 21 02/40 42 56
BZ	Wymiary 24,1x17,5x49,3 Skok 0,05mm Prąd 15A Max. temperatura 204 °C,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
SX	Wymiary 8,9x5,1x4,8 Skok 0,13mm Prąd 7A Max. temperatura 204 °C,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
SL	Wymiary 32,4x44,2x18 IP 67, Prąd 5A,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
9EN	Średnica $\phi 17,5$ do $38,1$ mm, Wysokość 24,9 do 69,5 mm, Wykonanie antykorozyjne, Prąd 7A, Zakres temperatur -65 °C do $+90$ °C,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
EX	Wymiary 78,7x112,8x61 Wykonanie Ex, IP 50 Prąd 20A,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
14CE100	Wymiary 49x40x16 Skok 0,13mm Wykonanie Ex, IP 65 Prąd 3A Min. temperatura -40 °C,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
HT	Wymiary 31,8x17,8x49,8 Skok 0,25mm Prąd 10A Max. temperatura 550 °C,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
BZ	Wymiary 24,1x17,5x49,3 Skok 0,05mm Prąd 15A Max. temperatura 204 °C,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99

Tab. 4 . Przykłady parametrów wybranych łączników krańcowych.

3.2. Przetworniki.

Oprócz czujników dyskretnych dla potwierdzenia osiągnięcia zadanej pozycji wykorzystuje się też przetworniki przeważnie proporcjonalne pracujące w technice cyfrowej lub analogowej. W rozdziale tym pominięte zostaną przetworniki stosowane w serwonapędach stanowiące element tego napędu. Przedstawione tu czujniki używane są do sterowania przebiegiem procesu, dla którego napęd stanowi jeden z obiektów regulacji. Na tym poziomie

czujniki używane do realizacji wewnętrznych sprzężeń zwrotnych nie są samoistnym przedmiotem.

Klasycznym przykładem tak rozumianych czujników są czujniki stosowane w zrobotyzowanych gniazdach z robotami pracującymi w wykorzystaniem funkcji adaptacji. Do takich zadań używa się:

- przetworniki liniowych,
- koderów kąta względnego i absolutnego,
- przetworników ciśnienia,
- przetworników siły i momentu.

3.2.1. Przetworniki liniowe.

Przetworniki liniowe wykorzystywać mogą różne zjawiska fizyczne. Najczęściej stosowane są przetworniki:

- indukcyjne,
- ultradźwiękowe,
- pojemnościowe.

3.2.1.1. Przetworniki indukcyjne.

Typ	Parametr	Producent
IWA	Zasięg 0,5 mm, Liniowość $\pm 0,06$ mm, Dokładność 0,1 mm, Wykonanie IP 67 Średnica ϕ 12 mm	Baumer Electric AG, Hummelstr. 17, CH-8500 Frauenfeld, Fax 054 728 11 44
IWA	Zasięg 5 mm, Liniowość $\pm 0,2$ mm, Dokładność 0,4 mm, Wykonanie IP 67 Średnica ϕ 30 mm	Baumer Electric AG, Hummelstr. 17, CH-8500 Frauenfeld, Fax 054 728 11 44
BAW012	Zasięg 3,4 mm, Liniowość 3%, Dokładność 5 %, Wykonanie IP 67 Średnica ϕ 10,8 mm	Balluff GmbH, Gartenstr. 212-25, D-7303 Neuhausen/Filder, Fax. 0 71 58 / 50 10
BAW030	Zasięg 12 mm, Liniowość 3% Dokładność 5 %, Wykonanie IP 67 Średnica ϕ 30 mm	Balluff GmbH, Gartenstr. 212-25, D-7303 Neuhausen/Filder, Fax. 0 71 58 / 50 10

Tab. 5 . Przykłady parametrów przetworników indukcyjnych ciągłych

Przetworniki te stanowią rozwinięcie łączników indukcyjnych. Ich zasięg i liniowość nie są zbyt duże. Ich wadą jest też czułość na rodzaj materiału elementu pobudzającego. Charakteryzują się jednak dużą odpornością na przemysłowe warunki pracy i ze względu na prostotę budowy są chętnie stosowane. W tabeli 5 przedstawiono wybrane parametry przykładowych czujników.

3.2.1.2. Przetworniki ultradźwiękowe.

W wielu zastosowaniach przetworniki indukcyjne nie będą działały prawidłowo ze względu na materiał obiektu lub warunki pracy. W takich przypadkach wygodne jest

stosowanie czujników ultradźwiękowych w wyjściu analogowym. Jako przykład może służyć czujnik 873C firmy Allen Bradley. Umożliwia on identyfikację położenia obiektu w zakresie 0,3 do 1 m za pomocą wiązki stożkowej o kącie 8°. Ma on wyjście analogowe 1 - 9 V; warunki pracy IP 65, od -10 do +60 °C, wymiary $\phi 30 \times 117$ mm.

3.2.1.3. Przetworniki pojemnościowe.

Analogowe przetworniki pojemnościowe są rzadko stosowane. Stąd stosunkowo niewielka oferta rynkowa. Jako przykład można podać czujniki typu KAS firmy Rechner Sensors charakteryzujące się następującymi parametrami:

- zakres do 30 mm,
- powtarzalność 5%,
- liniowość 5%,
- maksymalna częstotliwość pracy do 300 Hz,
- zasilanie DC,
- warunki pracy IP 67,
- temperatura otoczenia 0 do 60 °C.

3.2.2. Kodery kąta względnego i absolutnego.

Kodery opracowane zostały na potrzeby regulacji dokładnych napędów serwo. Niemniej w niektórych układach automatycznego transportu i manipulacji stosowane mogą być jak czujniki mierzące wykonanie obrotu o zadany kąt zwykle większy od kąta pełnego. Dokładność tych czujników jest zwykle za duża w stosunku do potrzeb stanowisk prac załadowczo- rozładowczych, ale ich niezawodność i brak alternatywnych rozwiązań (jeśli nie liczyć wieloobrotowych potencjometrów) powodują ich używanie w takich układach. W tabeli 6 przedstawiono podstawowe parametry użytkowe koderów wybranych producentów.

3.2.3. Przetworniki ciśnienia.

Czujniki ciśnienia stanowią podstawowe wyposażenie instalacji napędów płynowych. Ich podstawowym zadaniem jest zwykle sygnalizacja nieprawidłowego poziomu ciśnienia pracy napędu. Dopuszczalny zakres zmian określony jest przez projektanta układu i jego utrzymanie stanowi jeden z warunków prawidłowej pracy układu. Czujniki te są zwykle dostarczane przez producenta napędów pneumatycznych bądź hydraulicznych.

3.2.4. Przetworniki siły i momentu.

W niektórych zastosowaniach manipulatory wyposaża się w przetworniki siły lub momentu. Pracują one zwykle w jednym z dwu układów:

- kontroli przekroczenia wartości dopuszczalnej,
- adaptacyjnym.

W pierwszym przypadku są to najczęściej układy zabezpieczające przed przeciążeniem manipulatora lub ograniczające siłę zacisku chwytaka, przy chwytaniu wiotkich elementów, które z jakichkolwiek powodów nie mogą być chwywane podciśnieniowo.

W drugim czujniki te mogą być wykorzystane na przykład do korekty trajektorii ruchu robota podczas operacji gratowania lub polerowania odlewów. W tym zastosowaniu najwygodniejszy jest czujnik mierzący niezależnie każdą z trzech składowych momentu i siły.

Lp.	Symbol	Parametry	Producent
1.	BDV	czujnik kąta względnego 1 do 2500 imp/obr,	Baumer Electric AG, Hummelstr. 17, CH-8500 Frauenfeld, Fax 054 728 11 44
2.	BHE	miniaturowy czujnik kąta względnego 30 do 500 imp/obr średnica ϕ 40, długość 21 mm	Baumer Electric AG, Hummelstr. 17, CH-8500 Frauenfeld, Fax 054 728 11 44
3.	BAC	czujnik kąta bezwzględnego, rozdzielczość 1°, wyjście: kod Gray'a	Baumer Electric AG, Hummelstr. 17, CH-8500 Frauenfeld, Fax 054 728 11 44
4.	BFO	czujnik kąta bezwzględnego, rozdzielczość 512 imp/obr, wyjścia: 1. kod Gray'a, 2. kod BCD, 3. kod dwójkowy, wymiary: 60x60x30 mm	Baumer Electric AG, Hummelstr. 17, CH-8500 Frauenfeld, Fax 054 728 11 44
5.	845H, F, K	czujnik kąta względnego do 5000 imp/obr	Allen- Bradley, Robert-Bosch-Str. 5, 63303 Dreieich, Fax. 6103 934 330
6.	845D	czujnik kąta bezwzględnego, rozdzielczość 1024 imp/obr, wyjścia: 1. kod Gray'a, 2. kod BCD, 3. kod dwójkowy, wymiary: ϕ 40,	Allen- Bradley, Robert-Bosch-Str. 5, 63303 Dreieich, Fax. 6103 934 330

Tab. 6. Podstawowe parametry użytkowe koderów wybranych producentów.

3.2.5. Przetworniki próżni

Czujniki te stosowane są przede wszystkim w układach próżni chwytaków podciśnieniowych w celu:

- kontroli prawidłowego poziomu próżni w instalacji próżni,
- kontroli pewności chwytu.

Ta ostatnia funkcja jest bardzo ważna, gdyż zabezpiecza przed upuszczeniem przeniesionego detalu, który w przypadku stosowania chwytaków podciśnieniowych jest zwykle dość delikatny i jego upuszczenie spowodować może nienaprawialne uszkodzenie.

4. Przegląd czujników identyfikujących stan obiektu

Prawidłowa identyfikacja stanu otoczenia urządzeń i układów zautomatyzowanego transportu międzyoperacyjnego jest warunkiem niezawodnej pracy takiego zautomatyzowanego gniazda. Niekiedy jest to zadanie niezwykle proste wymagające zastosowania kilku czujników indukcyjnych oraz komunikacji potwierdzającej zakończenie operacji przez poszczególne urządzenia znajdujące się w gnieździe. Często jednak wymaga odwołania się do subtelnych metod pomiaru i identyfikacji. Zdarza się, że jedynym wyjściem

jest specjalne znakowanie przenoszonych elementów wykonywane jedynie w celu umożliwienia ich identyfikacji.

Przedstawiony poniżej przegląd stosowanych czujników nie wyczerpuje całej gamy możliwości. Kryterium wyboru stanowiło tu doświadczenie w realizowanych lub projektowanych stanowiskach. Pojawiające się zadania techniczne określają często nowe potrzeby w zakresie identyfikacji stanu automatyzowanego obiektu.

4.1. Czujniki dwustanowe

4.1.1. Pojemnościowe łączniki zblizeniowe

W celu wykrywania obecności elementów niemetalowych w tym przezroczystych stosowane są pojemnościowe łączniki zblizeniowe. Ich parametry określa norma, stąd wybór wśród producentów wynikać może jedynie z przesłanek pozatechnicznych.

Wybrane przykłady czujników przedstawiono w tabeli 7.

Typ czujnika	Podstawowe parametry	Producent
CNS	Średnica zewn. $\phi 12$, Długość 60 mm Zakres 2 - 4 mm, Max. częstotliwość załączeń 500 Hz, Zasilanie DC,	Hanesch GmbH, D-7045 Nufringen, Robert-Bosch-Str. 1 Fax. 0 70 32/8 11 99
CASOR	Średnica zewn. $\phi 30$, Długość 80 mm Zakres 15 - 30 mm, Max. częstotliwość załączeń 100 Hz/DC, Max. częstotliwość załączeń 25 Hz/AC	Hanesch GmbH, D-7045 Nufringen, Robert-Bosch-Str. 1 Fax. 0 70 32/8 11 99
BCS	Średnica zewn. M10 Długość 60 mm Zakres 0 - 8 mm, Max. częstotliwość załączeń 250Hz, Zasilanie DC Poziom odporności IP 67 Temperatura pracy -25 + 70 °C	Balluff GmbH, Gartenstr. 212-25, D-7303 Neuhausen/Filder, Fax. 0 71 58 / 50 10
BCS	Średnica zewn. 34 Długość 80 mm Zakres 0 - 32 mm, Max. częstotliwość załączeń 15Hz, Zasilanie AC Poziom odporności IP 65 Temperatura pracy -25 + 70 °C	Balluff GmbH, Gartenstr. 212-25, D-7303 Neuhausen/Filder, Fax. 0 71 58 / 50 10
CFRK	Średnica zewn. $\phi 34$ Długość 81 mm Zakres 0 - 20 mm, Max. częstotliwość załączeń 100Hz, Zasilanie DC Poziom odporności IP 63 Temperatura pracy -25 + 70 °C	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314

Tabl. 7. Przykłady indukcyjnych czujników zblizeniowych wybranych firm.

Typ czujnika	Podstawowe parametry	Producent
IMRM	Średnica zewn. M12 Długość 50 mm Zakres 0,2 mm, Max. częstotliwość 20 kHz Zasilanie DC	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314
KB	Średnica zewn. $\phi 34$ Długość 82 mm Zakres 0 - 20 mm, Max. częstotliwość załączeń 20Hz, Zasilanie DC Poziom odporności IP 65 Temperatura pracy -25 + 85 °C	ifm electronics, D-4300 Essen, Teichstr. 4, Fax. 0 201/242 22 00
KAS	Zakres 0 - 22 mm, Max. częstotliwość załączeń 1000Hz, Zasilanie DC Poziom odporności IP 67 Temperatura pracy -25 + 70 °C	RECHNER D-6800 Lampertheim, Gausstr. 4, Fax. 0 6206/3699
KAS	Średnica zewn. M22 do M32 Zasilanie AC lub DC Temperatura pracy -200 + 250 °C	RECHNER D-6800 Lampertheim, Gausstr. 4, Fax. 0 6206/3699

Tabl. 7. Przykłady indukcyjnych czujników zblizeniowych wybranych firm.

Podobnie jak w przypadku czujników indukcyjnych czułość zadziałania czujników pojemnościowych zależy od materiału, z którego jest wykonany pobudzający go element. Jeżeli przyjmiemy efektywność metalu za 1, to inne materiały będą miały różną efektywność względną. Przykłady podano w tabeli 8.

Materiał	Współczynnik
Drewno (w zależności od wilgotności)	0,2 - 0,7
Szkło	0,5
Woda	1
Olej	0,1
PCV	0,6

Tabl. 8. Współczynniki efektywności oddziaływania na czujniki indukcyjne.

4.1.2. Czujniki fotooptyczne.

W ciągu ostatnich lat w tej grupie czujników obserwuje się największy chybą postęp. Stosowane są najczęściej trzy rodzaje tych czujników:

- czujniki na podczerwień lub nadfiolet,
- czujniki na światło widzialne,
- czujniki laserowe.

Czujniki fotooptyczne posiadają różnorodne wykonania w zależności od potrzeb użytkownika.

W najprostszej wersji są to czujniki złożone z dwu części: nadajnika i odbiornika. Nieprzezroczysty przedmiot przemieszczający się pomiędzy nimi przerywa promień i powoduje pobudzenie czujnika. Jako medium używa się podczerwieni, promieniowania spolaryzowanego lub widzialnego, monochromatycznego (przeważnie czerwonego). W przypadku stosowania promieniowania widzialnego w czujnikach instalowane są układy synchronizujące w celu zabezpieczenia się przed zakłóceniami spowodowanymi obcym światłem.

W innej wersji nadajnik i odbiornik znajdują się w jednej obudowie a promień odbija się od specjalnego reflektora lub od obiektu. To rozwiązanie upraszcza sposób podłączenia czujnika.

Material	Współczynnik
Papier biały, matowy 200g/m ² (Kodak)	1
Aluminium anodowane na czarno	1,1 - 1,6
Styropian biały	1
Metal polerowany	1,2 - 2
Bawełna biała	0,5 - 0,8
PCV szare	0,4 - 0,8
Drewno, niekorowane	0,4 - 0,8
Tektura czarna, matowa	0,1 - 0,4

Tabl. 9 . Współczynniki tłumienia odbicia światła widzialnego

W tabeli 10 przedstawiono kilka przykładów czujników tej grupy.

Oznaczenie	Rodzaj pracy	Parametry	Producent
WS/WE160	nadajnik + odbiornik	Wymiary 11x45x23 Zasilanie DC Podczerwień Zasięg do 7 m Odporność IP 67 Temperatura - 25 °C + 55 °C Wykrywanie zbrudzenia	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
WL 160	nadajnik /odbiornik + reflektor	Wymiary 11x45x23 Zasilanie DC Czerwień Zasięg do 2 m Odporność IP 67 Temperatura - 25 °C + 55 °C Wykrywanie zbrudzenia	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
WL 12	nadajnik /odbiornik + reflektor	Wymiary 15x54,2x43 Zasilanie DC Czerwień, laser Zasięg do 13 m Odporność IP 67 Temperatura - 10 °C + 40°C	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63

Tablica 10 Przykłady wybranych czujników fotoelektrycznych.

Oznaczenie	Rodzaj pracy	Parametry	Producent
FZA 08	nadajnik/ odbiornik + obiekt	Wymiary M8x53 Zasilanie DC Zasięg do 50 mm Odporność IP 65 Temperatura 0 + 65 °C Czas zadziałania 2,5 ms	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314
FZA 30	nadajnik /odbiornik + obiekt	Wymiary M30x85,3 Zasilanie DC Zasięg do 2 m Odporność IP 65 Temperatura 0 + 65 °C Czas zadziałania 2,5 ms	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314
FRA 18	nadajnik /odbiornik + reflektor	Wymiary M18x85 Zasilanie DC Zasięg do 2,5 m Odporność IP 65 Temperatura 0 + 65 °C Czas zadziałania 2,5 ms	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314
FZD/FZM	nadajnik +odbiornik	Wymiary 15x60x45 Zasilanie DC Zasięg do 8 m Odporność IP 65 Temperatura 0 + 65 °C Czas zadziałania 2,5 ms	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314
FF-AA	nadajnik +odbiornik	Zasilanie AC/DC Zasięg do 25 m Odporność IP 65 Temperatura -20 + 60 °C	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
6000	Warianty: 1- nadajnik+odbiornik 2- nad/odb + reflektor	Wymiary 12,7x25,4x91,4 Zasilanie AC/DC Zasięg zależny od wariantu pracy Odporność IP 67 Czas zadziałania 1 ms Możliwość wykorzystania światłowodu	Allen- Bradley, Robert-Bosch-Str. 5 63303 Dreieich, Fax. 6103 934 330
9000	Warianty: 1- nadajnik+odbiornik 2- nad/odb + reflektor	Zasilanie AC/DC Zasięg zależny od wariantu pracy: 1- 122 m, 2- 9,15 m Odporność IP 67 Czas zadziałania 2 ms Możliwość wykorzystania światłowodu	Allen- Bradley, Robert-Bosch-Str. 5 63303 Dreieich, Fax. 6103 934 330

Tablica 10 Przykłady wybranych czujników fotoelektrycznych.

Oznaczenie	Rodzaj pracy	Parametry	Producent
OAH	nadajnik /odbiornik + reflektor	Wymiary 100x36x85 Zasilanie DC/AC Zasięg do 0,2 - 0,8 m Odporność IP 67 Temperatura - 25 + 55 °C Czas zadziałania 2 ms	ifm electronics, D-4300 Essen, Teichstr. 4, Fax. 0201/2422200
OT	nadajnik +odbiornik	Wymiary 75x30x19 Zasilanie DC Zasięg do 10 m Odporność IP 67 Temperatura - 25 + 60 °C Czas zadziałania 8 ms	ifm electronics, D-4300 Essen, Teichstr. 4, Fax. 0201/2422200
IS	nadajnik +odbiornik	Wymiary M8x52 Podczerwień Zasilanie DC Zasięg 50 mm Powtarzalność 0,005 mm Odporność IP 67 Temperatura - 30 + 70 °C Czas zadziałania 1 ms	RECHNER D-6800 Lampertheim, Gausstr. 4, Fax. 0 6206/3699
EFAT	nadajnik + odbiornik	Wymiary ϕ 10x31 Zasięg 15 m	Schönbuch Electr., D-7045 Nufingen, Robert-Boschstr. 1, Fax. 07032/81199
SQE	nad./odb.	Zasilanie DC Zasięg 10 m Skupiona wiązka	Festo, 02 261 Warszawa, ul Robotnicza 21/23 Fax. 46 67 22
L60/LK60	nadajnik +odbiornik	Wymiary 97,5x40x67 Podczerwień Zasilanie 220 AC Zasięg 60 m Częstość pracy 25 Hz Odporność IP 65 Temperatura - 20 + 60 °C Czas zadziałania 20 ms Stożek promienia 1,2° Trwałość 100.000 h	Visolux- Elektronik 1000 Berlin Gitschinerstr. 61 Fax. 184 712
BOS 18 M	nadajnik/odbiornik + reflektor	Wymiary M18x80 Zasilanie DC Zasięg 4000 mm Częstość pracy 20 Hz Odporność IP 67 Temperatura 0 + 50 °C Czas zadziałania 5 ms	Balluff GmbH, Gartenstr. 212-25, D-7303 Neuhausen/Filder, Fax. 0 71 58 / 50 10

Tablica 10 Przykłady wybranych czujników fotoelektrycznych.

Oznaczenie	Rodzaj pracy	Parametry	Producent
SMTR	nadajnik +odbiornik	Wymiary M18x90 Zasilanie DC Zasięg 0,5- 25 m Częstość pracy 50 Hz Odporność IP 67 Czas zadziałania 8 ms	Sitron, Chromstr. 20, D3004 Isernhagen Fax. 0511/722166
SMTR	nadajnik +odbiornik	Wymiary M30x100 Podczerwień Zasilanie DC Zasięg 0- 6 m Częstość pracy 50 Hz Odporność IP 67 Czas zadziałania 8 ms Wykonanie przeciwwybuchowe EExd II CT 6	Sitron, Chromstr. 20, D3004 Isernhagen Fax. 0511/722166

Tablica 10 Przykłady wybranych czujników fotoelektrycznych.

Bardzo ważną zaletą jest możliwość wyposażenia czujnika w światłowód o minimalnych wymiarach, co umożliwi umieszczenie końcówki czujnika w ograniczonej przestrzeni a także w skrajnie trudnych warunkach środowiskowych.

Czujniki te wykonywane są też w wersjach Ex.

W tabeli 9 przedstawiono tłumienie promieniowania widzialnego odbijanego od obiektu.

4.1.3. Czujniki ultradźwiękowe.

Czujniki ultradźwiękowe pozwalają na bezdotykową identyfikację stanu obiektu, zwłaszcza przedmiotów przezroczystych, dielektrycznych. Klasycznymi przykładami zastosowań są czujniki kontrolujące poziom napełnienia naczyń cieczą lub proszkiem, obecność przedmiotów w przezroczystym naczyniu, obecność taśmy itp.

Przy stosowaniu czujników ultradźwiękowych należy pamiętać o ograniczeniach wynikających z możliwości wzajemnego zakłócania się czujników. Minimalna odległość pomiędzy osiami dwu równolegle umieszczonych czujników w przypadku, gdy zwrócone są one ku sobie powinna być większa niż 1,5 do 3,5 m a gdy zwrócone są w przeciwne strony - conajmniej 0,1 m do 0,5 m (w zależności od typu czujnika i producenta). Źródłem zakłóceń może być też ściana usytuowana równolegle do osi fali. Dlatego zaleca się umieszczanie czujników w odległości większej niż 0,15 m od ścian.

Pewne ograniczenia stwarza też rodzaj powłoki oraz jej kąt ustawienia w stosunku do kierunku propagacji fali. W przypadku gładkich powierzchni zaleca się czujnika tak, aby kąt ten wynosił 83° do 97°.

Wykrywanie gąbki, tekstylii, waty, filcu i tego typu materiałów związane jest ze znacznym pochłanianiem fali, co należy przewidzieć wybierając miejsce zamocowania czujnika.

Czujniki ultradźwiękowe wykrywają dobrze obiekty o długości krawędzi większej niż 25 mm z różnych odległości. Niemniej możliwa jest taka regulacja czujnika, aby wykryć obiekt w wymiarach 0,02 mm.

Wśród ograniczeń w stosowaniu tych czujników wymienić należy:

- temperaturę obiektu większą niż 100 °C,

- wiatr powyżej 10 m/s,
duże stężenie cząstek stałych w powietrzu powodujące błąd w określeniu odległości.

Symbol	Typ	Parametry	Producent
UST 1000	nad/odb	Wymiary 40x40x118 Częstotliwość fali 200 kHz Zasilanie DC Zasięg 20 - 100 cm Częstość pracy 5 Hz Odporność IP 65 Temperatura pracy 0 - 60 °C Kąt stożka 12°	Visolux- Elektronik 1000 Berlin Gitschinerstr. 61 Fax. 184 712
US	nad +odb	Wymiary 40x25x12 Częstotliwość fali 40 kHz Zasilanie DC Zasięg 1,5 - 20 cm Częstość pracy 100 Hz Odporność IP 67 Temperatura pracy 0 - 60 °C Kąt stożka 60°	Visolux- Elektronik 1000 Berlin Gitschinerstr. 61 Fax. 184 712
US	nad/odb	Wymiary ϕ 46,5x110 Częstotliwość fali 40 kHz Zasilanie DC Zasięg 50 - 400 cm Częstość pracy 10 Hz Odporność IP 65 Temperatura pracy 0 - 60 °C Kąt stożka 40°	Visolux- Elektronik 1000 Berlin Gitschinerstr. 61 Fax. 184 712
945	nad/odb	Wymiary M18 Zasięg 100 - 200 cm Częstość pracy 60 Hz Kąt stożka 6°	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
U	nad/odb	Wymiary 30x19x65 Częstotliwość fali 220 kHz Zasilanie DC Zasięg 50 - 500 cm Odporność IP 65 Temperatura pracy 0 - 60 °C Kąt stożka 10°	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314
UZ	nad/odb	Wymiary M30x101 Częstotliwość fali 220 kHz Zasilanie DC Zasięg 10 - 60 cm / 12 - 70 cm Możliwość wykrywania w dwu nastawialnych punktach Odporność IP 65 Temperatura pracy 0 - 60 °C Kąt stożka 10°	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314

Tablica 11 Wybrane przykłady czujników ultradźwiękowych.

Mimo powyższych ograniczeń czujniki ultradźwiękowe stosowane są w wielu urządzeniach w następujących wykonaniach:

- nadajnik i odbiornik w jednej obudowie, fala odbija się od identyfikowanego obiektu, nadajnik i odbiornik umieszczone są naprzeciw siebie i wykrywają obiekty znajdujące się pomiędzy nimi.

Nadajniki pracują zwykle z jedną z dwu częstotliwości- 40 kHz lub 200 kHz.

W tablicy 11 przedstawiono kilka wybranych przykładów czujników tej grupy.

4.1.4. Czujniki specjalne

Automatyzacja polega na zastąpieniu człowieka w procesie produkcji przez automat. Prawidłowe działanie automatu wymaga między innymi właściwej interpretacji stanu otoczenia oraz obiektu automatyzacji, gdyż to warunkuje podjęcie odpowiedniej decyzji przez układ sterowania. Człowiek mimo, że jego zmysły mają wiele ograniczeń, nieobiektywności, dzięki umiejętności uczenia się oraz jednoczesnego korzystania z różnych informacji jest w wielu przypadkach trudny do zastąpienia przez klasyczne czujniki. Dlatego w niektórych rozwiązaniach poszukuje się różnych, specyficznych czujników pozwalających na zidentyfikowanie wystąpienia danego zjawiska.

Rzeczywistość okazuje się tak bogata, że nie ma możliwości zestawienia wszystkich nietypowych czujników stosowanych w urządzeniach i układach zautomatyzowanego transportu międzyoperacyjnego sterowanych za pomocą programowalnych sterowników przemysłowych. Dlatego ograniczono się do kilku rodzajów czujników.

4.1.4.1. Czujniki wykrywające przepływ płynu

Symbol	Parametry	Producent
AWM2200V	Natężenie przepływu -60 do 60 cm ³ /min Ciśnienie -5 do 5 mbar Czas reakcji 3 ms Czułość 4mV/mbar Temperatura pracy -25 do 85 °C	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
AWM3100V/3300V	Natężenie przepływu gazu 0 do 200 cm ³ /min Natężenie przepływu cieczy 0 do 1000 cm ³ /min Czas reakcji 3 ms Temperatura pracy -25 do 85 °C	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
SFM 12 ABA	Prędkość przepływu płynu 0,03 do 15 m/s Ciśnienie medium 30 bar Czas reakcji 1 do 10 s Poziom ochrony IP 67 Temperatura pracy -25 do 85 °C	ifm electronics, D-4300 Essen, Teichstr. 4, Fax. 0201/2422200
SFM 12 ZBB	Prędkość przepływu cieczy 0,03 do 3 m/s Prędkość przepływu gazu 0,05 do 15 m/s Ciśnienie medium 30 bar Czas reakcji 1 do 10 s Poziom ochrony IP 67 Temperatura pracy 0 do 120 °C dla cieczy, 0 do 100°C dla gazu	ifm electronics, D-4300 Essen, Teichstr. 4, Fax. 0201/2422200

Tabl. 12. Wybrane przykłady czujników przepływu.

W niektórych zadaniach niezbędna jest kontrola faktu wystąpienia niewielkiego strumienia objętości, bez konieczności pomiaru jego wartości. Jako przykład może tu służyć kontrola wykonania przedmuchu, płukania, natrysku środka chemicznego itp. Sama kontrola otwarcia zaworu jest niewystarczająca wobec możliwości zarastania dyszy lub wystąpienia innych uszkodzeń. Przy bezbarwnym płynie czujniki wykrywające niewielki przepływ są niezwykle wygodne. Przykładowe parametry takich czujników przedstawiono w tabeli 12.

4.1.4.2. Czujniki rozróżniające barwę, kontrast rodzaj powierzchni.

Symbol	Parametry	Producent
CRS301 rozpoznawanie kolorów	Szybkość przetwarzania, zależna od warunków oświetlenia do 30 ms, Pamięć trwała- przechowuje zapamiętane kolory po wyłączeniu, Czułość w całym zakresie światła widzialnego od 400 do 800 nm, Wyjścia: - 8 wyjść kolorów, - 1 wyjście gotowości, Złącze RS232C/485 Poziom ochrony IP 65 Temperatura pracy 0 do 40 °C	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
CS50, rozpoznawanie kolorów	Czas reakcji 1 do 40 ms, Metoda analizy koloru- trójbożcowa (czerwony, zielony, niebieski) Liczba zapisanych danych o kolorach odniesienia- 3 kanały Złącze RS232 Temperatura pracy 0 do 40 °C	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
CS3 rozpoznawanie kolorów	Wymiary 31x80x70, Wykrywanie trzech programowanych kolorów, Częstotliwość pracy 250 Hz, Poziom ochrony IP 67 Temperatura pracy -10 do 55 °C	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
LUT wykrywanie świecenia	Wymiary 27x88x85,2 Wykrywanie luminescencji, Światło ultrafioletowe Częstotliwość pracy 1 kHz, Poziom ochrony IP 65 Temperatura pracy -10 do 55 °C	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
KT 5 wykrywanie poziomu	Wymiary 30,4x87,4x56, Wykrywanie szarości, Światło czerwone, zielone lub laser w zależności od typu Częstotliwość pracy 10 kHz, Poziom ochrony IP 67 Temperatura pracy -10 do 55 °C	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63

Tabl. 13. Wybrane przykłady przetworników koloru i kontrastu.

W elastycznych systemach produkcyjnych na linii znajduje się często kilka wykonań produktu różniących się jedynie barwą lub stanem powierzchni. Wykrycie z jakim wykonaniem mamy do czynienia w przypadku nie stosowania systemów znakowania palet wymaga zastosowania czujników rozróżniających barwę, kontrast lub rodzaj powierzchni. szarości

Innym obszarem zastosowań takich czujników jest zadanie potwierdzenia wykonania pokrycia powierzchni lub wykrycia oznakowania powierzchni za pomocą znaku barwnego.

W tabeli 13 przedstawiono kilka przykładów takich czujników.

4.1.4.3. Czytniki kodów kreskowych.

Rozwój techniki komputerowej przyniósł w ciągu ostatnich lat upowszechnienie kodów kreskowych. Stosowane powszechnie w handlu i transporcie coraz częściej wykorzystywane są również w procesie produkcji. Ponieważ znakowanie za pomocą kodów kreskowych stanowi cały system, w którym czytniki stanowią jedynie jeden i to nie najważniejszy element, rozważania na ten temat ograniczone zostaną do pewnych, ogólnych cech tego systemu obserwowanych z punktu widzenia użytkownika.

W elastycznych systemach produkcyjnych znakowanie to ułatwia sterowanie produkcją. Oznakowany detal poddawany może być różnym procesom obróbki i montażu w zależności od aktualnego planu produkcji. Informacja o tym niesiona jest wraz z detalem na podstawie oznaczonego kodu. W przypadku dużego podobieństwa detalu takie oznakowanie może być jedynym wyróżnikiem możliwym do wykorzystania przy automatyzacji procesu wytwórczego.

Kody mogą być naniesione na detal za pomocą druku lub naklejek. Metoda znakowania dobierana jest w zależności od rodzaju operacji technologicznych wykonywanych na danym detalu- oznakowanie musi być trwałe oraz umożliwiać bezbłędny odczyt.

W przypadku stosowania obróbki cieplno- chemicznej stosuje się niekiedy płytki ceramiczne, na których umieszcza się znakowanie.

Znaczenie bezbłędного odczytu widać na przykładzie sterowania produkcją na podstawie informacji zawartych za pomocą tego kodu. Innym przykładem może być znakowanie lekarstw i możliwe konsekwencje pomyłki przy identyfikacji rodzaju lekarstwa.

Przy wyborze systemu należy w pierwszej kolejności zdecydować się na typ kodu. W przypadku stosowania kodów o dwu grubościach pasków stosowany jest zwykle jeden z jedenastu standardowych kodów. Możliwe jest też wykorzystywanie innych, standardowych kodów, w tym kodów matrycowych.

Jednym z interesujących rozwiązań jest zapisanie standardowego kodu w postaci współcentrycznych pierścieni. Ustawienie czujnika czytającego wzdłuż promienia umożliwi niezawodny odczyt niezależnie od położenia detalu, co może być wygodne przy produkcji detali osiowo symetrycznych. Rozwiązanie to pozwala na znaczne oszczędności przy pracach załadowczo- rozładowczych takich detali w zautomatyzowanych liniach produkcyjnych, dzięki ograniczeniu potrzeby pozycjonowania detalu dla wykonania odczytu.

4.1.4.4. Ultra dokładne łączniki mechaniczne.

W niektórych przypadkach niezbędne jest wykrycie położenia elementu z dokładnością 1 μm . Stosuje się to np. do określenia dokładnego położenia podczas manipulowania, wykrycie odkształceń występujących pod wpływem obciążenia, ciśnienia lub deformacji termicznych. Do takich celów użyteczne mogą być ultra dokładne łączniki mechaniczne.

Łączniki te posiadają twardą, trudnoscieralną końcówkę i charakteryzują się powtarzalnością $\pm 1 \mu\text{m}$ i histerezą 2 μm . Dzięki złoconym stykom zapewniają trwałość 10^7 zadań. Dopuszczalna częstotliwość pracy wynosi 10 Hz. Czujniki te wykonywane są w kilku wersjach elektrycznych zarówno NO jak i NC; między innymi:

- 24 V AC, 50 mA,
- 15 V DC, 2 mA,
- 10 - 30 V DC, 100 mA.

W celu poszerzenia zakresu zastosowań ich producent (Baumer electric) oferuje kilkanaście wykonania mechanicznych i sposobów mocowania. Przy montażu najważniejsze jest zapewnienie poosiowego obciążenia czujnika. Czujniki wykonane są w czterech wariantach zadziałania pod obciążeniem siłą od 30 G do 100 G.

Czujniki mogą pracować w temperaturze od -20 do + 75 °C, a wykonane są w klasie odporności IP 67.

4.2. Przetworniki

4.2.1. Przetworniki fotooptyczne i laserowe

W niektórych zautomatyzowanych stanowiskach stosuje się czujniki fotoelektryczne z wyjściem analogowym. Wykorzystanie promieniowania zapewnia wygodny, bezdotykowy pomiar położenia. W tabeli 14 przedstawiono parametry niektórych, dostępnych na rynku czujników.

Typ	Parametry	Producent
WTA 24	Wymiary 27x88x65, Zasilanie DC, Zasięgi: 250 - 350 mm, 600 - 1200 mm, 1000 - 3000 mm, Wyjście 4 - 20 mA, Dokładność: 0,5; 9; 100 mm Promieniowanie podczerwone, Temperetura pracy -10 °C do +55 °C Odporność IP 67	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
DME 200	Wymiary 54x105x138, Zasilanie DC, Zasięgi: 100 - 2000 mm, 0,1 - 130 mm, Wyjście 0 - 20 mA, 4 - 20 mA, Promieniowanie laserowe lub czerwone, Temperetura pracy -10 °C do +45 °C Odporność IP 65	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63

Tabl. 14. Czujniki fotoelektryczne z wyjściem analogowym.

4.2.2. Przetworniki ultradźwiękowe

W warunkach dużego zapylenia zamiast czujników fotoelektrycznych z wyjściem analogowym stosować można przetworniki ultradźwiękowe. W tabeli 15 przedstawiono parametry niektórych, dostępnych na rynku przetworników.

Typ	Parametry	Producent
945-L4Y-2D-1CO	Wymiary M18, Zasięg 100 - 600 mm, Wyjście 1-6 VDC, Kąt wiązki 8°	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
940-A4Y-2E	Wymiary M30, Zasięg 150 - 1200 mm, Wyjście 0,7-10 VDC, Kąt wiązki 6 lub 9°	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
942-M6A-2D	Wymiary M30, Zasięg 500 - 6000 mm, Wyjście 0-10 VDC lub 4-20 mA, Kąt wiązki 6°	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
UNAM 30	M30 x 70 lub 100 Zasilanie DC, Częstotliwość fali 220 kHz, Liniowość 3% lub 2%, Czas odpowiedzi 0,1s, Zasięg 100 - 700 mm, Wyjście 0-10 VDC lub 4-20 mA, Kąt wiązki 10°, Odporność IP 65, Temperatura 0 °C do +60 °C	Baumer AG, Hummelstr. 17, CH Frauenefeld, 0793 983 314

Tabl. 15. Czujniki ultradźwiękowe z wyjściem analogowym.

4.2.3. Kamery cyfrowe

Ostatnie lata, dzięki postępowi w technice komputerowej, przyniosły szybki rozwój kamer cyfrowych. W zautomatyzowanych i zrobotyzowanych liniach produkcyjnych stosowane są one głównie do realizacji czterech grup zadań:

- kontroli jakości produkcji,
- rozpoznania położenia detali,
- rozpoznania rodzaju detali w elastycznych systemach produkcyjnych,
- rozpoznania otoczenia w zrobotyzowanych stanowiskach z robotami mobilnymi, inspekcyjnymi i serwisowymi.

W przypadku konieczności pomiarów skomplikowanych kształtów, wymiarów o trudnych do ustalenia bazach, niewielkich otworów itp., przy wymaganej dużej wydajności, systemy wyposażone w kamery CCD są nie do zastąpienia. W jednym z zastosowań kamery zapewniają między innymi kontrolę wykonania otworu ϕ 0,5 mm z dokładnością $\pm 0,03$ mm w czasie 67 ms.

W zadaniach montażowych oraz w pracach typu manipulacyjnego, zwłaszcza przy różnorodnej produkcji realizowanej w elastycznych systemach produkcyjnych rozpoznanie właściwego wykonania lub usytuowania detalu lub zespołu montażowego może być wykonane jedynie za pomocą kamery cyfrowej, przy czym w prostszych rozwiązaniach wystarczyć mogą kamery linijkowe.

W stanowiskach z robotami mobilnymi, inspekcyjnymi i serwisowymi wymagania w stosunku do kamer są największe - oczekuje się identyfikacji zmieniającej się przestrzeni w zmiennych warunkach oświetlenia. Przejście od etapu badań w etap prac wdrożeniowych

możliwe jest dzięki zastosowaniu logiki rozmytej oraz równoległym przetwarzaniu danych w transputerach zapewniających pracę w czasie rzeczywistym.

We wszystkich powyższych przypadkach kamera stanowi jeden z elementów systemu, na który poza nim składają się:

- komputer,
- oprogramowanie bazowe,
- oprogramowanie aplikacyjne,
- oświetlanie,
- układy we/wy.

Dla przykładu, konfiguracja takiego systemu DVS 100 firmy Datalogic Int. GmbH jest następująca:

- 1 do 4 kamer TC 1000 o rozdzielczości 500x528 pixeli, rozróżniający 64 odcienie szarości, w wykonaniu IP 54,
- 1 do 4 lamp stroboskopowych IL 1000 pracujących z częstotliwością 6 Hz ,o trwałości 5 10⁷
- 1 do 4 czujników krańcowych w celu synchronizacji obrazu,
- klawiatura,
- monitor mono MV 1000,
- jednostka centralna z dwoma procesorami DSP (20 MHz, 40 MOPS) przetwarzająca obraz oraz MC 68 000 dla zarządzania systemem,
- złącza RS 232, RS 485,
- pakiet DVOS pracujący w czasie rzeczywistym,
- pakiet aplikacyjny SDP-01 pracujący w środowisku MS-DOS.

Wybór kamery związany jest więc z analizą potrzeb stawianych przez zautomatyzowane urządzenie oraz możliwości całego systemu przetwarzania obrazu.

4.2.4. Przetworniki temperatury

Jedną z istotnych przesłanek decyzji o automatyzacji jest odsunięcie człowieka od prac niebezpiecznych lub uciążliwych. Do takich prac zalicza się niewątpliwie procesy gorące. Sterowanie w takim procesie wymaga znajomości temperatury różnych obiektów. Do jej pomiaru wykorzystuje się dwa typy czujników:

- czujniki oporowe i termopary (czujniki dotykowe),
- pirometry (bezdotykowe).

Pierwsze z nich wykonuje się zwykle na bazie:

- rezystora Pt100 wg ICE 751, rzadziej Pt500, Pt1000 lub Pt2000,
- termoelementu Fe-CuNi, NiCr-NiAl, PtRh10-Pt wg ICE 584-1.

Ze względu na różne miejsca zastosowań czujniki te mogą mieć różną postać, jak na przykład:

- czujniki przylgowe o grubości 0,5 mm, przeznaczone do pracy w temperaturze od -200 do +200 °C,
- czujniki przylgowe o grubości 0,3 mm, przeznaczone do pracy w temperaturze od -73 do +200 °C ze stałą czasową 0,1 s,
- czujniki cienkowarstwowe o grubości 1 mm, przeznaczone do pracy w temperaturze od -50 do +600 °C w wodzie lub powietrzu,
- w postaci wkręcanej sondy przeznaczonej do pracy pod ciśnieniem, w agresywnym środowisku, w warunkach wibracji, mierzącej temperatury do 1600 °C.

Stanowią one niezwykle prosty i niezawodny czujnik temperatury.

W przypadku konieczności bezdotykowego pomiaru temperatury stosuje się pirometry. Przy ich doborze należy zwrócić uwagę na następujące parametry:

- zakres mierzonych temperatury,
- powtarzalność; w zależności od zakresu mierzonych temperatur powtarzalność wynosi zwykle ± 1 do $\pm 2,5$ K,
- rodzaj materiału- poszczególne czujniki można przeskalować biorąc pod uwagę rodzaj materiału przy tej samej temperaturze, co zmniejsza jego błąd,
- stopień zmian poziomu zanieczyszczenia otaczającego powietrza cząstkami stałymi, co znacznie wpływa na powtarzalność pomiarów,
- temperaturę otoczenia; w przypadku konieczności umieszczenia pirometru w podwyższonej temperaturze należy zainstalować osłonę z nadmuchem chłodzącego powietrza lub chłodzeniem wodą; firma Raytek oferuje pirometry z osłoną umożliwiającą pracę w temperaturze otoczenia do 315 °C, przy pomiarze temperatury do 3000 °C,
- czas pomiaru; niewiele jest pirometrów zapewniających dokładny pomiar przy czasie ekspozycji krótszym niż 0,2 s,
- średnicę koła, którego średnia wartość temperatury zostanie zmierzona; odpowiednie układy ogniskujące umożliwiają ograniczenie tej średnicy; zwykle konkretny pirometr przeznaczony do pracy w określonym zakresie temperatur ma minimum powierzchni w określonej odległości od pirometru,
- postać sygnału wyjściowego; w wielu zastosowaniach obok sygnału analogowego przeznaczonego do wykorzystania w układach regulacji, potrzebna jest możliwość określenia dwu poziomów- dolnego i górnego- jeżeli temperatura znajduje się pomiędzy nimi, proces można kontynuować, jeśli nie, należy przerwać.

Parametry pirometrów przedstawiono na podstawie danych następujących producentów:

- Keller GmbH, D-49470 Ibbebüren-Laggeenbeck, Fax (05451)85412,
- Raytek GmbH, D-13189 Berlin, Fax 49-30/471025-1.

4.2.5. Czujniki hałasu i drgań

Proces modernizacji istniejących maszyn i urządzeń poprzez automatyzację polega na zastąpieniu człowieka przez automat. Czasem niezwykle trudno jest zidentyfikować odbierane przez człowieka jednocześnie za pomocą wszystkich zmysłów wystąpienie jakiegoś zjawiska. Przydatne w tym względzie okazać mogą się czujniki pomiaru drgań i hałasu. Czujniki te omawiane są razem mimo, że mierzą różne zjawiska, ze względu na jednoczesne ich stosowanie zwłaszcza w bardziej rozbudowanych systemach.

Do pomiarów hałasu służą mikrofony. Przykładem popularnych mikrofonów są produkty firmy Brüel & Kjaer, Warszawa ul. Goraszewska 6, fax 40 82 21 przedstawione w tabeli 16.

Tabl 16. Podstawowe dane niektórych mikrofonów.

Typ	Zakres częstotliwości	Maksymalny hałas	Temperatura pracy	Norma	Uwagi
4188	8 Hz do 12,5 kHz	146 dB	-30 do + 125 °C	ICE 651/1, ANSI S1.4	
4189	6,3 Hz do 20 kHz	146 dB	-30 do + 150 °C	ICE 651/1,	Możliwość analizy częstotliwości
4191	3,13 Hz do 40 kHz	162 dB	-30 do + 150 °C	ICE 651/1, ANSI S1.4	

Wymiary powyższych mikrofonów wynoszą od $\phi 12,7$ do $\phi 14,5$ przy wysokości 12,6 do 17,6 mm.

W projekcie należy uwzględnić, że w skład zestawu pomiarowego wchodzi ponadto przedwzmacniacz i wzmacniacz. W przypadku dokładnych pomiarów ciśnienia akustycznego niezbędny jest kalibrator dźwięku. Bardziej skomplikowane systemy, zwłaszcza do pomiaru natężenia dźwięku (a więc wektora), wymagają niekiedy komputerowych systemów przetwarzania pomierzonego hałasu.

W celu prawidłowej interpretacji zjawiska, przy rozbudowanych systemach identyfikacji, oprócz pomiaru ciśnienia akustycznego mierzone są drgania za pomocą akcelerometrów. Czujniki te mogą służyć do:

- pomiaru i analizy uderzeń i drgań,
- monitorowania drgań,
- analizy modalnej i strukturalnej widma drgań,
- kontroli poziomu drgań,
- kontroli produkcji i jakości.

Część z powyższych możliwości wykorzystywane mogą być w zautomatyzowanych układach manipulacyjnych w celu identyfikacji zachodzących zjawisk. Przy ich stosowaniu należy pamiętać o zasadach ich montażu:

- montaż musi być pewny- jakikolwiek luz, lub nawet sprężystość stanowi źródło błędów,
- przewód nie może być poddany drganiom, gdyż stanowiłby drgającą masę zakłócającą wyniki pomiaru,
- powierzchnia styku czujnika przed jego montażem musi być prawidłowo przygotowana- polega to na zapewnieniu trwałego przylegania czujnika niezależnie od częstotliwości i amplitudy drgań.

Przy stosowaniu tych czujników należy pamiętać o ich czułości na zmiany temperatury otoczenia oraz pola magnetycznego. Podobnie jak mikrofony, czujniki drgań wymagają kalibracji.

W tabeli 17 przedstawiono przykładowe parametry piezoelektrycznych akceleratorów firmy Brüel & Kjaer.

Tabl. 17. Przykładowe parametry użytkowe wybranych czujników drgań.

Typ	Masa	Zakres częstotliwości	Zakres przyspieszeń	Temperatura pracy
4375	2,4 g wraz z kablem	0,2 Hz do 12 kHz	4 mm/s ² do 50 km/s ² * do 250 km/s ² **	-74 do + 250 °C
4393				
8309	3 g wraz z kablem	1 Hz do 39 kHz	0,15m/s ² do 150 km/s ² * do 1000 km/s ² **	
8318	470 g	0,1 Hz do 1 kHz	0,03 mm/s ² do 15m/s ²	

* - drgania ciągłe, sinusoidalne

** - uderzenia.

Czujnik połączony jest z przedwzmacniaczem. W przypadku konieczności stosowania analizy drgań niezbędne jest użycie analizatora lub bardziej rozbudowanych systemów wymagających instalacji na komputerach klasy PC. Systemy takie wykorzystane mogą być do oceny bezpieczeństwa maszyny i omówione zostaną w punkcie 5.3.

4.2.6. Przetworniki różne

Powyższy przegląd czujników stosowanych w urządzeniach i układach zautomatyzowanego i zrobotyzowanego transportu międzyoperacyjnego sterowanych za pomocą programowalnych sterowników jest dalece nie pełny. Wynika to z różnorodności

zadań automatyzacji. Ich spełnienie wymaga niekiedy znalezienia bardzo nietypowych czujników. Jednym z nich może być czujnik izotopowy wykorzystywany na przykład do kontroli prawidłowości wykonania powłoki lub zmiany parametrów pracy urządzenia napylającego powłokę o zadanej grubości.

Innym przykładem są przetworniki fotoelektryczne pomiaru stopnia szarości i luminescencji z wyjściem analogowym. Przykładowe parametry tych czujników przedstawiono w tabeli 18.

Tabl 18. Podstawowe parametry przykładowych czujników wykrywania szarości i luminescencji z wyjściem analogowym.

Typ	Parametry	Producent
KT5	Wymiary 30,4x87,4x56, Zasilanie DC, Zasięg 40 mm, Wyjście analogowe 0 - 10 mA, Światło zielone, Wykrywanie odcieni szarości (kontrastu) Temperatura otoczenia - 10 do + 55 °C, Odporność IP 67	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
KT5L	Wymiary 30,4x87,4x56, Zasilanie DC, Zasięg 150 mm, Wyjście analogowe 0 - 10 mA, Światło laserowe lub czerwone, Wykrywanie odcieni szarości (kontrastu) Temperatura otoczenia - 10 do + 40 °C, Odporność IP 67	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
LUT1 -4	Wymiary 64x138x200, Zasilanie DC, Zasięg 0 - 8 do 500 mm w zależności od wersji, Wyjście analogowe 0 - 1,5 V, Światło ultrafioletowe, Wykrywanie luminescencji, Temperatura otoczenia 0 do + 45 °C, Odporność IP 63	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
LUT1 -5	Wymiary 60x92x141, Zasilanie DC, Zasięg 0 - 8 do 125 mm w zależności od wersji, Wyjście analogowe 0 - 10 mA, Światło ultrafioletowe, Wykrywanie luminescencji, Temperatura otoczenia 0 do + 55 °C, Odporność IP 64	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63

Typ	Parametry	Producent
LD15	Wymiary 40x85x218, Zasilanie DC, Zasięg 0 - 85 mm, Zasięg optymalny 18 mm, Wyjście analogowe 0 - 20 mA, Światło ultrafioletowe, Wykrywanie luminescencji, Temperatura otoczenia -10 do + 55 °C, Odporność IP 67	Datalogic, D-7311 Erkenbrechtsweiler Fax 07026/5746
TL8	Wymiary 21x88x62,5 Zasilanie DC, Zasięg 9 ±2 mm, lub 13 ±2 mm w zależności od wersji, Wyjście analogowe 0 - 20 mA, Światło ultrafioletowe, Temperatura otoczenia -10 do + 55 °C, Odporność IP 67	Datalogic, D-7311 Erkenbrechtsweiler Fax 07026/5746

Tabela 18 Podstawowe parametry przykładowych czujników wykrywania szarości i luminescencji z wyjściem analogowym.

5. Przegląd czujników stosowanych w systemach bezpieczeństwa

Zapewnienie bezpieczeństwa pracy, zgodnie z odpowiednimi normami i dyrektywami [4], jest jednym z podstawowych wymagań stawianych twórcom zautomatyzowanych systemów wytwórczych. Bezpieczeństwo użytkownika urządzeń dotyczy zarówno ich pracy w warunkach nominalnych jak i w warunkach możliwych awarii. Dlatego zautomatyzowane i zrobotyzowane linie i stanowiska produkcyjne wyposaża się w rozliczne czujniki identyfikujące stany awaryjne. Oprócz wielu standardowych czujników omówionych w punktach 3 i 4, stosuje się specjalizowane konstrukcje, opracowane głównie z myślą o bezpiecznym użytkowaniu tych urządzeń.

5.1. Fotoelektryczne sygnalizatory bezpieczeństwa

W wielu przypadkach niecelowe lub wręcz niemożliwe jest zastosowanie mechanicznych osłon rozdzielających strefy pracy maszyny i człowieka. Stosuje się wtedy fotoelektryczne bariery bezpieczeństwa. W przypadku przecięcia płaszczyzny promieniowania przez przedmiot o wymiarach większych niż graniczny dla danego typu bariery następuje sygnalizacja tego faktu.

Kilka przykładowych parametrów takich barier przedstawiono w tabeli 19.

Tabela 19 Podstawowe parametry przykładowych barier

Typ	Parametry	Producent
FF-SB 12	Minimalna wielkość przedmiotu 22 mm, Promieniowanie podczerwone Zakres pracy do 5 m, Czas reakcji 26 do 34 ms, Szerokość strefy 200/400/600 mm w zależności od wykonania, Odporność IP 65, Temperatura pracy 0 do 55 °C,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
FF-SB 14	Minimalna wielkość przedmiotu 35 mm, Promieniowanie podczerwone, Zakres pracy do 15 m, Czas reakcji 25 do 30 ms, Szerokość strefy 400 do 1400 mm w zależności od wykonania, Odporność IP 65, Temperatura pracy 0 do 55 °C,	Honeywell, ul Augustowka 3, 02 981 Warszawa, Fax. 22/640 45 99
FGS/LCU	Minimalna wielkość przedmiotu 14 do 30 mm w zależności od wersji, Zakres pracy 6 do 18 m w zależności od wersji, Czas reakcji 15 ms, Szerokość strefy 300 do 1800 mm w zależności od wykonania,	Sick GmbH D 79177 Waldkirch Fax. 0 71 86/ 38 63
FGS	Minimalna wielkość przedmiotu 14 do 30 mm w zależności od wersji, Zakres pracy 6 do 18 m w zależności od wersji, Szerokość strefy 300 do 1800 mm w zależności od wykonania, Czas reakcji 15 ms, Odporność IP 65, Temperatura pracy 0 do 55 °C,	SSZ GmbH, D- 35440 Liden, (0049)-0-6403/75204

W niektórych przypadkach wygodniejsze od bariery jest zastosowanie skanera laserowego monitorującego przestrzeń w określonym sektorze. Skanery takie pracują najczęściej w zakresie 4 m, przy czym maksymalny zasięg wynosi 50 m. Efektywność jego maleje jednak z odległością - zwiększa się rozmiar niezauważanych przedmiotów. Przy dalszych odległościach laser czuły jest też na rodzaj i kolor pokrycia. Czas odpowiedzi jest stosunkowo długi i wynosi 40 ms.

Przy stosowaniu laserów należy zwracać uwagę na moc w impulsie. Zbyt duża moc oznacza ograniczenia przebywania człowieka w obecności pracującego lasera.

5.2. Maty i listwy

W wielu zrobotyzowanych stanowiskach wymagane jest wejście w przestrzeń ograniczoną osłonami lub bramkami fotoelektrycznymi w celach kontroli lub regulacji przy włączonych trybach roboczych. W celu zapewnienia bezpieczeństwa człowieka przy włączonym robocie, stosuje się często mechaniczne czujniki bezpieczeństwa reagujące na

nacisk z określoną siłą. Czujniki te powodują zatrzymanie manipulatora w momencie wejścia człowieka w przestrzeń kolizyjną. Oferowane są dwa wykonania:

- listwy,
- maty.

Listwy mogą być wykonane jako płaskie taśmy, bądź z gumowym zderzakiem. To ostatnie wykonanie stosuje się w robocarach i robotach mobilnych a także w automatycznie zamykanych drzwiach, gdyż reagują na obciążenia pod kątem do 45° w stosunku do osi konstrukcyjnej zderzaka. Zderzaki wykonywane są na zamówienia indywidualne.

Typ	Parametry	Producent
Listwa	Szerokość 25 do 40 mm, Wysokość 24 do 77 mm, Długość do 6 m, Odkształcenie 2 do 30 mm, Siła nacisku większa niż 10 N/cm ²	SSZ GmbH, D- 35440 Liden, (0049)-0-6403/75204
Listwa	Szerokość 14,3 do 19 mm, Wysokość 2,5 do 6,3 mm, Długość do 15 m, Siła nacisku mniejsza niż 2 do 15 N, Odporność IP 65, Temperatura -20 do + 50 (60) °C	Guardscan, 30982 Pattensen, Fax 05101/14499
Listwa TS	Szerokość 18 do 28,4 mm, Wysokość 2,5 do 6,3 mm, Długość do 15 m, Siła nacisku mniejsza niż 18 do 55 N, Odporność IP 65, Temperatura -20 do + 50 °C	Guardscan, 30982 Pattensen, Fax 05101/14499
Czujnik NO-IR	Powierzchnia 20x30 mm, Siła nacisku mniejsza niż 25 N, Odporność IP 65, Temperatura 0 do + 50 °C	Guardscan, 30982 Pattensen, Fax 05101/14499
Czujnik NO-I	Powierzchnia $\phi 37$ mm, Siła nacisku mniejsza niż 25 N, Odporność IP 65, Temperatura 0 do + 50 °C	Guardscan, 30982 Pattensen, Fax 05101/14499
Mata CKP/SI	Wymiary 500x500 do 1000x1000 mm, Siła nacisku mniejsza niż 25 N, Odporność IP 65, Temperatura 0 do + 50 °C	Guardscan, 30982 Pattensen, Fax 05101/14499
Mata CVP	Wymiary 152x585 do 762x813 mm, Siła nacisku mniejsza niż 75 N, Odporność IP 65, Temperatura 0 do + 50 °C	Guardscan, 30982 Pattensen, Fax 05101/14499
Mata	Wymiary do 1500x3000 mm, Wysokość 17,5 mm, Materiał PCV, NRB (olejoodporny), dural, Siła nacisku conajmniej 60 N/cm ² , Odporność IP 65,	SSZ GmbH, D- 35440 Liden, (0049)-0-6403/75204

Tabela 20. Przykładowe parametry naciskowych czujników bezpieczeństwa.

Maty wykonywane są w dwu zasadniczych odmianach- jako podłogi reagujące na znaczne obciążenia (naciski pojazdów do 800 N/cm²) oraz maty reagujące na ciężar człowieka.

Podstawowe parametry tych urządzeń przedstawia tabela 20.

5.3. Czujniki drgań

W pewnej klasie urządzeń czujniki drgań zaprezentowane w punkcie 4.2.5. wykorzystane mogą być w systemach bezpieczeństwa. Koncepcja pracy takich systemów polega na wykorzystaniu wzrostu amplitudy lub zmiany częstotliwości drgań do wczesnego wykrywania uszkodzeń. W rozbudowanych układach o znacznej energii kinetycznej i dużej bezwładności poruszających się obiektów awaria mechaniczna może być związana z dużymi stratami lub zagrożeniem dla zdrowia i życia obsługi.

Systemy takie stosowane są od lat w elektrowniach cukrowniach cementowniach itp. w automatyzacji procesów dyskretnych nie są znane takie zastosowania, co nie znaczy, że nie powinny zniknąć z pola widzenia przy projektowaniu zwłaszcza specyficznych układów współpracujących z niektórymi obrabiarkami.

W skład takich systemów jako podstawowe składniki wchodzi:

- zestawy czujników drgań i mikrofonów z przedwzmacniaczami,
- analizatory częstotliwości pracujące w czasie rzeczywistym,
- oprogramowanie,
- komputer klasy PC AT z koprocesorem matematycznym.

Dobór i uruchomienie takiego systemu wymaga wyspecjalizowanej wiedzy i wymaga udziału producenta sprzętu.

5.4. Czujniki gazów i pyłów trujących i wybuchowych

Niekiedy urządzenia i układy zautomatyzowanego transportu międzyoperacyjnego stosowane są w środowisku, gdzie występuje niebezpieczeństwo pojawienia się gazów i pyłów trujących i wybuchowych w niebezpiecznym stężeniu. Często właśnie automatyzacja prac załadunkowo- wyładunkowych ma uchronić człowieka od niebezpieczeństwa wynikającego z przebywania w takim środowisku. W takich przypadkach niezbędne jest włączenie czujników monitorujących stan możliwego skażenia w układy kontrolne zautomatyzowanych i zrobotyzowanych stanowisk.

Problemy te precyzyjnie opisują odpowiednie normy, a doboru czujników należy dokonać na podstawie dokumentów opisujących warunki środowiska pracy stanowiska.

6. Podsumowanie

Powyższy przegląd czujników nie wyczerpuje możliwości wyposażenia stanowisk, urządzeń i układów zautomatyzowanego transportu międzyoperacyjnego sterowanych za pomocą programowalnych sterowników przemysłowych w środki identyfikacji stanu obiektu. Różnorodność zastosowań i potrzeb zmusza twórców automatyki do poszukiwań różnych rozwiązań. Przedstawiony przegląd może pobudzić do nowatorskiego spojrzenia na rozwiązywanie tradycyjnych problemów.

Zdefiniowanie potrzeb urządzeń automatyki może pomóc w określeniu wytycznych dla opracowywania nowych konstrukcji czujników.

Próbując zdefiniować trendy rozwojowe czujników na podstawie zmian, które zaszły w ciągu ostatnich lat można wyróżnić następujące elementy:

- standaryzacja zwłaszcza w zakresie sygnałów wyjściowych oraz sposobów mocowania,
- poprawa odporności na nieprzyjemne warunki pracy,
- miniaturyzacja,
- wzrost niezawodności zwłaszcza w nowszych technikach,
- rozwój systemów przetwarzania informacji (kody paskowe, kamery CD, systemy identyfikacji stanów przedawaryjnych z wykorzystaniem pomiaru drgań i ciśnienia akustycznego).

Analizując publikacje na temat badań nowych technik, które w przyszłości mogłyby zostać przeniesione do praktyki przemysłowej w wytwarzaniu czujników przeznaczonych do pracy w systemach automatyki manipulacji, można wyróżnić poniższe trendy:

- rozwój struktur w rozwiązaniach mechatronicznych, zapewniający dalszą miniaturyzację i wzrost niezawodności,
- upowszechnienie procesorów prowadzące do „inteligentnych” czujników,
- dalszy rozwój napędów ze zintegrowanymi czujnikami.