

POMIARY • AUTOMATYKA • ROBOTYKA

ISSN 1427-9126
Indeks 339512

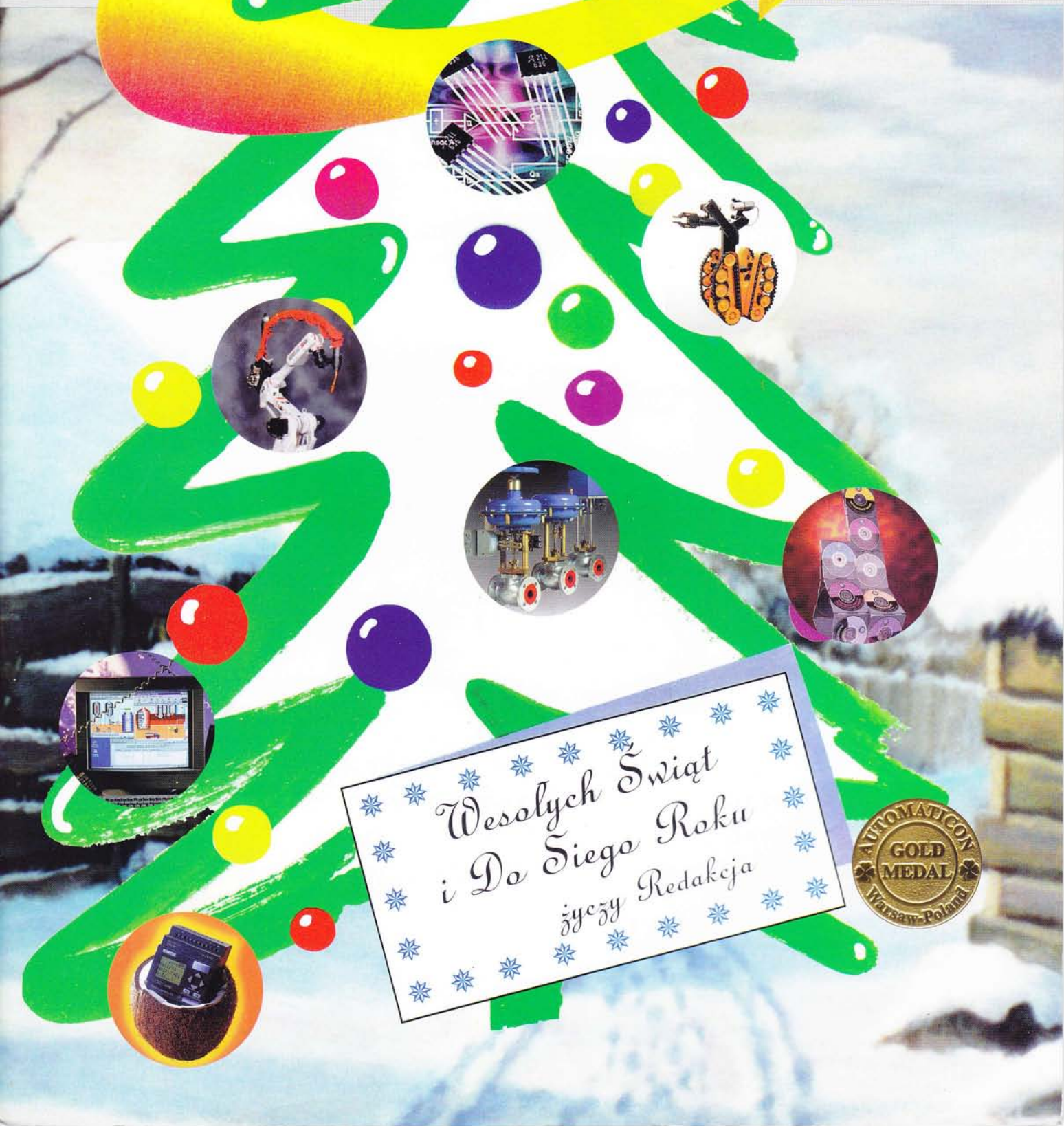
PAR

'97
10

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

GRUDZIEŃ

Cena 9,50 zł



**Jeśli u nas nie możesz znaleźć właściwego czujnika,
to on nie istnieje.**



CS
Czujnik koloru



DME 2000
Dalmierz cyfrowy



KT 5
Czujnik kontrastu



LUT 2-7
Czujnik luminescencji



NT 6



W 18



W 250



W 260



WLL 160T
Czujnik światłowodowy



WLL 160



WL 160



WL 170



WLG 12
Czujnik
wielostrumieniowy



WT 4
Czujnik
miniaturowy



WT 12



WT 12L



WT 27



WT 24



WT 160



WTR
Czujnik
transporterów
rolkowych



VS/VE180



WT 45

Innowacje, rozwiązania, specjaliści i oferta produkcyjna na najwyższym poziomie. Od prostych, tanich czujników aż po wielofunkcyjne mierzące odległość, luminescencję, kontrast i kolor. Jeśli spodziewasz się, że Twoje potrzeby przewyższają wiedzę techniczną i możliwości Twojego aktualnego źródła czujników, zadzwoń do nas przed złożeniem następnego zamówienia.

SICK

optic
electronic

SICK Optic-Electronic Sp. z o.o. • ul. Janowskiego 5 • 02-784 Warszawa
Tel./Fax (0 22) 644 8342, 644 8345, 644 4724 • WWW: www.sick.de • E-mail: sick@medianet.com.pl
czujniki optoelektryczne • czujniki indukcyjne • czytniki kodów kreskowych • bariery bezpieczeństwa

Czas zmienić czujniki.

RADA PROGRAMOWA

dr inż. Janusz Berdowski, prof. dr hab. inż. Anatol Gosiewski, doc. dr inż. Stanisław Kaczanowski, mgr inż. Henryk Kamiński, prof. dr hab. inż. Andrzej Maślowski, prof. dr inż. Tadeusz Missala, prof. dr inż. Adam Morecki, prof. dr inż. Eugeniusz Ratajczyk

Redaktor naczelny

doc. dr inż. Jan Bek
tel./faks (022) 660 84 17
e-mail bek@mp.pw.edu.pl

Zastępcy redaktora naczelnego

dr inż. Jan Jabłkowski,
mgr inż. Adela Kaczanowska

Zespół redakcyjny

dr inż. Jan Barczyk, dr inż. Jerzy Borzymiński, dr hab. inż. Krzysztof Janiszowski, Ewa Markowska, prof. dr hab. inż. Zdzisław Mrugański, mgr Stanisław Szałapak, dr inż. Mateusz Turkowski, mgr Krzysztof Wykrętowicz

Ogłoszenia

mgr Stanisław Szałapak,
mgr Krzysztof Wykrętowicz

Korekta

zespół

ADRES REDAKCJI

Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów PIAP
Al. Jerozolimskie 202
02-486 Warszawa
tel. (022) 863 80 28, 874 01 91
faks (022) 874 02 02
e-mail par@sg.piap.waw.pl

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń, wkładek itp. oraz zastrzega sobie prawo skracania i adiacji tekstów.

Wszelkie prawa zastrzeżone**Skład**

TMK Computing

Druk

„HANPIS” tel./faks 824 38 41

Wydawca

Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów
Al. Jerozolimskie 202, 02-486 Warszawa
tel. (022) 863 83 69, 874 01 66
faks (022) 874 02 20

Wydanie tytułu dofinansowane
przez Komitet Badań Naukowych

W NUMERZE:

1	Od Redakcji – Zmysły maszyny	4
2	Sensory taktalne – stan i kierunki rozwoju <i>Jan Barczyk</i>	5
3	Rola czujników w planowaniu chwytu <i>Piotr Szabelak</i>	12
4	Nowe książki	16
5	Stanowisko pomiarowe do badania par czujników temperatury liczników ciepła <i>Tadeusz Goszczyński, Elżbieta Jachczyk, Jacek Korytkowski</i>	17
6	Optosensory IDEC – szybsze, mniejsze, odporne (Artykuł promocyjny)	20
7	Mozaika sensorów <i>Jan Barczyk</i>	22
8	Stanowisko do pomiaru położenia rzutu środka masy człowieka w zastosowaniu do diagnostyki medycznej <i>Grzegorz Nitecki, Piotr Preibisch</i>	27
9	Rozmowa z prof. drem inż. Edwardem Stolarskim, prezesem Polskiego Towarzystwa Techniki Sensorowej	30
10	Symposium Kierunki Rozwoju Budowy Maszyn i Urządzeń oraz Układów Sterowania <i>Jan Barczyk</i>	31
11	Rodzina czujników serii D12 (Artykuł promocyjny)	32
12	Przegląd czasopism zagranicznych	34
13	Euroensors XI <i>Edward Stolarski</i>	36
14	Hottinger Baldwin Messtechnik „wymyśla koło” – nowatorska kon- cepcja czujnika momentu obrotowego (Artykuł promocyjny)	38
15	II Międzynarodowa Konferencja Micro-Tribology'97 <i>Zdzisław Mrugański</i>	40
16	Międzynarodowe Symposium Mechaniki Precyzyjnej i Mechatroniki FEINWERKTECHNIK'97 <i>Zdzisław Mrugański</i>	40
17	Zapraszamy do współpracy, prenumeraty i reklamy	41
18	Serwis Czytelników	42
19	Abstracts	42

Wykaz firm reklamujących się w numerze

①	AB-MICRO s.c.	43
②	ASTOR sp. z o.o.	44
③	ELMARK	42
④	FESTO PNEUMATIC	25
⑤	IMPOL-1	29
⑥	PHOENIX CONTACT sp. z o.o.	15
⑦	POLYCO	26
⑧	REKORD A.W. sp. z o.o.	26
⑨	SELS s.c.	25
⑩	SICK Optic-Electronic sp. z o.o.	2

Od Redakcji

Zmysły maszyny

Przedstawiamy Państwu – z nadzieją i z obawami – pierwszy numer naszego miesięcznika, w którym dominuje jedna dziedzina. Nadzieje związane są z tym, że prezentujemy ważny i aktualny temat łączący pomiary, automatykę i robotykę, a więc problematykę interesującą wszystkich naszych Czytelników. Natomiast obawy wynikają z niemożności spełnienia nieznanych, być może rozbudzonych oczekiwań Czytelników. **Prezentujemy Państwu numer PAR poświęcony sensoryce.**

Zmysły umożliwiają człowiekowi pobieranie różnorodnych informacji z otaczającego środowiska, natomiast sensory mają dostarczać maszynie informacji o stanie otoczenia. Dotychczasowe wdrożenia maszyn w przemyśle były możliwe dzięki odpowiedniemu zorganizowaniu procesu produkcyjnego, polegającemu na zapewnieniu warunków pracy niezmiennych, jednakowych dla każdego cyklu. W stosunkowo dużej liczbie procesów produkcyjnych współczesnego przemysłu zapewnienie stałych warunków wytwarzania jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe. Zdolność rozpoznawania stanu i zmian warunków otoczenia oraz wypracowania decyzji sterowniczych, dotyczących zarówno samej maszyny jak i urządzeń współpracujących, mają zapewnić maszynom urządzenia sensoryczne (sensory). Urządzeniem sensorycznym nazywany jest czujnik (lub ich zespół) współpracujący z przetwornikami pośredniczącymi i układami analizy wyników pomiarów. Ogromne znaczenie praktyczne mają budowane współcześnie taktylne urządzenia sensoryczne – symulujące ludzki zmysł dotyku (na drodze kontaktowej lub bezkontaktowej) oraz urządzenia wizyjne, symulujące zmysł wzroku. Sensory wizyjne są powszechnie znane. Mniej natomiast znane są problemy maszynowego czucia taktylnego, definiowanego jako możliwość odczuwania dotyku i stopniowanych wartości siły nacisku. Z tego też względu zamieszczamy na naszych łamach obszerny ar-

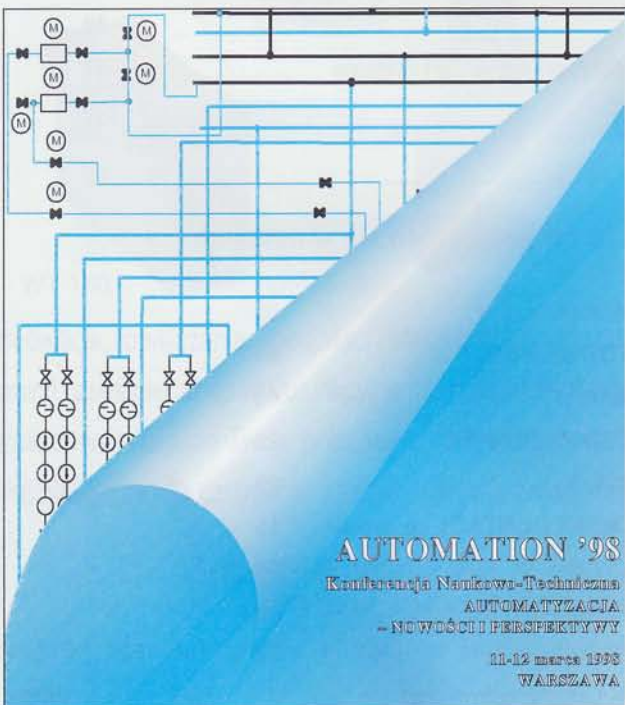
tykuł *Sensory taktylne*, prezentujący aktualny stan badań i zastosowań taktylnych urządzeń sensorycznych. Jedno z najważniejszych zastosowań sensorów, przeznaczonych do zbierania informacji o bezpośrednim (dotykowym) otoczeniu robota, a w szczególności o położeniu, orientacji i kształcie obiektu manipulacji, omówiono w artykule *Rola czujników w planowaniu chwytu*. Standardowe właściwości użytkowe sensorów taktylnych nie dorównują jeszcze właściwościom ludzkiego dotyku, ale są wystarczające do spełnienia wymagań zautomatyzowanej produkcji.

Mozaikę sensorów - krótkie informacje o budowie, zasadzie działania i zastosowaniach różnych urządzeń sensorycznych - zamieszczono wewnątrz numeru. Różnorodność potrzebnych sensorów jest ogromna – ciągle wzrasta liczba ich zastosowań. Przykładowo opisano stanowisko pomiarowe, w którym zastosowano czujniki siły oraz stanowisko do badania czujników temperatury. Dokonano również prezentacji *optosensorów IDEC*.

O wzrastającym zainteresowaniu sensoryką świadczy między innymi uczestnictwo prawie pół tysiąca naukowców z całego świata w międzynarodowej konferencji *EuroSensors XI*, zorganizowanej we wrześniu bieżącego roku w Warszawie. Kongres Sensoryki i wystawę „Czujniki, przetworniki, systemy” zorganizowano w maju 1997 r. w Norymberdze (PAR nr 8/97) a podczas Targów Hanowerskich czynne było Centrum Sensoryki. W Polsce czujnikami zajmuje się kilkadziesiąt zespołów naukowych (ponad 500 osób) – między innymi o tym dowiadujemy się z *Wywiadu z prof. Edwardem Stolarskim, prezesem Polskiego Towarzystwa Techniki Sensorowej*.

Wręczając Państwu numer, w którym tak wiele napisano na temat sensoryki, zapewniamy, że zagadnienia związane z budową układów sensorycznych, opracowaniem algorytmów obróbki uzyskiwanych informacji, a także oceną ilości informacji niezbędnej do opisu zadań realizowanych przez maszynę, jeszcze wielokrotnie spotkają Państwo na naszych łamach.

Jan Barczyk



AUTOMATION '98
Konferencja Naukowo-Techniczna
AUTOMATYZACJA
- NOWOŚCI I PERSPEKTYWY
11-12 marca 1998
WARSZAWA

CEL KONFERENCJI

Konferencja ma stworzyć forum do prezentacji osiągnięć krajowych i zagranicznych ośrodków naukowo-badawczych i przemysłowych w zakresie praktycznych zastosowań środków automatyki i robotyki oraz układów pomiarowych. Oczekujemy szczególnie prezentacji prac, których rezultaty zostały wprowadzone lub są bliskie wprowadzenia do praktyki gospodarczej. Z uwagi na odbywające się w tym samym czasie i miejscu Międzynarodowe Targi Automatyki i Pomiarów AUTOMATICON '98, spodziewamy się licznej obecności na Konferencji osób zainteresowanych komercjalizacją rezultatów prac naukowych i badawczo-rozwojowych.

ZAKRES TEMATYCZNY

- Automatykacja, robotyzacja, monitorowanie:
 - procesów wytwórczych
 - procesów komunalnych i usług
 - kontroli i badań
 - systemów zapewnienia jakości
 - systemów bezpieczeństwa pracy
- Metody projektowania i integracji systemów,
- Urządzenia do automatyzacji i robotyzacji,
- Urządzenia i systemy pomiarowe,
- Przemysłowe sieciowe systemy komunikacyjne,
- Ekonomiczne i społeczne aspekty automatyzacji i robotyzacji.

TERMIN I LOKALIZACJA

Konferencja odbędzie się w dniach 11-12 marca 1998 r. w Warszawie w Centrum Targowym Mokotów na terenie Międzynarodowych Targów Automatyki i Pomiarów AUTOMATICON '98.

OPLATY

Koszt udziału w konferencji wynosi 300 zł. W ramach tej opłaty organizatorzy zapewniają materiały konferencyjne oraz spotkanie koleżeńskie.

ADRES DO KORESPONDENCJI

Zgłoszenia na konferencję, streszczenia i pełny tekst referatów oraz wszelką korespondencję prosimy przysyłać na adres:

AUTOMATION '98

Komitet Organizacyjny
Konferencja Naukowo-Techniczna
„Automatyzacja – Nowości i Perspektywy”
Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów – PIAP
Al. Jerozolimskie 202
PL – 02-486 Warszawa

E-mail: automation@sg.piap.waw.pl
Tel.: (+48-22) 863-76-59 ; 874-02-05
Faks: (+48-22) 874-02-20

Sensory taktylne - stan i kierunki rozwoju

dr inż. Jan Barczyk
Instytut Automatyki i Robotyki
Politechniki Warszawskiej

W prezentowanym przeglądzie zamieszczono aktualny stan badań i zastosowań sensorów taktylnych, należących do grupy sensorów otoczenia robota.

Roboty mogą być wyposażone w urządzenia sensoryczne umożliwiające im podejmowanie różnorodnych zadań i reakcji na zmienne warunki otoczenia. Rodzaj niezbędnych urządzeń sensorycznych zależy od środowiska pracy, rodzaju zadań, dokładności ich wykonania. Na przykład w robotach mobilnych najważniejsze informacje dostarczać będzie system wizyjny, a w robotach montażowych decydującą rolę odgrywać będą systemy sensoryczne dostarczające informacji o rodzaju kontaktu montowanych obiektów i występujących siłach. Jednak współczesne roboty przemysłowe nie są wyposażone w urządzenia sensoryczne umożliwiające im sterowanie siłą chwytu, lokalizowanie, identyfikowanie i badanie obiektów manipulacji, śledzenie ruchomych obiektów, unikanie przeszkód. **Spowodowane jest to z jednej strony tym, że oferowane sensory nie spełniają przemysłowych wymagań niezawodności, dokładności i ceny, a z drugiej strony przemysłowe systemy robotowe nie są przystosowane do współpracy z urządzeniami sensorycznymi, nie są w stanie opracować i wykorzystać informacji sensorycznych.** Na robota, wyposażonego w urządzenia sensoryczne, należy patrzeć z punktu widzenia mechatroniki, bowiem dodanie sensorów ma wielki wpływ na mechanikę, sterowanie i system informatyczny zarówno robota jak i wyposażenia peryferyjnego. Zbędne mogą okazać się urządzenia podająco-orientujące, gdyż pozycja i zorientowanie obiektu będzie określona przez system sensoryczny. Ulegnie zmianie układ sterowania, gdyż informacja z sensorów powinna być opracowywana, a podejmowane decyzje powinny uwzględniać systemy bazy wiedzy i sztucznej inteligencji. Niewątpliwie również konstrukcja robota mogłaby być lżejsza, gdyby urządzenia sensoryczne przejęły funkcje analizy przeciążeń i warunków pracy.

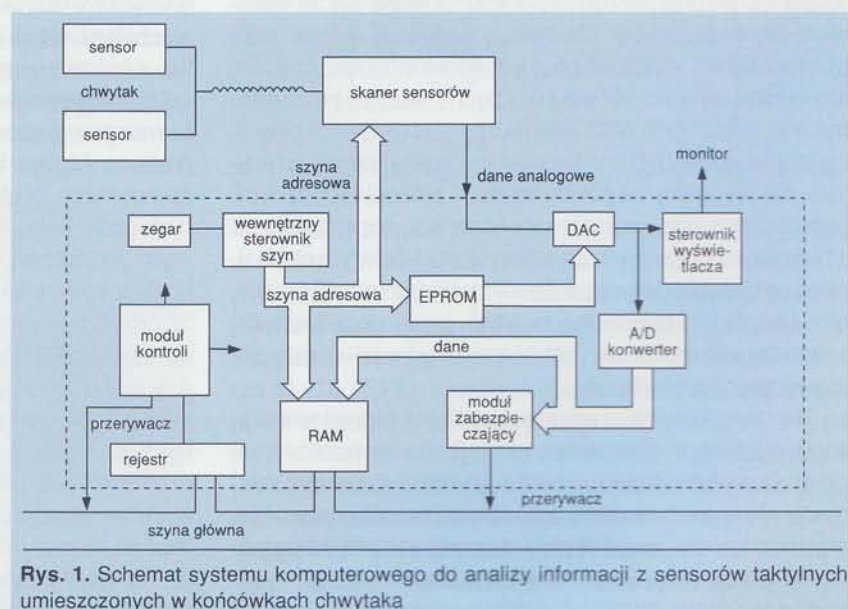
we właściwości użytkowe sensorów taktylnych nie dorównują właściwościom ludzkiego dotyku, ale są wystarczające do spełnienia wymagań zautomatyzowanej produkcji. Dzięki zastosowaniu sensorów taktylnych łatwym staje się określenie struktury, podatności, elastyczności, lepkości, przewodności elektrycznej, temperatury, siły, poślizgu oraz współczynnika tarcia [1].

Matryce urządzeń sensorycznych umieszczane są często w chwytaku, na wewnętrznej stronie końcówek chwytanych. Sensory taktylne umieszczone w chwytaku stwarzają możliwość bezpośredniego sterowania procesem chwytania, zarówno w fazie pobierania obiektu (korekcja położenia) jak i podczas manipulacji (przemieszczanie się obiektu). Sensor taktylny przeznaczony dla chwytaka robota powinien charakteryzować się następującymi cechami [2]: czułe elementy z rozdzielczością przestrzenną około 1 mm, duża wrażliwość na siły od 0,5 N do 10 N dla każdego elementu, duża szorstkość i podatność, szeroki zakres pracy, krótki czas odpowiedzi, częstotliwość pracy od 100 do 1000 Hz, mała histereza. Rzadziej wykorzystuje się sensory taktylne chwytaka do zbierania informacji o kształcie i zorientowaniu obiektu [3], (np. uzyskiwanych w trakcie kolejnych prób chwytania lub obejmowania przedmiotu) albo o położeniu obiektu (czasochłonne jest przeszukiwanie przestrzeni roboczej).

Użycie dwóch sensorów na każdej z końcówek chwytaka umożliwia porównanie dwóch obrazów, zwiększenie zakresu obserwowanych naprężeń, dodawanie i odejmowanie sygnałów, co umożliwia zwiększenie dokładności przeprowadzonego badania i eliminację błędnych informacji. Jeszcze większe możliwości zbierania informacji o obiekcie stwarza przestrzenne ukształtowanie sensora taktylnego na wzór ludzkiego palca [4].

Przeznaczenie sensorów taktylnych

Czucie taktylne definiowane jest jako zdolność czucia dotyku i możliwość odczuwania stopniowanych wartości siły nacisku. Taktylne urządzenia sensoryczne przeznaczone są do zbierania informacji o bezpośrednim (dotykany) otoczeniu robota, a w szczególności o położeniu, orientacji i kształcie obiektu manipulacji. Sensory taktylne mogą przekazywać nie tylko informacje o kontakcie z otoczeniem – mogą również mierzyć wartość i kierunek siły w obszarze styku. Przez sensor taktylny rozumie się zespół gęsto upakowanych czujników, tworzących matryce: jedno- (linijka) lub dwuwymiarowe. Standardo-



Rys. 1. Schemat systemu komputerowego do analizy informacji z sensorów taktylnych umieszczonych w końcówkach chwytaka

Ważnym aspektem w praktycznym zastosowaniu sensorów taktylnych jest wyposażenie urządzenia w system przetwarzający i analizujący sygnały wychodzące z czujnika, mający na celu identyfikację kształtu przedmiotu na podstawie pomiaru nacisków na poszczególne fragmenty czujnika. Schemat komputerowego systemu [5], który może być zastosowany do czujnika taktylnego przedstawiony jest na rys. 1.

Typowe zadania urządzeń i układów taktylnych związane są więc z:

- 1) pomiarami i sterowaniem parametrami:
 - a) chwytania, w przypadku wykonywania przez robota zadań transportowych,
 - b) obróbki, w przypadku wykonywania przez robota zadań technologicznych;
- 2) rozpoznawaniem obiektu manipulacji, w tym:
 - a) wykrywaniem obecności obiektu,
 - b) rozpoznawaniem położenia i zorientowania obiektu,
 - c) rozpoznawaniem kształtu;
- 3) pomiarami i sterowaniem umiejscowienia obiektu manipulacji.

Pierwsze informacje o zastosowaniach sensorów taktylnych do rozpoznawania kształtu ukazały się w latach 1974-76 [6, 7]. Były to rozwiązania typowo mechaniczne, w których podparte sprężyną trzpienie przemieszczały się w korpusie (ustawione liniowo albo w płaszczyźnie) i działały jako czujniki przemieszczenia. Na podstawie informacji o wielkości przemieszczeń poszczególnych czujników uzyskiwano wyobrażenie kształtu chwytej powierzchni. Dzięki miniaturyzacji również obecnie [8] prowadzi się eksperymenty z tego typu czujnikami taktylnymi, umożliwiającymi chwytanie z siłą 240 N.

Współczesne rozwiązania sensorów taktylnych dotyczą głównie elastycznych odkształceń arkuszy materiałów. **Wyróżnić można dwa typy sensorów: sensory siły (piezorezystywne i piezoelektryczne) i sensory przemieszczenia (pojemnościowe, magnetyczne, optyczne, ultradźwiękowe).**

Sensory taktylne siłowe piezorezystywne zawierają warstwę przewodzącego elastomeru (z zawartością cząstek węgla lub srebra), którego oporność zmienia się ze wzrostem siły zewnętrznej. Elastomery wykazują jednak małą powtarzalność wskazań i dużą histerezę. Coraz częściej stosowane są w sensorach taktylnych materiały piezoelektryczne, generujące prąd elektryczny pod wpływem przyłożonej siły, np. PVDF (polifluorek winylidenu) charakteryzujący się wysokim współczynnikiem piezoelektrycznym, bardzo dobrą liniowością i małą histerezę, odpornością na zmiany temperatury i małą stratnością dielektryczną. Najnowsze badania dotyczą połączeń polimerów z silikonami, umożliwiającymi budowanie zwartych (gęsto upakowanych) sensorów taktylnych, o wysokiej rozróżnialności, często zintegrowanych z elektroniką.

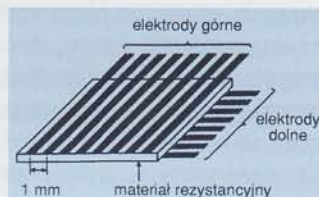
Sensory taktylne przemieszczeniowe (ugięciowe) zawierają arkusze materiałów, które mogą zmieniać lokalną grubość lub ugięcie. Zmiana grubości może być mierzona różnymi metodami, np. optycznie, magnetycznie, pojemnościowo, czujnikami tensometrycznymi, za pomocą fali akustycznej (impulsów ultradźwiękowych), wykorzystując przewodność właściwą materiału.

Przegląd budowy sensorów taktylnych

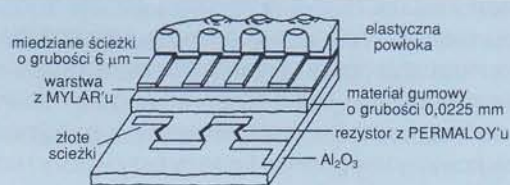
Sensory taktylne siłowe

Do budowy siłowych sensorów taktylnych wykorzystuje się zarówno materiały o różnych właściwościach, jak i różne metody wykrywania działających sił. Materiał stosowany w czujniku powinien charakteryzować się następującymi cechami: zmiennością oporu wraz ze zmianą naprężeń w poszczególnych punktach całej tablicy, minimalnym oporem, dobrą powtarzalnością, małą histerezę, odpornością na zmęczenie, stałość charakterystyki. Ważnym czynnikiem jest powiązanie siły (reakcja napotkanego przedmiotu na siłę chwytania) jaką napotyka chwytak robota i zmiany rezystancji elementarnego czujnika. Materiał gumowy spełnia istotne funkcje, łatwo zmienia swój kształt, jest łatwy do modelowania; siła działająca na powierzchnię materiału gumowego powoduje wzrost globalnego naprężenia; materiał gumowy może być ściśnięty o więcej niż 1/3 pierwotnej grubości.

Podstawową konfigurację matrycy oporowej [5] stanowią dwie prostopadłe płaszczyzny równoległych elektrod oddzielonych od siebie piezorezystancyjnym materiałem (rys. 2). Punkt tablicy definiowany jest na przecięciu prostopadłych elektrod, znajdujących się na dwóch płaszczyznach.

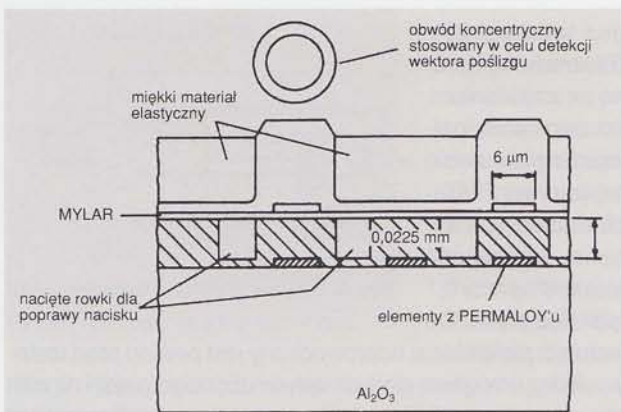


Rys. 2. Schemat matrycy oporowej



Rys. 3. Schemat konstrukcji czujnika magnetyczno-rezystancyjnego

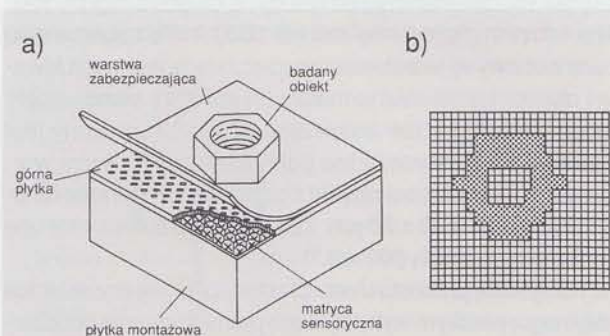
Na rysunku 3 przedstawiono schemat budowy magnetyczno-rezystancyjnego sensora taktylnego [9], w postaci cienkiej folii (matrycy), pokrytego elastyczną powłoką, z której wystają płasko zakończone druty. Grubość całej matrycy nie przekracza 2,5 mm (wymiar ten zawiera warstwę gumową, czujniki magnetorezystancyjne oraz podłoże Al_2O_3). Sensor wykonany jest z magnetorezystancyjnych czujników, składających się z elementów o długości boku 2,5 mm (wielkość elementów, a tym samym gęstość tej matrycy zależna jest od klasy czujnika i może być zwiększona). Na powierzchni o wymiarach 25x25 mm mieszczą się 64 elementy. Szczegółową budowę czujnika przedstawiono na rys. 4. Elementy czynne o rezystancji 50 Ω wykonane są z magnetorezystywnego materiału (jest to stop 81-19 Ni-Fe). Zakres przenoszonych sił oraz czułość sensora taktylnego można zmieniać poprzez zwiększenie sztywności oraz grubości warstwy elastycznej. Wykonanie przewodzących elektrod ze stopu Ni-Fe odbywa się w procesie fotolitografii, w technologii stosowanej przy wytwarzaniu układów scalonych o wielkim stopniu upakowania elementów.



Rys. 4. Szczegółowa budowa czujnika magnetyczno-rezystancyjnego

Najdokładniejsze maski wykonywane są na specjalnym rodzaju szkła, zaś sieć połączeń trawiona jest w srebrze napyłonym na to szkło. W następnej kolejności trawiony materiał pokrywa się emulsją światłoutwardzalną i naświetla przez określony czas promieniami ultrafioletowymi. Następną operacją jest wypłukanie nieutwardzonej emulsji i pokrycie tych miejsc specjalnym materiałem odpornym na czynnik trawiący podłoże.

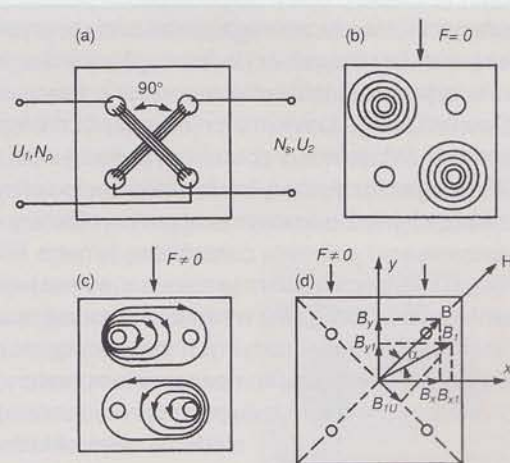
W magnetorezystancyjnym sensorze taktylnym wykorzystano zasadę magnetostrykcji [10], polegającą na występowaniu zjawiska zmiany pola magnetycznego podczas przyłożenia zewnętrznego obciążenia (ściskania lub rozciągania) na ten materiał. W sensorach taktylnych znalazły zastosowanie systemy magnetorezystancyjne, w których upływ przestrzenny zmienia się w zależności od obciążenia i kierunku działania wektora siły. Kierunek indukcji magnetycznej będzie się zmieniał o pewien kąt, a rzut składowej siły będzie prostopadły do drugiego zwoju (obszaru) indukcji magnetycznej. Strumień magnetyczny w drugim zwoju spowoduje powstanie napięcia elektrycznego w najbliższym uzwojeniu magnetycznym; napięcie to będzie proporcjonalne do siły działającej na ten element. Efekt ten może powstać pomiędzy dwoma prostopadłymi zwojami magnetycznymi. Budowa rzeczywistego sensora taktylnego, w którym zastosowano magnetorezystancyjny transkonduktor wykonany z materiału ferromagnetycznego VITROVAC4040, przedstawiono na rys. 5. Materiał ten jest stosowany ze względu na dużą czułość, dużą siłę przyciągania cząsteczkowego i wysoką rezystancję. Dzięki właściwościom magnetycznym czujnik sensoryczny jest mało wrażliwy na zmiany temperatury i przenikalność magnetyczną. Zaś próby eksperymentalne



Rys. 5. Budowa magnetorezystancyjnego sensora taktylnego: a) schemat konstrukcyjny, b) uzyskany obraz badanego obiektu

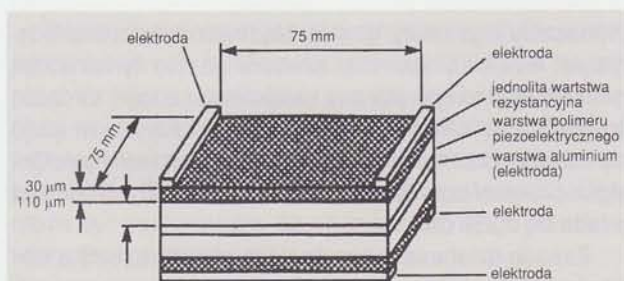
uwidocznili jego zalety, tj.: mały błąd nieliniowości charakterystyki, niewielką histerezę, szerokie pasmo dynamiczne, niewielki błąd temperaturowy i znakomitą czułość. Grubość pojedynczego czujnika wynosi 3 mm; w czujniku znajduje się dziesięć oddzielnych obwodów pierwotnych i wtórnych. Odległość między czujnikami wynosi 2,5 mm. Matryca sensora składa się z 256 czujników.

Zasadę działania magnetoelastycznego czujnika taktylnego [11] przedstawiono na rys. 6. Uzwojenie pierwotne N_p i wtórne N_s nawinięte są na rdzeń pod kątem 90° względem siebie. Jeżeli rdzeń wykonany jest z materiału izotropowego i nie jest poddawany działaniu siły (rys. 6b) oraz uzwojenie wtórne jest otwarte, wówczas wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}$ jest zgodny z kierunkiem pola magnetycznego $\vec{H}$ i może być rozłożony na dwie składowe $\vec{B}_x$ i $\vec{B}_y$ (rys. 6d). W tym przypadku $\vec{B}$ jest równoległy do płaszczyzny wtórnego uzwojenia. Teoretycznie napięcie w drugim uzwojeniu U_2 jest równe zero. Jeżeli rdzeń sensora jest obciążony zewnętrzną siłą (rys. 6c), wówczas składowe wektora indukcji nie są sobie równe (rys. 6d). Dla materiałów magnetycznych z dodatnią magnetostrykcją przenikalność w kierunku y zmniejsza się i w związku z tym B_{y1} jest większe od B_{y2} . W konsekwencji indukcja B_1 zmienia kierunek o kąt α . Wektor jest rzutowany w kierunku prostopadłym do płaszczyzny uzwojenia wtórnego. B_{1u} wzbudza strumień magnetyczny w drugim uzwojeniu i generowane jest tam napięcie, które jest proporcjonalne do działającej siły F . Rdzeń czujnika wykonano z materiału bazującego na niklu.



Rys. 6. Zasada działania magnetoelastycznego czujnika taktylnego

Sensory taktylne z warstwą piezoelektryczną [12] mogą zawierać dwa rodzaje piezoelektrycznych materiałów: polimery, które wykazują właściwości piezoelektryczne bez jakichkolwiek modyfikacji oraz polimery sztuczne z piezoelektrycznym proszkiem ceramicznym (PVDF – typ β i VDF/TrFE). Piezoelektryczne właściwości występują w materiałach, które wytwarzają ładunek elektryczny na skutek mechanicznego nacisku. Na rys. 7 przedstawiona jest schematyczna budowa czujnika, składającego się z pięciu warstw piezoelektrycznego polimeru i warstw przewodzących (grubość czujnika w przybliżeniu wynosi 300 μm). Warstwa aluminium, która jest wspólną elektrodą, umieszczona jest między warstwami polimeru, te zaś pokryte są



Rys. 7. Schemat budowy czujnika z warstwami piezoelektrycznego polimeru

jednostronnie warstwą rezystancyjną. Natomiast oddzielne elektrody umieszczone są na górnej oraz dolnej powierzchni czujnika. Stosowane są bardzo cienkie warstwy (film) polimeru PVDF, wystarczające do pomiaru siły. Główną zaletą piezoelektrycznego filmu jest jego plastyczność i elastyczność, dlatego może być stosowany na powierzchniach o nietypowych kształtach. Natomiast wadą jest niski poziom czułości, który jest dziesięć do pięćdziesięciu razy mniejszy od czułości jaką ma ceramika piezoelektryczna. Wykorzystując efekt piezoelektryczny można w bezpośredni sposób zamienić energię mechaniczną na elektryczną. W sensorach energia elektryczna może być magazynowana i wzmacniana jako ładunek elektryczny. Zastosowanie efektu piezoelektrycznego w czujnikach taktylnych stosowanych w chwytakach ogranicza się do sytuacji, w której części manipulowane szybko są chwytywane, transportowane i pozycjonowane (ze względu na występowanie błędów zmiennych w czasie). Duży upływ prądu w poszczególnych gałęziach obwodu wymaga zastosowania szybkich multiplexerów bezpośrednio do każdego czujnika. Inną możliwością jest zastosowanie rejestrów przesuwanych CCD (Couple Charge Device) z pojedynczymi dostępnymi komórkami. Właściwości powłoki wykonanej z polimeru PVDF nie ograniczają się tylko do efektu piezoelektrycznego, zależą również od zmian temperatury. Dlatego też przy zastosowaniu polimeru piezoelektrycznego PVDF w czujnikach taktylnych problem temperaturowy jest jednym z poważniejszych. Dlatego też w niektórych rozwiązaniach [13] w matrycy sensorów taktylnych stosuje się również termoelementy do pomiaru i kompensacji temperatury. Na rys. 8 przedstawiono dwuwymiarową matrycę zawierającą



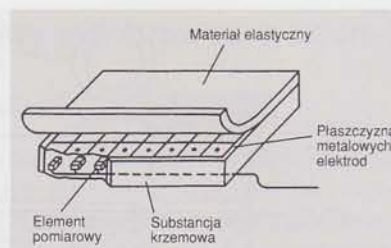
Rys. 8. Schemat budowy sensora taktylnego z czujnikiem temperatury

Na rys. 9 przedstawiono fizyczną budowę czujnika taktylnego wykonanego w technologii wysokiej skali integracji - VLSI [14]. Warstwa przewodzącego tworzywa sztucznego styka się bezpośrednio z obwodem wykonanym w technologii VLSI. Duże metalowe elektrody wykonane są na powierzchni układu scalonego metodą metalizacji (analogowe i cyfrowe elementy obliczeniowe wykonane są

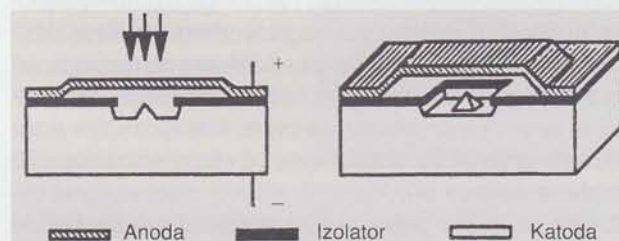
bez tej warstwy). Elektrody wykonane są z aluminium, co zapewnia najlepsze połączenie tej warstwy układem scalonym. Typowa szerokość elektrod wynosi 0,1 lub 0,2 mm. Do

każdej z par elektrod doprowadzany jest pewien prąd testowy, który umożliwia pomiar upływności tego prądu do najbliższych obszarów przewodzącego tworzywa. Pozwala to na określenie dopuszczalnej wartości deformacji (nacisku) w poszczególnych punktach matrycy. Odczyt siły działającej na czujnik odbywa się przez pomiar zmiany wartości rezystancji przewodzącego tworzywa sztucznego, które jest deformowane przez zewnętrzny nacisk.

Proces wytwarzania monolitycznego pojedynczego czujnika lub matrycy scalonych sensorów taktylnych opisano w pracy [15]. Schemat pojedynczego czujnika przedstawiono na rys. 10. Poszczególne czujniki (lub cała matryca) wykonywane są na podłożu Si, w pokojowej temperaturze poprzez trawienie; maskę wykonuje się w 0,5 µm warstwie



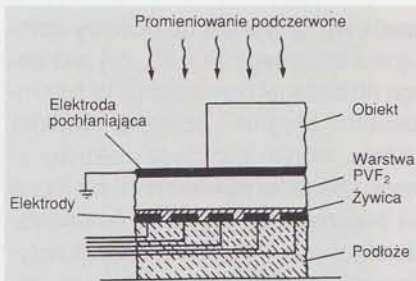
Rys. 9. Budowa czujnika w technologii VLSI



Rys. 10. Schemat budowy czujnika w technologii VLSI

dwutlenku krzemu, poprzez utlenianie w temperaturze 1100 °C. Zastosowanie azotanu kwasu amonowo-fluorowego pozwoliło na uzyskanie ostrzy zbliżonych do piramidalnych oraz umożliwiło kontrolę prędkości trawienia krzemu od 50 do 2000 Å/min. Trawiona powierzchnia jest bardzo gładka bez żadnych nierówności. Po wstępnym ukształtowaniu ostrza jego powierzchnia jest pokrywana naturalnym tlenkiem, którego przyrost uzyskuje się przez nagrzewanie w powietrzu o temperaturze ok. 150 °C. Następnie na ostrze jest nakładana rezystancyjna warstwa ochronna, która jednocześnie służy do odpowiedniego ukształtowania anody czujnika i odizolowania jej od katody. Odległość między anodą a ostrzem nie jest większa niż 1000 Å. Po naparowaniu 2 µm warstwy Al warstwa zabezpieczająca jest wypłukiwana i otwiera się okienko w metalu (aluminium) stanowiącym anodę. Następnie tak wykonany element zamykany jest w próżniowej komorze, gdzie pokrywany jest 3 - 4 mm warstwą SiO₂. Najmniejsze czujniki z pojedynczym ostrzem i anodą mają rozmiar 20 x 20 µm, zaś największe mają matrycę 9 x 9 ostrzy z anodą 200 x 200 µm.

Na rys. 11 przedstawiono przekrój poprzeczny czujnika taktylnego, w którym wykorzystano promieniowanie podczerwone [16]. Sensor taki jest przeznaczony do detekcji przedmiotu leżącego na warstwie polimeru (fluorku winylidenu PVF₂) naświetlanego promieniowaniem podczerwonym.



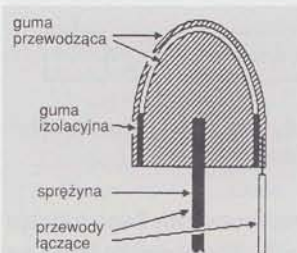
Rys. 11. Budowa czujnika taktylnego

W czujniku tym zastosowano piezoelektryczne i piroelektryczne właściwości polimeru PVF_2 (polegające na wytwarzaniu ładunków elektrycznych przez materiał poddany działaniu temperatury). Pierwsza faza działania czujnika polega na pomiarze ładunków wytwarzanych przez polimer PVF_2 , którego temperatura zmienia się na skutek działania promieniowania podczerwonego. W następnej fazie, gdy czujnik naciska na badany obiekt następuje identyfikacja obiektu przez pomiar zmiany właściwości piezoelektrycznych cienkiej warstwy PVF_2 , proporcjonalne do nacisku wywieranego przez obiekt. Dwa niezależne elektroniczne bloki skanują powierzchnię polimeru PVF_2 . Jeden blok generuje ładunki, które są przetwarzane przez indywidualne wzmacniacze prądowe o wysokiej impedancji na odpowiednią wartość napięcia i docierają do każdego z sensorów. Przez porównanie wartości napięcia z wartością odcięcia możliwe jest rozróżnienie ekranowanych sensorów od innych i w ten sposób zrekonstruowanie „cienia” obiektu na matrycy. Do zdobycia informacji o położeniu i orientacji używane są specjalne algorytmy, które są znacznie szybsze i prostsze od metod wizyjnych. Informacje te mogą być wykorzystane przez blok kontroli do sterowania trajektorią chwytaka. Drugi elektroniczny blok został zaprojektowany w celu dostarczania ciągłego sygnału (niebinarnego) wytwarzanego przez każdy czujnik PVF_2 podczas pomiarów. W bloku tym ładunki wytwarzane przez czujniki PVF_2 przechodzą przez analogowy multiplexer i wysyłane są sekwencyjnie do pojedynczego wzmacniacza. Wynikowy sygnał napięciowy jest przekształcany na cyfrowy (digitalizowany) i przetwarzany przez jednostkę kontrolną (komputer) w celu zidentyfikowania nacisku działającego na czujnik. Jako udoskonalenie płaskiej matrycy sensorycznej możliwe jest zbudowanie czujnika w postaci pojedynczego palca, lub całej sztucznej dłoni.

Sensory taktylne przemieszczeniowe

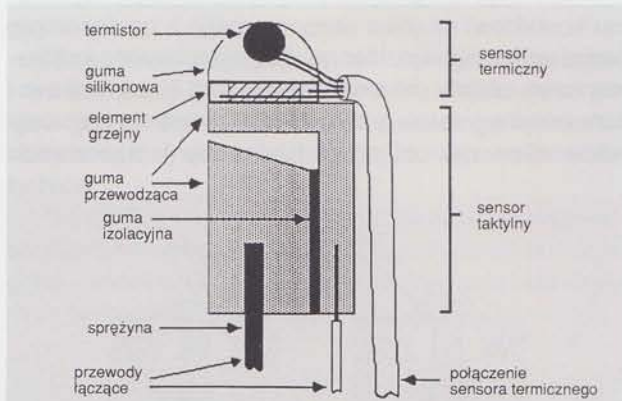
Dotknięcie sensorem obiektu i określenie siły nacisku można również realizować przez pomiar odkształceń (deformacji), posługując się czujnikami przemieszczenia. Dokładność pomiaru siły zależna jest od właściwości elastycznych materiału, z którego wykonany jest czujnik i od dokładności wykonania przetworników.

Do badania trójwymiarowego otoczenia [17] zastosowano miniatury sensor taktylny, którego kolistę zakończenie składało się z dwóch warstw przewodzącej gumy, oddzielonych warstwą powietrza (rys. 12). Siła pojawiająca się podczas



Rys. 12. Schemat sensora taktylnego z warstwami przewodzącej gumy

dotknięcia czujnikiem obiektu powoduje odkształcenie warstwy powierzchniowej i zaistnienie kontaktu obu przewodzących warstw gumy. W tej samej pracy [17] zastosowano czujnik termiczny jako sensor taktylny. Na rys. 13 w dolnej części przedstawiono schemat czujnika taktylnego, zawierającego dwie warstwy przewodzącej gumy, a w górnej części czujnik termiczny, składający się z rezystora (jako źródła ciepła) i termistora. Jeżeli czujnik termiczny dotknie zewnętrznego obiektu, to temperatura czujnika obniży się na skutek transmisji ciepła. Spadek temperatury (albo wzrost przy chwytyaniu gorących obiektów) zarejestrowany przez termistor zależeć będzie od charakterystyki termicznej chwytanego obiektu.



Rys. 13. Podwójny sensor taktylny

Pojemnościowy czujnik taktylny wykorzystuje jedną z możliwości pomiaru przemieszczenia jaką jest pomiar odległości między dwoma prostopadłymi warstwami kondensatorów – zmianę pojemności. Zastosowanie matrycy elektrod pozwala na rozmieszczenie dużej ilości elektrod na niewielkiej powierzchni. Umieszczenie elastycznej maty będącej dielektrykiem pomiędzy płaszczyznami elektrod pozwala na uzyskanie sensora taktylnego.

Na rys. 14 przedstawiono przekrój poprzeczny pojedynczego czujnika taktylnego pojemnościowego o budowie mostowej [18] (sensor taktylny zawiera matrycę 32 x 32 elementów krzemowych o 8-bitowej rozdzielczości).

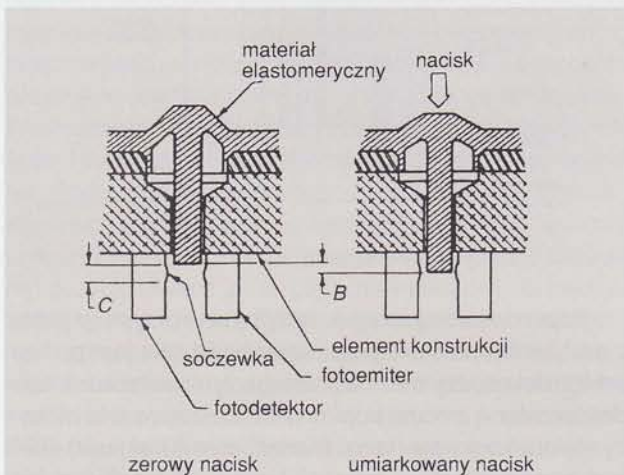
Każdy z elementów matrycy o grubości 500 μm ma strukturę mostową, tzn. po obu jego stronach znajdują się sztywne podpory. Przyłożona siła ugina środkową część mostu proporcjonalnie do wartości siły, co jest powodem zmiany pojemności pomiędzy warstwą krzemu a warstwą metalu znajdującą się na szklanym podłożu. Układy sterujący i odczytujący wykonane są w postaci układów scalonych. Obydwa układy montowane są na tym samym podłożu, co matryca taktylna. Rzeczywista matryca wykonana była przy zastosowaniu specjalnej technologii krzemowo-szklanej, umożliwiającej uzyskanie matrycy 64 x 64 elementów o wymiarze 250 μm o 6-bitowej rozdzielczości.



Rys. 14. Przekrój poprzeczny czujnika

W czujniku pojemnościowym z przemieszczającym się dielektrykiem [19] w szczelinie pomiędzy dwoma współśrodkowo umieszczonymi cylindrami przemieszcza się mechanizm z materiału dielektrycznego o dużej przenikalności elektrycznej względnej (stałej dielektrycznej). Po zbudowaniu matrycy takich czujników można mierzyć przemieszczenia w kierunku prostopadłym do powierzchni matrycy. Pojedynczy czujnik w postaci kondensatora cylindrycznego umieszczony jest na płycie obwodu drukowanego. Pionowo poruszający się element dielektryczny zamocowany jest w elastycznej membranie, która ustala również ostrze czujnika w pozycji wyjściowej po ustąpieniu nacisku.

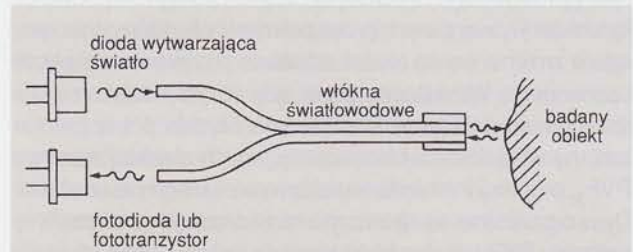
Informacja taktylna jest otrzymywana dzięki fizycznemu kontaktowi czujnika sensorycznego z powierzchnią badanego przedmiotu. Na rys. 15 przedstawiony jest elementarny czujnik przemieszczenia [20] – matryca sensora taktylnego składa się z 64-elementowej siatki czujników. Ten typ czujnika zbudowany jest z dwóch



Rys. 15. Przekrój poprzeczny elementarnego czujnika

integralnych części. Pierwsza część jest mechaniczna i umożliwia wykrycie przemieszczenia zaistniałego na zewnętrznej stronie czujnika (służy jako deflektometr). Druga wykorzystuje zjawiska elektrooptyczne-mechaniczne – przemieszczenie zamieniane jest na sygnały elektryczne przekazywane dalej do procesora. Mechaniczna część czujnika (zewnętrzna warstwa) powinna być podatna na nacisk. Integralną częścią elastycznej warstwy jest „nóżka” wykonana z tego samego materiału, który pod wpływem nacisku przesuwają się w dół struktury czujnika. Końcówka nóżki wystaje poza warstwę elastyczną. Wartość o jaką wysunięta jest nóżka zmienia się wraz ze wzrostem nacisku na powierzchnię czujnika. Podstawowym zespołem części elektrooptycznej jest zespół fotoemiter-fotodetektor, przyporządkowany każdemu elementarnej czujnikowi. Emiter i detektor umieszczone są naprzeciw siebie w niewielkiej odległości. Światło wysyłane przez emiter i odbierane przez detektor może być częściowo (lub całkowicie) przesłonięte przez nóżkę warstwy elastycznej przemieszczającej się pod wpływem nacisku na powierzchnię sensora. Jako emiter światła można zastosować diodę LED, zaś jako detektor-fototranzystor.

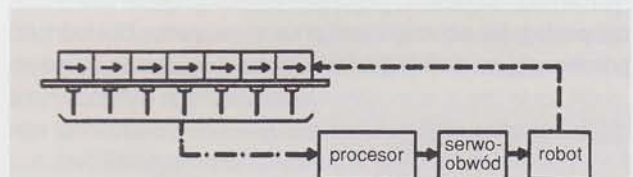
Podstawową zasadą wykorzystaną do budowy optoelektronicznego czujnika taktylnego [21, 22, 23] jest detekcja światła odbitego od badanej powierzchni. W tym rodzaju czujnika światło biegnie poprzez włókna światłowodowe od źródła, którym jest dioda elektroluminescencyjna, w kierunku badanej powierzchni, od której się odbija i powraca poprzez drugie włókno światłowodowe padając na fotodetektor (rys. 16). W sensorach optycznych stosuje się modulację fazy albo modulację amplitudy światła. Jako najważniejsze zalety sensorów elektrooptycznych podaje się [23]: niewrażliwość na im-



Rys. 16. Czujnik taktylny ze światłowodami

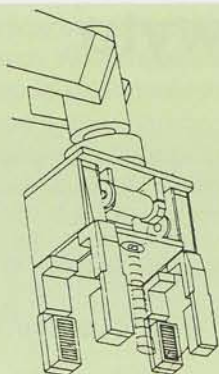
pulsy i pola elektromagnetyczne, wewnętrzne bezpieczeństwo na środowisko wybuchowe, wysoka izolacja elektryczna, bierne działanie (nie jest wymagana energia i elektronika w punkcie styku). Główną niedogodnością stosowania optycznych sensorów taktylnych jest zależność charakterystyki od stanu odbijającej powierzchni (krzywizny, barwa, chropowatość itp.).

Czujnik taktylny wykorzystujący moment dipolowy [24] przedstawiono na rys. 17 (schematyczny przekrój poprzeczny matrycy oraz schemat blokowy układu sterowania). Sensor zawiera matrycę mikroskopijnych transkonduktorów. Każdy element składa się z magnetycznego dipola umieszczonego w elastycznym ośrodku o podłożu zawierającym magnetorezystancyjne detektory. Wysokość tej warstwy nie przekracza 1 mm. Magnetyczny dipol w elastycznym ośrodku i magnetorezystancyjne podłoże znajdują się na równoległych płaszczyznach. Mechanizm działania pojedynczego sensora jest następujący: siła działająca na sensor zniekształca elastyczny ośrodek, w którym są umieszczone transkonduktory, powoduje to przesunięcie magnetycznego dipola względem magnetorezystorów, które wykrywają zmianę pola magnetycznego i wytwarzają sygnał elektryczny, przekazywany do ze-



Rys. 17. Przekrój poprzeczny matrycy oraz schemat blokowy układu sterowania taktylnego sensora dipolowego

wewnętrznej tablicy (pamięci mikroprocesora). Tego rodzaju sensory magnetyczne wykorzystujące zjawisko Halla są często stosowane ze względu na łatwość wykonania i wykrywania przemieszczeń równoległych do podłoża. Konfiguracja magnetorezystancyjnych sensorów jest uzależ-



Rys. 18. Widok chwytaka z sensorami taktylnymi, ultradźwiękowymi i siły

niona od siły i kierunku jej działania. Magnetorezystory wykonane są ze stopu ferromagnetycznego o składzie: 19% Fe i 81% Ni. Z powodu niewielkich rozmiarów sensorów możliwe jest zrobienie elektrycznych połączeń z każdym elementem poprzez wykonanie podłoża w technologii układu

nie sensora taktylnego jest proporcjonalne do działającej siły. Widok chwytaka z sensorami taktylnymi, ultradźwiękowymi i siły przedstawiono na rys. 18 [25].

Konkluzje

Jakkolwiek liczba prac teoretycznych dotyczących sztucznego zmysłu dotyku jest bardzo duża (np. w komputerowej bazie danych INSPEC za lata 1989-1996 zarejestrowano prawie 300 referatów), to rzeczywistych zastosowań w robotyce i maszynowej percepcji jest niewiele. Jest to spowodowane nie tylko brakiem niezawodnych i dokładnych matryc sensorów taktylnych, lecz także trudnościami w pozyskiwaniu, obróbce i komputerowej analizie sygnałów.

Współczesny postęp w technologii materiałów i miniaturyzacji środków elektroniki, a także nowe generacje komputerów stwarzają szansę stworzenia sztucznego systemu taktylnego do zastosowań w robotyce.

Niewątpliwie przyszłościowymi rozwiązaniami są sensory taktywne wykonane w technologii wysokiej skali integracji, umożliwiające budowanie matryc z kilkuset czynnych elementów.

scalonego. Dobrym materiałem jest SYLGARD, o podłożu z żywicy krzemowej.

W zastosowaniach chwytaków robotów dużą wagę przywiązuje się do budowy systemów wielosensorycznych. Jakkolwiek informacja taktylna może zawierać również dane o sile chwytu, to projektowane są również rozwiązania z oddzielnym systemem pomiarowym siły [25]. Na rys.18 przedstawiono schemat końcówki chwytnej z matrycą taktylną, podpartą sprężyną – przemieszcze-

Bibliografia:

- [1] Wang S.S.M., Will P.M.: Sensors for computer controlled mechanical assembly. The Industrial Robot, March 1987, pp. 9-18.
- [2] Bao C., van Brussel H.: A sensor controlled gripper system. Robotics and Autonomous Systems, 6/1990, pp. 283-295.
- [3] Pugh A.: Robot sensors. v. 2 Tactile and Non-vision. IFS (Publications) Ltd, UK, 1986.
- [4] Fearing R.S.: Tactile sensing mechanisms. The International Journal of Robotics Research, v. 9, No. 3, 1990, pp. 3-9.
- [5] Roberston B.E.: Tactile sensor system for robotics. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 89-98.
- [6] Takeda S.: Study of artificial tactile sensors for shape recognition. Proc. 4th Int. Symp. on Industrial Robots, Tokyo, 1974, pp. 199-208.
- [7] Page C.J., Pugh A., Heginbotham W.B.: Novel techniques for tactile sensing in a three-dimensional environment. Proc. 6th Int. Symp. on Industrial Robots, Nottingham, UK, 1976, pp. C4/33-46.
- [8] Mehdi M., Johns-Rahnejat P.M., Rahnejat H.: Elastostatic contact imaging for a mechanoreceptive tactile device. Robotica, 1993, v. 11, pp. 329-337.
- [9] Vranish J.M.: Magnetoresistive skin for robots. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 99-112.
- [10] Ren-Chyuan L., Fuling W.: An imaging tactile sensor with magnetostrictive transduction. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 113-122.
- [11] Checinski S.S.: Magnetoelastic tactile sensor. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 229-236.
- [12] Nakamura Y., Hanafusa H.: A piezoelectric film sensor for robotic end-effectors. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 247-260.
- [13] Rossi D.D., Canepa G., Magenes G., Germagnoli F., Caiti A., Parisini T.: Skin-like tactile sensor arrays for contact stress field extraction. Material Science and Engineering, C1, 1993, pp.23-36.
- [14] Raibert M.H., Tanner J. E.: Design and implementation of a VLSI tactile sensing computer. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 157-178.
- [15] Jiang J.C., Faynberg V., White R.C., Allen P.K.: Fabrication of micromachined silicon tip transducer for tactile sensing. J. Vac. Sci. Technol. B 11(6), Nov/Dec 1993, pp. 1962-1967.
- [16] Dario P., Bicchi A., Fiorillo A.: A sensorised scenario for basic investigation on active touch. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 237-247.
- [17] Russell A.: Tactile sensing of 3-dimensional surface features. Robotica, 1990, v.8, pp.111-115.
- [18] Kenichiro S.: High - density tactile sensor arrays. Advanced Robotics, Vol. 7, No. 3/1993, pp. 283 - 287.
- [19] Jaywant B.V., Onori M.A.: Robot tactile sensing: a new array sensor. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp.199-208.
- [20] Rebman J., Morris K.A.: A tactile sensor with electrooptical transduction. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 145-156.
- [21] Marszałec E., Marszałec J.: Światłowodowy czujnik dotyku/ciśnienia do zastosowań w robotyce i automatyce przemysłowej. Prace naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej, nr 77, 1988, str. 145-152.
- [22] Crosnier J. J.: Grasping systems with tactile sense using optical fibres. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp. 209-218.
- [23] Ristic R., Benhabib B., Goldenberg A.A.: Analysis and design of a modular electrooptical tactile sensor. IEEE Transactions on Robotics and Automation, v.5, no.3, June 1989, pp. 362-365.
- [24] Hackwood S., Beni G.: Torque-sensitive tactile array for robotics. Alan Pugh „Robot sensors. Tactile and Non-vision”. IFS Ltd, UK, 1986, pp 123-131.
- [25] Schmid D., Hardter H., Michalak E.: Taktile Sensoren für Adaptive Multisensorielle Greifersysteme. Robotersysteme, 1988, no. 4, s.157-160.

Rola czujników w planowaniu chwytu

mgr inż. Piotr Szabelak
Instytut Techniki Lotniczej
i Mechaniki Stosowanej
Politechniki Warszawskiej

Omówiono rolę czujników w problemie planowania chwytu. W układach manipulatorów z chwytem czujniki są niezbędne do zbierania informacji. Dane te są wykorzystywane w planowaniu chwytu: do określenia trajektorii podejścia chwytaka do przedmiotu, wyznaczenia właściwego chwytu przedmiotu i określenia trajektorii odejścia (ruch transportowy lub montażowy). Omówiono poszczególne rodzaje czujników, sposoby agregacji otrzymywanych z nich danych oraz zastosowanie czujników do aktywnego śledzenia.

Automatyzacja produkcji w przemyśle powinna zwiększać produktywność i uwalniać ludzi od monotonnej, ciężkiej czy niebezpiecznej pracy. Proste, powtarzalne czynności mogą być obecnie względnie łatwo zautomatyzowane, z kolei inne zadania mogą być tak zaprojektowane, aby je dostosować do tej nowej technologii. Jednak do wykonywania zadań w zmieniającym się otoczeniu należy stosować jeszcze bardziej „inteligentne” (autonomiczne) roboty, niż spotykane dotychczas.

Podczas pracy autonomicznego robota (manipulatora) wyróżnić można cztery procesy:

- zbieranie danych przez czujniki,
- interpretację danych,
- wnioskowanie,
- manipulowanie przedmiotami.

W najlepszym przypadku te cztery procesy powinny być wykonywane jednocześnie, w czasie rzeczywistym, i w taki sposób, aby każdy z nich dostarczał informacji pozostałym. Autonomiczny robot powinien stale realizować sprzężenie z otoczeniem i dostosowywać swoje zachowanie do zachodzących w tym otoczeniu nieoczekiwanych, niewielkich zmian.

Rodzaje czujników

Różnorodność zastosowań robotów i waga wykonywanych przez nie zadań sprawiają, że przy wyposażaniu ich w czujniki korzysta się z różnorodnych rozwiązań. W robotyce spotkać można liczne stosowane w technice czujniki i metody pomiarowe, włącznie z algorytmami do obróbki danych.

Metody pomiaru dzielimy na:

- zdalne: wizja, termowizja, pomiary ultradźwiękowe, pomiary w podczerwieni, pomiary odległości lub skanowanie wiązką laserową,
- kontaktowe (dotykowe): czujniki taktylne (w tym wąsy), wirtualne czujniki dotyku (punkty kontaktu z członami wyznaczane na podstawie momentów w przegubach), poślizgu i zderzeń, sił i momentów.

Ponadto czujniki stosowane w robotyce można podzielić na:

- wewnętrzne – dostarczające informacje o stanie manipulatora, chwytaka,
- zewnętrzne – dostarczające informacje o stanie otoczenia.

Typowe czujniki wewnętrzne to czujniki położenia katowych (enkodery) stosowane w manipulatorach o parach obrotowych. Przykładami czujników zewnętrznych są wymienione wyżej czujniki zdalne i kontaktowe.

Wizja, termowizja

Spośród wszystkich metod rozpoznawania otoczenia, najczęściej stosowane i najlepiej opracowane są metody wizyjne. Spotyka się wiele różnorodnych opracowań, w większości z nich obraz z kamery (a w stereowizji – z dwóch kamer) jest analizowany w celu ekstrakcji informacji o otoczeniu, w tym o kształcie, położeniu i orientacji obiektów. Stosuje się także metodę śledzenia obiektów i ocenę ich prędkości ruchu. W wielu przypadkach wizja jest jednym z wielu czujników. Często obliczenia prowadzi się w czasie rzeczywistym. Metody wizyjne są obecnie szeroko rozpowszechnione, są stale obiektem intensywnych badań i znajdują bardzo wiele zastosowań.

Czujniki ultradźwiękowe

Wśród tego typu czujników spotyka się dwa główne typy: mierzące zmiany propagacji fali akustycznej (do pomiarów natężenia przepływów gazów i cieczy, także temperatur) i (najczęściej stosowane w robotyce) czujniki odległości/obecności, wykrywające odbicia fal od obiektów i oceniające ich czas powrotu i amplitudę. Ta druga grupa czujników umożliwia:

- wykrywanie nieruchomych i poruszających się przedmiotów,
- pomiar odległości od obiektów oraz ich pozycji,
- określanie struktury obiektu – przez częściową separację echa, filtrację, klasyfikację z zastosowaniem logiki rozmytej i/lub sieci neuronowych,
- wyznaczanie faktury powierzchni – z użyciem technik korelacyjnych, holografii,
- rozpoznawanie obiektów trójwymiarowych,
- wykrywanie ruchu, wyznaczanie prędkości ruchu, natężenia przepływu, trajektorii i prędkości ruchu nad ziemią – dzięki wykorzystaniu efektu Dopplera.

Do zalet tych czujników należą: niski pobór mocy, niski koszt oraz (wykorzystywane w czujnikach odległości): kierunkowość wiązki, duża szerokość pasma wykorzystywanych częstotliwości, zdalny pomiar, wykrywanie obiektów z różnych materiałów, odporność na wilgoć, zanieczyszczenia, duża trwałość, dobra stabilność parametrów technicznych w długich okresach czasu.

W robotyce służą one najczęściej do rozpoznawania otoczenia i pomiarów odległości od obiektów. Czasem spotyka się rozwiązania konstrukcyjne, w których czujniki te tworzą listwy lub macierze. W tym drugim przypadku, dane po wstępnej obróbce mogą być dalej przetwa-

rzane przy użyciu algorytmów stosowanych dla obrazów wizyjnych. W tego typu urządzeniach typowym zabiegiem jest ustalenie odpowiedniej sekwencji wyzwalania poszczególnych czujników macierzy, co ma zapobiegać wzajemnemu ich zakłócaniu.

Spotyka się także praktyczne zastosowania tych czujników do inspekcji warstwy powierzchniowej (do kilku milimetrów).

Czujniki laserowe

Coraz częściej roboty wyposaża się w laserowe czujniki odległości, działające też w układzie skanerów przestrzeni.

Prosty czujnik odległości działa na zasadzie pomiaru czasu powrotu wiązki odbitej od obiektu. W skanerach laserowych instaluje się obrotowe zwierciadło, przez obracanie którego uzyskuje się efekt omiatania przestrzeni wiązką lasera. Można już spotkać takie rozwiązania, w których nie ma zwierciadła, a obracany jest cały generator wiązki – wymaga to jednak użycia precyzyjnych i szybkich silniczków.

Najczęściej spotykanym i najtańszym generatorem wiązki laserowej są laserowe diody półprzewodnikowe emitujące światło widzialne.

Czujniki podczerwieni

Obecnie nie są stosowane zbyt często, ustępując powoli miejsca czujnikom ultradźwiękowym i laserowym. Służą głównie do pomiaru zbliżenia oraz odległości od obiektów. Można znaleźć ich zastosowanie do skanowania przestrzeni wiązką podczerwoną w pewnym zakresie kątowym. Dane z tych pomiarów czasem łączy się z danymi z innych czujników, np. czujnika ultradźwiękowego.

Czujniki dotykowe

W miarę jak konstrukcja chwytaków umożliwia manipulację coraz bardziej zbliżoną do manipulacji ręką ludzką i w miarę jak pojawiają się nowe technologie, zmysł dotyku w zastosowaniach robotowych nabiera coraz większej wagi. W ostatnich latach pojawiło się dużo opracowań, dotyczących zarówno projektowania czujników dotykowych (taktylnych), jak i układów interpretujących dane z nich pochodzące.

W uproszczeniu czujnik taktylny składa się z macierzy niewielkich czujników nacisku rozmieszczonych obok siebie na elastycznym podłożu i przykrytych wierzchnią warstwą ochronną. Macierze te mają określoną rozdzielczość np. rzędu 1 mm, po 16x16 lub 64x64 elementów, grubości od 0,5 do kilku milimetrów. Każdy element macierzy ma wyprowadzenia na zewnątrz, więc jego stan może być monitorowany przez układ sterujący macierzy. Elementy działają na zasadzie zmian różnych właściwości pod wpływem nacisku, np. zmiany rezystancji gumy, piezoelektryczny, ciśnienie cieczy lub gazu.

Pojawiają się już prace na temat zagadnień związanych z wykorzystaniem czujników taktylnych w konkretnych zastosowaniach: do montażu elementów chwytaków

z miękkimi palcami, odbierania bodźców dotykowych przez chwytak przy zdalnej manipulacji, rozpoznawania kształtu i twardości obiektów, czy też sterowania siłą nacisku palca w strefie kontaktu z przedmiotem. W tym ostatnim przypadku, jako medium użyto żelu elektroreologicznego, którego lepkość zależy od potencjału przykładanego do elektrod (rzędu kilku kV/mm).

W jednej z prac podjęto interesującą próbę klasyfikacji materiałów stosowanych do budowy miękkich palców. Sprawdzano przydatność wybranych materiałów (plastiku, gumy, gąbki, proszku, pasty i żelu jako wypełniaczy do końcówek palców chwytaka. Pod uwagę brano siły powstające przy uderzeniach w pierwszej fazie kontaktu, przyleganie palców do przedmiotów i wytrzymałość końcówek. Jak się okazało najlepszym wypełniaczem jest gąbka, najgorszym zaś – plastik. Jednak użycie gąbki jest mało praktyczne – wielkość palców byłaby zbyt duża do osiągnięcia satysfakcjonujących parametrów. Tak więc, w świetle tych badań, najlepszym następnym po gąbce wyborem jest żel. Guma zajęła na tej liście dopiero czwarte miejsce, po proszku.

Jedną z metod znajdowania obrysu brył może być użycie czujnika-wąsa, ale nie jest ona tak efektywna, jak zaprezentowane wcześniej.

Czujniki sił i momentów

Obok wirtualnych czujników sił (gdzie siła wyznaczana jest ze znanego momentu napędowego i jej ramienia działania np. długości członu lub odległości do punktu kontaktu) stosuje się oddzielne czujniki, na ogół instalowane w przegubach. Są to najczęściej czujniki tensometryczne, indukcyjne lub optoelektroniczne i działają one zazwyczaj na zasadzie pośredniego pomiaru odkształceń sprężyny skrętnej (kąta obrotu osi) łączącej pierścieni na osi z korpusem. Wartości momentów można również mierzyć bezpośrednio w odpowiednio zaprojektowanych silnikach.

Do pomiaru sił tnących (na płaskiej powierzchni palców chwytaka) można zainstalować dotykowe czujniki o specjalnej konstrukcji: z powierzchni elastycznej, przezroczystej maty polimerowej wystają na wysokość kilku milimetrów odkształcalne stożki ścięte. Pod wpływem działania siły tnącej ścięte powierzchnie stożków przemieszczają się. Przemieszczenia te rejestruje się kamerą od spodniej, oświetlonej strony maty. Są dobrze widoczne, bowiem ścięte powierzchnie stożków są pomalowane na białą, pozostała część – na czarno. Przemieszczenia te pozwalają wyznaczyć wartości sił tnących, możliwe jest także wyznaczenie momentu, który wywołał obrót w płaszczyźnie stożków.

Technologie wykonania miniaturowych czujników sił w palcach chwytaków cały czas są przedmiotem badań.

Akcelerometry

Używane są do wykrywania drgań w dwóch sytuacjach:

- uderzeń manipulowanym przedmiotem, mogących stanowić źródło informacji o dokładności realizacji ruchu w końcowych fazach montażu,

- poślizgu przedmiotu trzymanego przez chwytak; zanik sił poprzecznych w strefie kontaktu i charakterystyczne drgania samowzbudne, towarzyszące przesuwaniu się przedmiotu, są sygnałem o przesuwaniu się go w palcach chwytaka; na ogół, jeśli poślizg nie jest zamierzony, sygnał taki powinien prowadzić do silniejszego zaciśnięcia palców chwytaka.

Wirtualne czujniki sił i dotyku

Jedną z metod, pozwalających obniżyć koszt projektowanego manipulatora, jest uniknięcie instalowania wyspecjalizowanych czujników dotykowych i pośrednie pozyskiwanie potrzebnych informacji o sile czy miejscu kontaktu z wartości momentów i współrzędnych wewnętrznych w przegubach manipulatora czy w palcach chwytaka.

Na przykład wstępne wykrycie punktu kontaktu z przedmiotem dokonuje się przez dotykanie bocznymi powierzchniami członów palca, a następnie dokładne - miękką końcówką palca. W innej metodzie do określenia pozycji trzymanego przez chwytak obiektu używa się jedynie informacji o położeniach członów i momentach. Stosuje się tam drzewo przeszukiwań wszystkich możliwych pozycji przedmiotu (wieloboku wypukłego obejmowanego dwoma palcami) i wybiera się najbardziej prawdopodobną.

Znając wartości momentów i położenia punktów kontaktu, łatwo można wyznaczyć siły oddziaływania na obiekt.

Interesujące rozwinięcie tego pomysłu polega na tym, że identyfikuje się kształt obiektu (nawet wklęsłość jego ścian) trzymanego przez pięciopalczasty chwytak. Odbywa się to przez: znalezienie sił w punktach kontaktu palca w przedmiotem (rozwiązanie zadania prostego np. metodą MES), odtworzenie kształtu przedmiotu (zadanie odwrotne, rozwiązywane np. przy użyciu sieci neuronowej).

Błędy w czujnikach

Czujniki robota mierzą fizyczne właściwości otoczenia robota: elektryczne, magnetyczne, optyczne itd. Jednocześnie, na skutek wprowadzanych przez nie ograniczeń (np. dokładność, szerokość pasma przenoszenia, niezawodność, stany nieustalone), wiedza robota o otoczeniu nie jest w pełni wiarygodna. Właściwe podejście do tego zagadnienia jest bardzo istotne, a jego ranga rośnie ze złożonością zadań wykonywanych przez robota. W spotykanych do niedawna rozwiązaniach konstrukcyjnych wprowadzano czujniki o wysokiej dokładności, a otoczenie robota było maksymalnie uporządkowane. Jednak takie rozwiązania są dość kosztowne, a otoczenie robota nie zawsze daje się uporządkować w zadowalającym stopniu. Bardziej praktyczne podejście, które przyciąga uwagę wielu badaczy, polega na wykorzystaniu informacji z wielu czujników różnego typu – agregacji odczytów.

Przyczyny obniżania wiarygodności pomiarów, dokonywanych przez czujniki, można podzielić na pochodzące od ich ograniczonej dokładności i wieloznaczności informacji. Tak, jak inne urządzenia, działanie czujników robota podlega zakłóceniom. Są to zwykle zakłócenia elektromagnetyczne, termiczne itp., ale również wynika-

jące z zanieczyszczenia. Dla układów wizyjnych dużym problemem stają się zmiany oświetlenia sceny, różna faktura i barwa powierzchni obiektów. Układy wspomagające czujniki mają również swój udział w powstawaniu błędów – przykładem mogą być błędy dyskretyzacji, czy też zużycie mechaniczne elementów czujnika. Każdy z tych błędów obniża wiarygodność wskazań i fałszuje rzeczywisty wynik.

Ważną klasą błędów, które pojawiają się w pomiarach, są błędy systematyczne. W tej klasie zawierają się wszystkie te błędy, które nie mają charakteru losowego. Błędy systematyczne powstają wszędzie tam, gdzie dane są niewłaściwie interpretowane lub są niespójne. Błędy pojawiają się w układach automatycznych lub robotycznych, gdzie dostarczane dane są niewystarczające do poprawnego dopasowania do wzorca mierzonego obiektu lub interpretacji (ekstrakcji wybranych cech), oraz tam, gdzie narusza się początkowe założenia poczynione w stosunku do otoczenia robota. W wielu pracach podkreśla się, że błędy systematycznie są zauważalne i różnią się od losowych, ale zarazem trudno sobie z nimi poradzić i często wymagają stosowania odrębnych metod obróbki.

Agregacja danych z czujników

Systemy składające się z wielu czujników różnego typu pozwalają uzyskiwać wystarczające informacje o otoczeniu, jak również zmniejszyć niejednoznaczność w postrzeganiu właściwości przestrzennych rzeczywistego otoczenia robota. Zadanie to wymaga zebrania z czujników danych różnego typu, danych czasem częściowo ze sobą sprzecznych. Wyzwaniem staje się wtedy znalezienie algorytmu, pozwalającego na zagregowanie danych, niwelującego wieloznaczność informacji i wpływ błędów. Algorytm nie powinien być zbyt złożony – nie powinien wymagać dużego nakładu obliczeń i powinien być łatwy do wdrożenia.

Przez zagregowanie wskazań z wielu czujników można otrzymać bardziej wiarygodne wyniki. Możliwe jest to dzięki temu, że w znacznym stopniu szumy własne danego czujnika nie są skorelowane z szumami pozostałych czujników. W niektórych pracach podkreśla się, że użycie dodatkowych czujników zawsze poprawia dokładność pomiarów.

Agregacja danych jest możliwa wtedy, gdy czujniki mierzą tę samą cechę (często w tym samym kierunku/stopniu swobody). Na ogół agregacji podlegają obrazy z kamer wizyjnych i obrazy czy też dane z czujników ultradźwiękowych lub podczerwonych.

Najczęściej stosowanym dotąd narzędziem matematycznym była metoda maksymalnej entropii (Janesa). W metodzie tej, przy założeniu, że zakłócenia są losowe i mają rozkład normalny, wykorzystując twierdzenie o prawdopodobieństwie warunkowym (tzw. Bayesa) i zależności Shanona-Janesa na entropię informacji, poszukuje się najlepszego (najbardziej prawdopodobnego, o maksymalnej entropii) oszacowania cech otoczenia. Metoda umożliwia transformację danych z wielu czujników do jednego, wspólnego układu współrzędnych. Jej

zaletą jest włączenie elementu niepewności danych do modelu otoczenia i zminimalizowanie wpływu błędów pomiarów na uzyskane wyniki. Jednocześnie umiarkowana złożoność obliczeniowa umożliwia jej zastosowanie w układach manipulatorów pracujących w czasie rzeczywistym.

Rozwój nowych technologii informatycznych sprawia, że od pewnego czasu do wielu dziedzin wkraczają metody wykorzystujące logikę rozmytą i sieci neuronowe. Także w zakresie agregacji danych zdobywają one coraz większą popularność, zwłaszcza, że pojawiają się specjalizowane układy scalone, które pozwalają na sprawną implementację tych metod - daje to dużą szybkość przetwarzania i, z upływem czasu, coraz niższy koszt wdrożenia.

Aktywne śledzenie

Coraz większego znaczenia nabierają obecnie badania nad aktywnym śledzeniem otoczenia. W świetle tych badań wszystkie strategie zbierania danych przez czujniki da się podzielić na bierne i aktywne.

Dla przykładu rozważmy wizję robota. Trójwymiarowy obraz sceny można otrzymać po obróbce danych z dwóch statycznych kamer - jest to przykład strategii

biernej. Z drugiej strony można przemieszczać pojedynczą kamerę i zarejestrować zgodnie z pewnym algorytmem dwa obrazy (ujęcia) danego fragmentu otoczenia. Po rekonstrukcji również otrzymamy obraz trójwymiarowy, ale dane zostały zebrane w sposób aktywny.

Tak więc bierna strategia nie wymaga wykonywania żadnych ruchów czujnikami, w strategii aktywnej albo aktywnie przemieszczamy czujniki (strategia typu A), albo dokonujemy zmian w parametrach otoczenia (typ B). Dla przykładu, jeśli w trakcie rejestrowania kolejnych obrazów sceny zmieniają się warunki oświetlenia (np. przesunięcie źródła światła) lub kierunek padania wiązki laserowej (pozwalającej odtwarzać kolejne przekroje obiektu w danym widoku), to mamy do czynienia z aktywną strategią typu B. Do strategii typu A zaliczyć można wiele metod z wykorzystaniem omawianych wcześniej czujników: aktywną wizję, aktywne skanowanie za pomocą ultradźwięków, wiązki laserowej, podczerwieni, a także aktywne badanie przez dotyk.

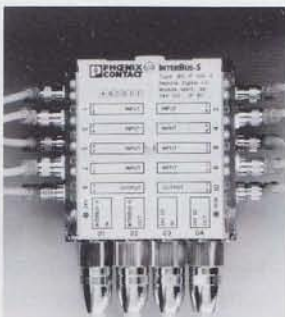
(Tekst w pełnej wersji z bibliografią dostępny u autora.)

Praca wykonana w ramach tematu centralnego Programu Automatyki, Technik Informatycznych i Automatyzacji - PATIA 1997.

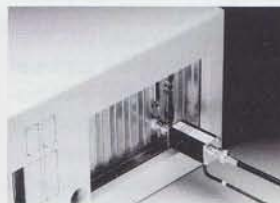


INTERBUS

System zapewniający pełne sterowanie poprzez zbieranie, przetwarzanie i transmisję danych w dowolnej instalacji lub obiekcie. INTERBUS obejmuje moduły kart do komunikacji z dowolnym sterownikiem przemysłowym, np. rodzina SIMATIC, ALLEN BRADLEY, GE FANUC, HONEYWELL,



AEG SCHNEIDER i wiele innych. Dzięki wielu producentom zrzeszonym w "INTERBUS - S CLUB" dostępna jest szeroka gama urządzeń automatyki sterowanych bezpośrednio protokołem INTERBUSA



TRABTECH

Kompletny system ochrony przeciwprzepięciowej dla zastosowań w instalacjach niskiego napięcia do 400V i częstotliwości poniżej 1GHz. System obejmuje rodzinę odgromników i ochronników zapewniających pełną ochronę dowolnych instalacji, w tym: sieci komputerowych, telekomunikacyjnych, transmisji danych,

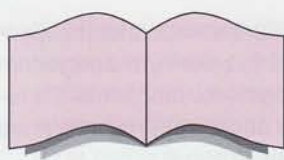


PEŁNA OFERTA FIRMY PHOENIX CONTACT

Firma Phoenix Contact oferuje również:

- złączki śrubowe o przekrojach **1,5 do 240mm²**
- złączki sprężynowe
- złączki do druku
- złącza przemysłowe
- PLUSCON**
- moduły przetworników wielkości fizycznych
- obudowy do automatyki
- końcówki rurkowe, narzędzia

Biura handlowe: **Biuro Handlowe Warszawa, 01-793 Warszawa, ul. Rydygiera 12, tel./fax (022) 663 47 84, 639 86 56**
Biuro Handlowe Gdańsk, 80-748 Gdańsk, ul. Chmielna 26, fax (058) 46 28 47, tel. (058) 35 43 52



NOWE KSIĄŻKI

Laboratorium zintegrowanych czujników pomiarowych – praca zbiorowa. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997, ISSN 0434-0825, s. 134.

Rozwój technologii elektronicznej, związana z nią miniaturyzacja i powstawanie nowych generacji układów scalonych oraz czujników, wreszcie scalanie czujników z układami elektronicznymi zmieniło filozofię tworzenia układów pomiarowych. Celem książki, napisanej przez specjalistów związanych z Politechniką Śląską, jest zapoznanie uczących się z nowymi elektronicznymi układami pomiarowymi, ich właściwościami oraz przykładowymi zastosowaniami, drogą wykonania dziewięciu ćwiczeń z użyciem czujników przeznaczonych do pomiarów technicznych i trzech ćwiczeń z czujnikami związanymi z aparaturą medyczną.

Ćwiczenie 1. umożliwia poznanie właściwości piezorezystancyjnych **czujników ciśnienia** oraz metodyki badań ich właściwości metrologicznych i sposobów kompensacji błędów temperaturowych.

Ćwiczenie 2. jest poświęcone poznaniu sposobów wykorzystania **czujników przyspieszenia** do diagnostyki technicznej maszyn oraz lokalizacji nieszczelności rurociągów.

Ćwiczenie 3. obejmuje poznanie właściwości niektórych typów **przepływomierzy** (elektromagnetycznych, turbinowych i ultradźwiękowych), stosowanych w pomiarach przepływu i określaniu poziomu cieczy.

Ćwiczenie 4. ma na celu zaznajomienie z **głowicami ultradźwiękowymi** oraz sposobami ich wykorzystania do pomiaru średnicy i grubości ścianek rurociągów.

Ćwiczenie 5. jest poświęcone poznaniu budowy, zasadzie pracy i właściwościom **zintegrowanych czujników temperatury** (termoelementy, termometry rezystancyjne, czujniki półprzewodnikowe).

Ćwiczenie 6. obejmuje poznanie **światłowodowych i optoelektronicznych czujników temperatury** (zgięciowych i luminescencyjnych) oraz właściwości optycznych **pirometru fotoelektrycznego**.

Ćwiczenie 7. poświęcono **czujnikom jonometrycznym**, właściwościom statycznym i dynamicznym **elektrod jonoselektywnych** w ich zastosowaniach do pomiarów z wykorzystaniem zarówno pojedynczej elektrody pomiarowej jak i w układzie matrycy w pomiarach wieloparametrowych.

Ćwiczenie 8. ma na celu poznanie budowy, zasady działania, sposobów kalibracji oraz typowych właściwości **czujników wilgotności gazów**.

Ćwiczenie 9. ma charakter technologiczny i obejmuje wykonanie w technologii grubowarstwowej grzejników oraz warstwy aktywnej na bazie dwutlenku cyrkonu wraz z elektrodami metalowymi **czujnika gazów**.

Ćwiczenia 10., 11. i 12. są poświęcone zastosowaniu **czujników w medycynie**: 10. – impedancyjnym metodom badania przepływu krwi w tkankach; 11. – pomiarom spirometrycznym (przepływ i ciśnienie) w badaniach toru oddechowego; 12. – jednoczesnym nieinwazyjnym pomiarem saturacji tlenowej – SaO_2 i pulsu.

Opis ćwiczenia obejmuje wprowadzenie teoretyczne zawierające informacje o budowie i rodzajach czujników danego rodzaju, opis ćwiczenia ze schematami układów pomiarowych, zadania do wykonania, problemy do rozwiązania i in-

terpretacji, spis literatury źródłowej oraz wykaz materiałów dokumentacyjnych dostępnych na stanowisku służącym do przeprowadzenia ćwiczenia.

Książka jest napisana przejrzysto, ćwiczenia dobrze udokumentowane, a część teoretyczna na tyle obszerna, że zupełnie wystarczająca, bez materiałów pomocniczych, do prawidłowego i ze zrozumieniem wykonania ćwiczenia.

Z analizy wykazów literatury źródłowej przytoczonych w książce widać wyraźnie, jak ubogie jest piśmiennictwo krajowe, w języku polskim, poświęcone czujnikom. Stąd z radością można powitać tę interesującą pozycję wydawniczą. Szkoda tylko, że niewielki nakład (255 egzemplarzy) nie pozwoli wszystkim chętnym na jej zakup.

Edward Stolarski

Zygmunt Biernacki: Sensory i systemy termooanemometryczne. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1997, wyd. 1, s. 308.

Jest to pierwsza na polskim rynku wydawniczym monografia - podręcznik zawierający kompleksowy wykład o charakterze interdyscyplinarnym, poświęcony sensorom i systemom pomiarowym przepływów cieczy i gazów.

Do najważniejszych i najczęściej mierzonych parametrów przepływającego medium należą: prędkość przepływu i temperatura. Dlatego w monografii wyeksponowano problematykę termooanemometrii i częściowo termometrii. Zamieszczono w niej informacje dotyczące działania i właściwości sensorów i systemów pomiarowych, warunków ich eksploatacji, jak również informacje dotyczące konstrukcji samych sensorów oraz przyrządów pomiarowych.

Część pierwszą książki poświęcono pomiarom przepływów gazów i cieczy, podając stosowane aktualnie rozwiązania przepływomierzy. Zamieszczono podstawy teoretyczne termooanemometrii, omawiając szerzej funkcjonowanie termooanemometrów konwekcyjnych, kalorymetrycznych, a także opisano anemometr z sensorem laserowym.

W części drugiej monografii opisano termooanemometrię ze znacznikami przepływającego medium (gazu), nazywane także impulsowymi lub falowymi. Używane są znaczniki radioaktywne w postaci obszarów zjonizowanego gazu, elektromagnetyczne i optyczne. Należą do nich również termooanemometrię falowe z przesylem termicznej fali znacznikowej. Część trzecią pracy zajmuje opis systemu termooanemometrycznego falowego wspomagane komputerem, ocena właściwości metrologicznych sensorów i systemu, w tym analiza dokładności jego kanałów pomiarowych.

Monografię uzupełnia prezentacja rozwiązań układowych i właściwości metrologicznych znanych firmowych systemów termooanemometrycznych: DANTEC, TSI Incorporated, Instytutu Mechaniki Górotworu PAN z Krakowa oraz własnego opracowania Autora – systemu termooanemometru falowego.

Zawarty w monografii materiał merytoryczny jest rezultatem wieloletnich, bogato udokumentowanych publikacji i patentami, doświadczeń Autora w konstruowaniu i eksploatacji sensorów i systemów termooanemometrycznych. Monografię uzupełnia obszerny zestaw wybranych doniesień literaturowych, w liczbie 169 pozycji, pozwalający Czytelnikowi na rozszerzenie i pogłębienie wiedzy w temacie objętym książką.

W sumie jest to pozycja cenna, godna polecenia szerokiego kręgowi osób zajmujących się pomiarami przepływów. Wypełnia ona lukę w ubogim krajowym rynku wydawniczym poświęconym tematyce czujnikowej.

Edward Stolarski

Stanowisko pomiarowe do badania par czujników temperatury liczników ciepła

mgr inż. Tadeusz Goszczyński
mgr inż. Elżbieta Jachczyk
doc. dr inż. Jacek Korytkowski
Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów w Warszawie

Omówiono przeznaczenie komputerowego stanowiska do sprawdzania dokładności charakterystyk par czujników temperatury elektronicznych liczników ciepła. Podano wzory aproksymacyjne charakterystyk rezystancyjnych czujników temperatury i omówiono metodykę sprawdzania tych charakterystyk. Opisano konfigurację stanowiska oraz jego właściwości funkcjonalne. Omówiono funkcje komputerowego programu PARY realizującego procedurę przygotowania i wykonania na stanowisku badań par czujników temperatury liczników ciepła.

Wysoka cena energii cieplnej dostarczanej odbiorcom za pośrednictwem wody gorącej, zwanej popularnie ciepłem, oraz dążność do stworzenia motywacji do oszczędzania spowodowały wprowadzenie obowiązku instalowania u nowych odbiorców ciepła liczników ciepła wody – ciepłomierzy.

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów w Warszawie opracowuje specjalizowaną aparaturę do sprawdzania ciepłomierzy: uniwersalny mikroprocesorowy tester TEC-300 [1, 2], laboratoryjne komputerowe stanowisko TEC-LEG do sprawdzania elektronicznych przeliczników ciepła [6], oraz modelowe laboratoryjne stanowisko pomiarowe KAL-401 do sprawdzania dokładności par rezystancyjnych czujników temperatury ciepłomierzy [3].

Należy podkreślić, że parowane rezystancyjne czujniki temperatury stanowią bardzo ważne elementy pomiarowe współczesnego elektronicznego ciepłomierza. Ciepłomierz taki składa się z następujących elementów: mikroprocesorowego przelicznika ciepła realizującego algorytm pomiaru wielkości wejściowych i wyliczenia energii cieplnej, tachometrycznego przetwornika przepływu wody oraz pary rezystancyjnych czujników pomiaru temperatury wody zasilania i temperatury wody powrotu.

Obecnie powszechnie stosuje się w ciepłomierzach selekcjonowane i odpowiednio dobierane w pary rezystancyjne czujniki temperatury typu Pt 100 [4] lub Pt 500, lub rzadziej Pt 1000. Pary rezystancyjnych czujników temperatury muszą podlegać badaniom w celu potwierdzenia, spełnienia odpowiednich wymagań, aby przy współpracy z przelicznikami ciepła zapewnić wymagane klasy dokładności pomiaru energii cieplnej całego układu pomiarowego ciepłomierza.

Komputerowe stanowisko KAL-401 umożliwi operatywne sprawdzanie par czujników temperatury ciepłomie-

rzy. Kryteria sprawdzania par czujników temperatury na stanowisku KAL-401 są zgodne z międzynarodowymi zaleceniami normalizacyjnymi OIML [5], projektem Normy Europejskiej dotyczącej ciepłomierzy (projekt niepublikowany, ale znany w postaci np. projektu Normy Niemieckiej DIN EN 1434-5) oraz zaleceniami GUM.

Zadania stanowiska i metoda badania par czujników

Para czujników ciepłomierza zawiera czujnik mierzący temperaturę wody zasilania i czujnik mierzący temperaturę wody powrotu w układzie pomiarowym licznika ciepła. Zadaniem tej pary czujników jest dostarczenie do elektronicznego przelicznika ciepła w celu zrealizowania jego algorytmu [5, 6] trzech informacji: o wartości bezwzględnej temperatury wody zasilania T_z , o wartości bezwzględnej temperatury wody powrotu T_p oraz o wartości różnicy tych temperatur D_T .

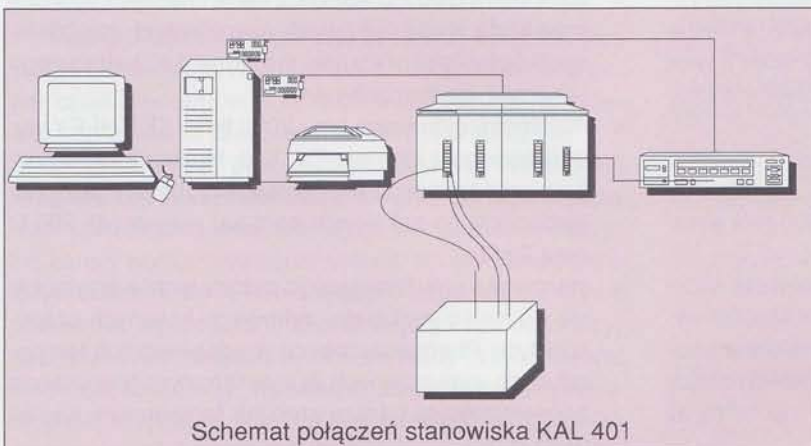
Głównym zadaniem komputerowego stanowiska KAL-401 jest sprawdzenie dla każdego czujnika ciepłomierza dokładności pomiaru wartości bezwzględnej temperatury w zakresie roboczym temperatur od minimalnej $T_{\min}$ do maksymalnej $T_{\max}$ oraz sprawdzenie dla każdej pary czujników dokładności pomiaru różnicy temperatur D_T w całym zakresie roboczym temperatur.

Wykonywanie tego zadania jest ułatwione dzięki następującym właściwościom funkcjonalnym stanowiska:

- umożliwianie dokładnego pomiaru rezystancji badanych czujników w trzech temperaturach;
- wyliczanie błędów pomiaru temperatury każdego czujnika w funkcji temperatury;
- wyliczanie błędów względnych pomiaru różnicy temperatur dla czujników zadeklarowanych jako pary dla zadanych zakresów pomiarowych różnicy temperatury od minimalnego ($D_{\min} = 3^\circ\text{C}$) do maksymalnego ($D_{\max}$);

realizowanie wybranych programów pomiaru zestawu czujników;

- umożliwianie prezentacji wyniku pomiarów na monitorze i drukowanie raportu z badania wraz z oceną błędów dla każdej pary czujników, a także zapamiętywanie na twardym dysku komputera wyników pomiarów w celu ewentualnego późniejszego wykorzystania.



Schemat połączeń stanowiska KAL 401

Metoda sprawdzania charakterystyk rezystancyjnych platynowych czujników temperatury wykorzystuje wzór aproksymacyjny zależności rezystancji platyny od temperatury podany przez zalecenie normalizacyjne IEC 751 [4] w postaci:

$$r = R_0(1 + A T + B T^2). \quad (1)$$

gdzie: r – rezystancja idealnego czujnika platynowego
 R_0 , A , B – stałe dla idealnego czujnika platynowego, ich wartości podaje dokument [2]
 T – temperatura w °C

Ze wzoru (1) wynika, że wystarczy dokonać trzech pomiarów $r_1^{(n)}$, $r_2^{(n)}$, $r_3^{(n)}$ wartości rezystancji dla n -tego czujnika w trzech różnych temperaturach T_1 , T_2 , T_3 , aby jednoznacznie określić stałe $R_0^{(n)}$, $A^{(n)}$ oraz $B^{(n)}$ równania aproksymacyjnego tego nieidealnego czujnika temperatury. Po wyliczeniu wartości tych stałych można następującym wzorem opisać równanie błędu bezwzględnego dla n -tego czujnika:

$$\delta = R_0^{(n)} - R_0 + (R_0^{(n)} A^{(n)} - R_0 A) T + (R_0^{(n)} B^{(n)} - R_0 B) T^2 \quad (2)$$

Po wyliczeniu wartości stałych równania aproksymacyjnego dla drugiego czujnika pary oznaczonego $n+1$ można następującym wzorem opisać równanie różnicy rezystancji czujników n oraz $n+1$ zadeklarowanych jako para czujników pomiarowych umieszczonych odpowiednio w temperaturach T_1 i T_2 :

$$\Delta = R_0^{(n)} - R_0^{(n+1)} + R_0^{(n)} A^{(n)} T_1 - R_0^{(n+1)} A^{(n+1)} T_2 + R_0^{(n)} B^{(n)} T_1^2 - R_0^{(n+1)} B^{(n+1)} T_2^2. \quad (3)$$

Wyprowadzone wzory (2) oraz (3) wykorzystuje program komputerowy stanowiska w celu wyliczenia i sprawdzenia czy określone egzemplarze czujników zadeklarowane jako para czujników spełniają odpowiednie wymagania dokładności w całym zakresie charakterystyki roboczej.

Zgodnie z projektem Normy Europejskiej dotyczącej ciepłomierzy (np. DIN EN 1434-5) oraz zaleceniami GUM każda para czujników pomiarowych powinna być sprawdzana w trzech temperaturach T_1 , T_2 , T_3 , zawartych w opisanych niżej zakresach:

- $35^\circ\text{C} \leq T_1 \leq 45^\circ\text{C}$ lub $T_{\min} \leq T_1 \leq T_{\min} + 10^\circ\text{C}$, jeżeli określona w decyzji o zatwierdzeniu typu ciepłomierza wartość $T_{\min}$ jest mniejsza od 20°C ;
- $75^\circ\text{C} \leq T_2 \leq 85^\circ\text{C}$;
- $T_{\max} - 30^\circ\text{C} \leq T_3 \leq T_{\max}$, gdzie $T_{\max}$ – górna granica zakresu temperatury określona w zatwierdzeniu typu ciepłomierza (lub typu pary czujników temperatury).

Na modelowym stanowisku KAL-401 można nastawić dowolne temperatury sprawdzania czujników, a więc i te podane wyżej zgodne z międzynarodowymi wymaganiami normalizacyjnymi:

Dopuszczalny błąd bezwzględny pomiaru temperatury czujnika nie powinien przekraczać 2°C , co odpowiada dla czujnika typu Pt 100 wartości ok. $800\text{ m}\Omega$ wyrażonej wzorem (2).

Błędy względne pomiaru różnicy temperatur dla zadeklarowanej pary czujników na stanowisku KAL-401 wyznaczane są w całym przedziale zmian temperatur zasilania i powrotu dla charakterystycznych wartości różnicy temperatur mierzonych przez parę od $D_{\min}$ (np. 3°C) aż do $D_{\max}$ (np. $T_{\max} - 40^\circ\text{C}$).

W tabeli zamieszczonej niżej podano kilka charakterystycznych punktów, dla których przytoczono, zgodnie z polskimi przepisami o ciepłomierzach, wartości błędów względnych granicznych dopuszczalnych pomiaru różnicy temperatur E_{Td} oraz odpowiadające dopuszczalne błędy bezwzględne $E_{Td} \cdot \Delta$ wyrażone w $\text{m}\Omega$ dla pary czujników typu Pt 100. Przy czym jako $D_{\min}$ przyjęto 3°C a jako $D_{\max}$ przyjęto 160°C . W tabeli oznaczono temperaturę czujnika gorącego T_G oraz zimnego T_Z .

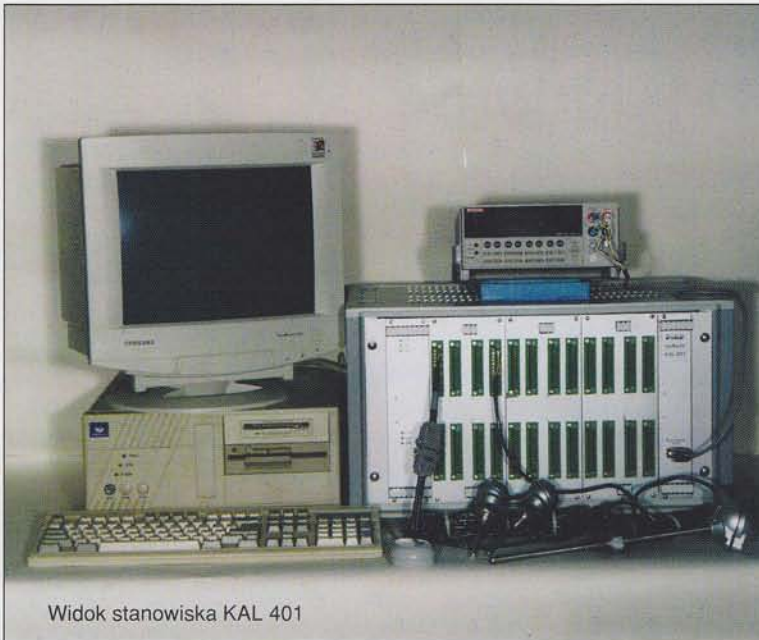
	$T_G [^\circ\text{C}]$	$T_Z [^\circ\text{C}]$	$E_{Td} [\%]$	$E_{Td} \cdot \Delta [\text{m}\Omega]$
1	$T_{\min} + 3$	$T_{\min}$	3,5	ok. 41
2	80	77	3,5	ok. 40
3	30	20	2,5	ok. 97
4	102	92	2,5	ok. 95
5	$T_{\max}$	$T_{\max} - 10$	2,5	ok. 93
5	40	20	1,25	ok. 97
6	112	92	1,25	ok. 95
7	$T_{\max}$	$T_{\max} - 20$	1,25	ok. 92
8	200	40	1,25	ok. 754

Różnice rezystancji stanowiące dopuszczalne graniczne błędy rezystancji czujników podaje kolumna piąta umieszczonej w artykule tabeli. Najmniejszy błąd różnicy rezystancji wynosi ok. $40\text{ m}\Omega$. Z tego wyprowadzić można wymaganie na dopuszczalny błąd pomiaru rezystancji dla samego stanowiska pomiarowego. Zazwyczaj przyjmuje się (np. wg normy EN 61298-1:1995), że układ pomiarowy może wносить błędy własne czterokrotnie mniejsze od wielkości mierzonych przez ten układ. W tej sytuacji należy wymagać od stanowiska pomiarowego błędu własnego pomiaru rezystancji co najwyżej $10\text{ m}\Omega$ przy pomiarze rezystancji ok. $130\text{ }\Omega$, (Pt 100, 80°C). Oznacza to wymaganie dokładności $0,007\%$ przy pomiarach rezystancji o wartości ok. $130\text{ }\Omega$. Dokładność taką zapewnia zrealizowane modelowe stanowisko KAL-401 o konfiguracji opisanej poniżej.

Konfiguracja stanowiska

Komputerowe stanowisko KAL 401 składa się z zestawu:

- komputera typu PC 486DX z kartą interfejsu IEC-625 oraz kartą wyjść cyfrowych równoległych rozdzielonych optoelektronicznie, monitora $14''$ kolorowego i drukarki do formatów A4;
- multimetru cyfrowego typu 2002 firmy KEITHLEY wyposażonego w interfejs IEC-625. Multimetr ten umożliwia czteroprzewodowy pomiar rezystancji z dużą dokładnością na zakresach pomiaru rezystancji $200\text{ }\Omega$ oraz $2\text{ k}\Omega$;
- sterownika umożliwiającego automatyczne przyłączenie do wejść multimetru cyfrowego kolejnych czujników typu Pt umieszczonych w odpowiednich temperaturach wytwarzanych w zewnętrznym termostacie zapewniającym bardzo stabilne temperatury kąpeli ($0,01^\circ\text{C}$).



Widok stanowiska KAL 401

Komputer zawiera w „slotach” magistrali ISA dodatkowe karty: wyjść i wejść cyfrowych izolowanych galwanicznie oraz kartę interfejsu IEC 625 dla zapewnienia bezpośredniej komunikacji ze sterownikiem stanowiska i multimetrem.

Stanowisko KAL 401 korzysta z następujących niezbędnych urządzeń dodatkowych:

- termostatu z regulacją temperatury umożliwiającego utrzymanie temperatury w zakresie $+20...+180\text{ }^{\circ}\text{C}$ o stabilności nastawy $\pm 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dla podwyższenia sprawności wykonywania pomiarów liczba termostatów może być zwiększona do trzech i odpowiadać liczbie 3 punktów pomiarowych temperatury czujników niezbędnych do obliczenia wszystkich współczynników funkcji (2) aproksymacyjnej charakterystyki czujników;
- czujnika wzorcowego temperatury, zwanego referencyjnym termometrem kontrolnym typu Pt 25 do pomiaru temperatury w termostacie, o dopuszczalnym błędzie $\pm 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sterownik zawiera zasilacze dostarczające galwanicznie izolowane napięcia potrzebne do prawidłowej pracy układów komutacji poszczególnych rezystancyjnych czujników temperatury oraz napięcie do zasilania obwodów wyjść separowanych galwanicznie karty wyjść cyfrowych z komputera.

Opisana wyżej konfiguracja zestawu i program komputera nazwany PARY umożliwia, po dołączeniu badanych par czujników temperatury oraz multimetru do stanowiska, realizowanie przebiegu badań automatycznie.

Program PARY pracuje w środowisku WINDOWS. Program ten umożliwia przyjmowanie danych o badanych parach czujników, obsługuje jednocześnie wszystkie kanały pomiarowe badanych par czujników temperatury i termometru referencyjnego, zapamiętuje wyniki pomiarów, wylicza dane charakterystyk aproksymacyjnych badanych czujników, określa błędy czujników oraz błędy par czujników, wyświetla tabele wyników pomiarów par czujników, umożliwia drukowanie oraz archiwizowanie wyników badań dokonanych na stanowisku.

Przy opracowaniu wyżej opisanego modelowego stanowiska komputerowego KAL 401 wykorzystano doświadczenia autorów uzyskane przy konstrukcji: komputerowego stanowiska badań ciepłomierzy SBC-1 zbudowanego w 1990 roku dla OBRC w Warszawie, mikroprocesorowego uniwersalnego testera TEC 300 opracowanego w 1992 roku i produkowanego dla przedsiębiorstw energetyki ciepłej w całej Polsce oraz komputerowego stanowiska TEC-LEG do badań przeliczników ciepła opracowanego w ramach projektu celowego dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych [7].

Prace obejmujące opracowanie modelu komputerowego stanowiska KAL 401 były finansowane ze środków własnych Instytutu. Zrealizowana w modelu stanowiska metodologia badań par czujników według zaleceń GUM i uzyskane pozytywne wyniki badań modelu tego stanowiska upoważniły do rozpoczęcia

prac nad prototypem stanowiska KAL-LEG w ramach nowego projektu celowego zatwierdzonego przez KBN. Stanowisko pomiarowe KAL-LEG przejdzie badania w GUM dopuszczające według obowiązujących przepisów do stosowania w kraju do sprawdzania par czujników liczników ciepła.

W przyszłości po pojawieniu się polskiej normy na liczniki ciepła, stanowisko KAL-LEG uzyska uprawnienia do badań legalizacyjnych par czujników temperatury tych liczników ciepła. Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów przyjmuje zamówienia na realizację stanowisk pomiarowych do badań par czujników temperatury ciepłomierzy na rok 1998.

Bibliografia:

- [1] Goszczyński T., Kowalski J.: Uniwersalny tester liczników ciepła. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja nr 11/1993, s. 351-352.
- [2] Goszczyński T., Korytkowski J.: Uniwersalny tester elektronicznych przeliczników ciepła oraz nowe laboratoryjne stanowiska do badań elementów pomiarowych ciepłomierzy. Informacja INSTAL nr 6/1996, Warszawa, s. 21-24.
- [3] Goszczyński T., Jachczyk E., Korytkowski J.: Komputerowe stanowisko do badania charakterystyk par czujników temperatury przeznaczonych do elektronicznych liczników energii cieplnej. Referaty konferencji AUTOMATION '97, Marzec 1997 r., Warszawa, Tom 2, s. 405-412.
- [4] IEC Publication 751. Industrial platinum resistance thermometer sensors.
- [5] Organisation internationale de metrologie legale. International Recommendation. Heat meters. OIML R 75. Edition 1988 (E). Paryż.
- [6] Korytkowski J.: Aproksymacja nieliniowych algorytmów licznika energii cieplnej z platynowymi rezystancyjnymi czujnikami temperatury. PAK Pomiary Automatyka Kontrola nr 8/ 1985, s. 191-193.
- [7] Goszczyński T., Korytkowski J.: Stanowisko pomiarowe TEC-LEG do badań przeliczników ciepła. PAR Pomiary Automatyka Robotyka nr 4/1997 s. 0-2.

Optosensory IDEC

– szybsze, mniejsze, odporne

W artykule przedstawiono ciekawsze produkty spośród szerokiego wachlarza sensorów japońskiej firmy IDEC będącej również znanym producentem sterowników PLC i urządzeń MMI.

Konstrukcje nowoczesnych sensorów coraz częściej wykorzystują najnowsze technologie. Dzięki zastosowaniu technik laserowych, ultradźwięków i podczerwieni możliwe są pomiary zdalne o wysokiej dokładności. Automatyzacja stawia sensorom nowe wymagania. Powinny mieć niewielkie wymiary i umożliwiać pomiary w trudno dostępnych miejscach. Muszą też generować stabilny sygnał niezależnie od zakłóceń i zmian parametrów środowiska.

Japońska firma IDEC produkuje sensory najwyższej jakości oparte na najnowszych technologiach mikroelektronicznych i optycznych wzbogaconych nowoczesnymi metodami przetwarzania sygnałów (np. algorytmami fuzzy-logic). Firma oferuje czujniki zarówno najprostsze, takie jak fotokomórki, poprzez laserowe i ultradźwiękowe sensory przemieszczeń, aż po wyspecjalizowane czujniki wody, koloru i urządzenia do identyfikacji znaczników. Sensory IDEC charakteryzują się niewielkimi rozmiarami, dzięki czemu mogą być stosowane w automatyce przemysłowej i robotyce. Ponadto wiele z nich wyposażonych jest w końcówki światłowodowe umożliwiające dotarcie do trudno dostępnych miejsc. Układy mikroprocesorowe umożliwiają implementowanie skomplikowanych algorytmów eliminacji zakłóceń i wpływów środowiskowych.

Detektory wody SA1W

Jednym z najnowszych produktów grupy sensorów IDEC jest detektor wody SA1W. Jest rozwiązaniem nowatorskim i niekonwencjonalnym, wykorzystującym nowoczesną technologię lasera podczerwonego. Sensor ten służy do wykrywania obecności wody zarówno w formie czystej jak i we wszelkiego typu roztworach. Czujnik składa się z laserowego

źródła promieniowania podczerwonego oraz detektora tego promieniowania. Dostępne są dwa wykonania sensora. Pierwsze z nich to wykonanie odbiciowe, w którym wiązka lasera odbija się od badanego obiektu i trafia do odbiornika. W drugim wykonaniu wiązka przechodząc od nadajnika do odbiornika przenika badany obiekt. Długość fali promieniowania lasera odpowiada dokładnie długości fali absorbowanej przez cząsteczki wody. Substancje takie jak szkło czy sztuczne tworzywo są dla wiązki przezroczyste. Czujnik reaguje więc

na obecność w badanej substancji molekuł wody. Dioda laserowa zaopatrzona jest w końcówkę światłowodową pozwalającą na dotarcie wiązki do miejsc trudno dostępnych. Zakres dopuszczalnej odległości badanego obiektu od końcówki zależy od typu sensora i jest rzędu kilku centymetrów. Ponieważ wiązka lasera podczerwonego jest niewidoczna, urządzenie wyposażono w pomocnicze źródło światła ułatwiające pozycjonowanie plamki. Wyjście czujnika jest dwustanowe i daje możliwość dostrojenia do potrzeb konkretnej aplikacji.



Sensor koloru SA1J

Czujnik może służyć do kontroli napełnienia butelek cieczami zawierającymi wodę (niezależnie od ich kształtu i koloru) a także do sprawdzania obecności farb, klejów a także wilgoci lub skroplin.

Sensory koloru SA1J

Czujniki te służą do identyfikacji koloru. Pomiar opiera się na analizie spektralnej światła odbitego. Źródłem światła są trzy diody monochromatyczne LED. Istnieją dwa wykonania czujnika o różnych wielkościach plamki. Dodatkową zaletą SA1J jest krótki czas odpowiedzi (0,3 ms). Porównuje kolor obiektu badanego z zapamiętanym uprzednio kolorem referencyjnym. Czujnik ma dwustanowe wyjście tranzystorowe. Strefa tolerancji porównania obserwowanego koloru z kolorem referencyjnym jest zadawana przez użytkownika. Dostępne jest również wykonanie trójkanałowe, pozwalające na zapamiętanie trzech kolorów referencyjnych. Sensor ma dwa rodzaje pracy: z uwzględnieniem lub ignorowaniem intensywności.

Sensory te znajdują zastosowanie do kontroli powtarzalności koloru (np. w lakierniach), mogą też służyć do sortowania a także do kontroli reakcji chemicznych kolorowych substancji, przy których następuje zmiana barwy.

SA1M – Identyfikacja obiektów oparta na pomiarze parametrów światła odbitego

SA1M jest jednocześnie czujnikiem dystansu i intensywności światła odbitego od obiektu. Jest specjalizowanym urządzeniem służącym do identyfikacji obiektów np. poruszających się na taśmie produkcyjnej, wyposażonym w dwa wyjścia analogowe (sygnały 4-20 mA). Pomiar odbywa się na zasadzie analizy odbitej wiązki laserowej. SA1M jest urządzeniem uniwersalnym i znajduje szerokie zastosowanie w kontroli produkcji i przy sortowaniu. Może służyć jako czytnik znaczników lub do liczenia ilości poszczególnych produktów przesuwających się na taśmie produkcyjnej.

Laserowy przetwornik odległości MX1C

Jest to mały, szybki, zintegrowany przyrząd do pomiaru odległości o zakresie 60-160 mm z rozdzielczością 0,05 mm z liniowym prądowym sygna-

łem wyjściowym 4-20 mA. Nadaje się do celów pozycjonowania a także kontroli prawidłowości precyzyjnego montażu (np. elektronicznego).

Fotokomórka z wyjściem analogowym SA1C-FK

Ciekawym rozwiązaniem jest czujnik, który powstał przez uzupełnienie klasycznej światłowodowej fotokomórki z ustawianymi progami przełączania o analogowy sygnał wyjściowy (prądowy, 4-20 mA) informujący o intensywności światła odbieranego. Sygnał ten, mimo iż nie przetwarza intensywności w sposób liniowy, pozwala tanim sposobem, między innymi, wykrywać zmiany przejrzystości substancji i błędy pozycjonowania przedmiotów.

Krzysztof Zajdel



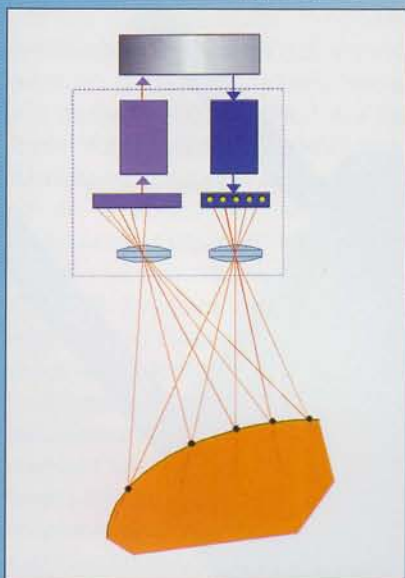
Laserowy przetwornik odległości MX1C

Wyłącznym dystrybutorem produktów firmy IDEC w Polsce jest
CompArt Automation
 Warszawa, ul. Hetmańska 35
 tel. (0-22) 610-85-49
 faks (0-22) 610-63-92

MOZAIKA SENSORÓW

SENSOR WIZYJNY

Fińska firma VTT Electronics oferuje sensor wizyjny do określania odległości, kształtu i położenia obiektów. Sensor spełnia podstawowe wymagania robotyki – jest niewielkich rozmiarów, zwartej budowy, o szerokim zakresie pomiarowym. Sensor może pracować w realnym czasie i charakteryzuje się dużą odpornością na zakłócenia. Sensor wizyjny składa się z dwóch modułów – nadajnika i odbiornika. Typowy nadajnik ma 13 mm zawiera matrycę złożoną z 32 elementów LED, emitujących promieniowanie o długości 950 nm. Nadajnik sterowany jest z komputera, który nadzoruje sekwencje skanowania, określa prędkość skanowania i inne operacje. Odbiornik zawiera układ optyczny i jednowymiarowy (linijkę) detektor – sygnały przesyłane są do komputera, gdzie są opracowywane i generowane są wyniki pomiaru. Podczas skanowania uaktywniany jest tylko jeden



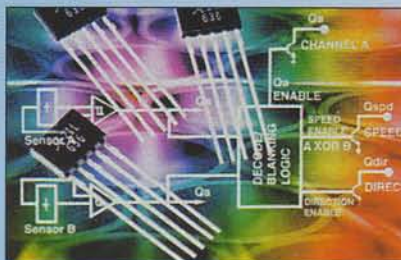
określony element i emitowany jest promień świetlny wysyłany w kierunku obiektu – pozycja źródła światła w odniesieniu do osi optycznej jednoznacznie określa kierunek promienia. Plamka świetlna na powierzchni obiektu jest widziana przez odbiornik – linia łącząca odbiornik z oświetlonym punktem tworzy kąt odbicia promienia. Odległość od obiektu wyliczana jest z zasady triangulacji. Aktywizując kolejne elementy LED uzyskuje się obraz powierzchni obiektu. Czas skanowania wynosi 80 ms. Firma proponuje sensory wizyjne o różnym zakresie działania – od

kilku centymetrów do kilku metrów. Sensory o zakresach do 1 m mają dokładność około 0,5%, do 2 m około 1% i około 3% dla zakresu do 3 m. Sensory mogą być stosowane dla obiektów o różnych kształtach oraz różnej strukturze powierzchni i różnych materiałach.

S1

SENSOR KIERUNKU RUCHU

Firma Allegro MicroSystems z Wielkiej Brytanii opracowała sensory wykorzystujące zjawisko Halla, przeznaczone do bezkontaktowego określania kierunku i prędkości ruchu. Seria sensorów oznaczona A3420, A3421 i A3422 zawiera po dwa czujniki Halla, oddalone od siebie o 1,5 mm. Każdy czujnik jest niezależnie pobudzany przez zewnętrzne pole magnetyczne i generuje wysoki lub niski sygnał, przekazywany do układu logicznego, w którym uzyskiwane są dwa niezależne sygnały wyjściowe reprezentujące prędkość i kierunek ruchu pola magnetycznego, przemieszczającego się wzdłuż czoła sensora. W układzie zastosowano regulator napięcia, zapewniający zasilanie obwodów napięciem 3V, przy źródle zasilania od 4V do 18 V.



Firma oferuje również inne sensory wykorzystujące zjawisko Halla, m.in.:

- serii A3134, przeznaczone do pracy w podwyższonych temperaturach (do 150 °C) oraz wykrywające niewielkie zmiany pola magnetycznego,
- serii A3195, generujące cyfrowy sygnał wyjściowy, gdy pole magnetyczne przewyższa uprzednio zdefiniowany punkt przełączenia.

S2

SENSOR OBROTU KÓŁ ZĘBATYCH

Firma Cherry Mikroschalter z Niemiec oferuje sensor, wykorzystujący zjawisko Halla, przeznaczony specjalnie do określania kierunku obrotu i prędkości obro-

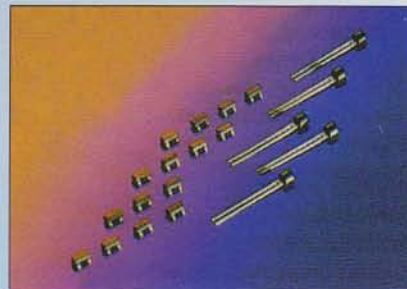


towej przekładni zębatych. Sensor typ HE-6150 ma wbudowany magnes stały, który wytwarza spolaryzowane pole magnetyczne. Sensor wykrywa ruch ferromagnetycznych elementów i pracuje poprawnie przy różnych modułach kół zębatych (dla różnych grubości zębów). Sensor ma wewnętrzny układ kompensacji zmian temperatury i nie wymaga zewnętrznego układu elektronicznego do obróbki sygnałów. Sensor typ HE-6150 jest zasilany prądem 20 mA w układzie otwartego kolektora.

S3

SENSOR POŁOŻENIA

Zintegrowany sensor TLE 49x5, wykorzystujący zjawisko Halla, oferuje firma Siemens Semiconductors do zastosowań w przemyśle, motoryzacji oraz w wielu urządzeniach elektronicznych. Sensor umożliwia bezdotykowy pomiar położenia i kąta obrotu. Sensor położenia z wyjściem cyfrowym oferowany jest

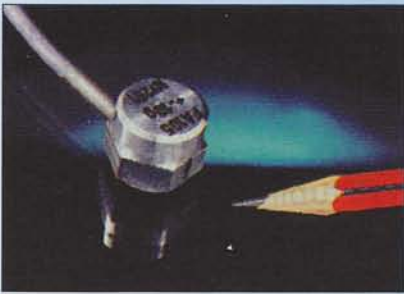


w wersji unipolarnej oraz bipolarnej i jest produkowany w postaci konwencjonalnej lub przeznaczonej do techniki montażu powierzchniowego SMD.

S4

SENSOR PRZYSPIESZENIA

Francuska firma FGP Instrumentation opracowała sensor przyspieszenia typ FA 105, charakteryzujący się małymi wymiarami i oryginalną konstrukcją, stworzoną na bazie śruby M5 (sensor znajduje się we łbie śruby, a gwint służy do bez-

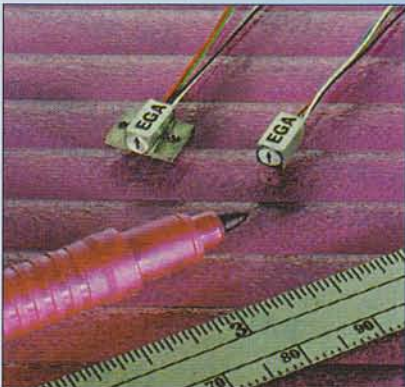


pośredniego zamocowania w badanym urządzeniu). Sensor ma masę tylko 8 g. Sensor serii FA 105 produkowany jest dla sześciu zakresów pomiarowych: 10, 20, 50, 100, 200 i 5000 g. Dokładność sensora wynosi do 1%.

S5

MINIATUROWY SENSOR PRZYSPIESZENIA DLA LOTNICTWA

Specjalnie do zastosowań w lotnictwie firma Entran Ltd. (Wielka Brytania) zbudowała sensor przyspieszenia o masie zaledwie pół grama i wymiarach 3,6x3,6x6,9 mm. Sensor typ EGA-125 mierzy przyspieszenia, wibracje i uderzenia. Może być stosowany w tych przypadkach, gdzie małe wymiary i niewielka masa czujnika mają pierwszo-



rzędne znaczenia, a więc oprócz lotnictwa korzystać z nich mogą przemysł samochodowy (szczególnie badania modeli nowych samochodów); mogą one być zastosowane w tunelach aerodynamicznych, przy badaniu wibracji maszyn itp. Sensor EGA-125 pracuje w całym zakresie przyspieszeń od 5 do 5000 g, w szerokim zakresie temperatur: od -40 do 120 °C. Układ elektroniczny umożliwia eliminowanie pików rezonansowych i zawiera różnego rodzaju zabezpieczenia.

S6

SENSOR WIBRACJI

Firma Monitran Ltd. z Wielkiej Brytanii oferuje sensor spełniający oczekiwania wielu inżynierów utrzymania ruchu

w zakładach produkcyjnych. Moduł oznaczony VS0003 daje się łatwo przymocować do urządzeń (wentylatory, pompy i inne maszyny z wirującymi elementami), których poziom wibracji należy monitorować. Sensor zawiera czujnik przyspieszenia i wewnętrzny

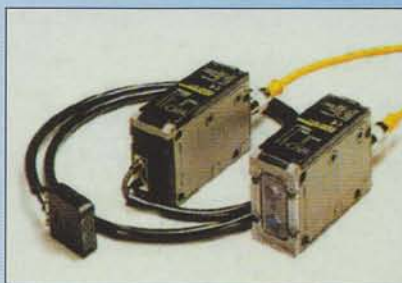


układ elektroniczny umożliwiający kontrolowanie poziomu wibracji i ostrzeganie w przypadkach przekroczenia dopuszczalnego poziomu wibracji. Na module zainstalowano układ świetlny sygnalizacji trzech poziomów wibracji: w normie (światło zielone), przekroczone (światło czerwone) oraz alarmowy (światło czerwone i sygnał dźwiękowy).

S7

SENSOR BARWY

Firma Omron prezentowała na Targach Hannoverskich w bieżącym roku serię cyfrowych sensorów barwy E3MC. Głowica sensora ma wymiary 10x30x30 mm i może być łatwo montowana do

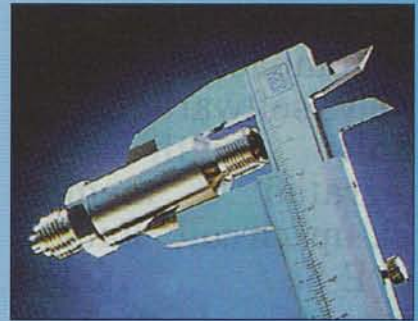


podstawy. Zakres pracy sensora wynosi 60±10 mm w wersji optycznej lub 20±4 mm w wersji ze światłowodem głowicą pomiarową. Obie wersje dostarczane są z wyjściem PNP lub NPN (natężenie prądu 100 mA). Czas odpowiedzi sensora barwy wynosi 1 ms. Napięcie zasilania od 10 do 24 V.

S8

SENSOR CIŚNIENIA

Szwajcarska firma Baumer Electric AG oferuje zwarty (o średnicy 19 mm i długości 71 mm, z końcówką łączącą M12x1) sensor ciśnienia dla hydrauliki i pneumatyki, z możliwością pomiaru ciśnienia o zakresie do 1000 bar. W sensorze zastosowano cienką membranę metalową i technologię gwarantującą stabilizację temperaturową. Komora ciśnieniowa wykonana jest ze stali chromowo-

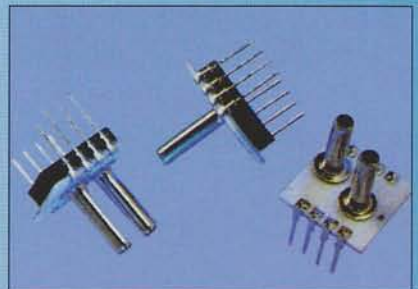


niklowej odpornej na nadzwyczajne obciążenia i tłumiącej piki ciśnienia. Właściwości mechaniczne i elektroniczne sensora umożliwiają jego użytkowanie w ciężkich warunkach pracy.

S9

SENSOR CIŚNIENIA DLA MEDYCYNY

Specjalnie do zastosowań medycznych firma Sabre Advanced Microelectronics Ltd. (Wielka Brytania) opracowała sensory ciśnienia, które montować można na płytkach układów elektronicznych. W oferowanej serii sensorów znajdują



się typy z kompensacją temperatury (SM5600), ze stałym prądem wzbudzenia (SM5611 i SM5651) lub ze stałym napięciem (SM5612 i SM5652). Sensory ciśnienia SM5611 i SM5612 przeznaczone są do pomiarów ciśnienia w zakresach od 0 do 5 psi (funt na cal kwadratowy) i od 0 do 100 psi, a sensory SM5651 i SM5652 dla ciśnień o zakresach od 0 do 0,3 psi i od 0 do 3 psi. Sensory mogą być stosowane także w przemysłowych układach pomiarowych.

S10

SENSOR NACISKU

Miniaturowy silikonowy piezorezystancyjny sensor nacisku, o wymiarach 3,8x4,9 mm, oferowany jest przez firmę Lucas Control Systems Products



(na ilustracji dwa sensory na tle znaczka pocztowego). Sygnał wyjściowy sensora charakteryzuje się wysoką stabilnością w zakresie temperatur od -40 do 125°C ; błąd powtarzalności wskazań jest mniejszy niż $\pm 3\%$. Zasilanie sensora wynosi 3 V, a pełen zakres sygnału wyjściowego 60 ± 20 mV.

S11

LASEROWY SENSOR GRUBOŚCI

Firma Keyence Corp. z Japonii oferuje bardzo szybki (1200 skanowań na sekundę) laserowy mikrometr model LS-5000, o dokładności $0,05 \mu\text{m}$. Zakres pomiarowy wynosi od 0,2 do 120 mm. Sensor zawiera cztery głowice skanujące, które podłączone są do układu steru-



jącego. Głowice skanujące są wodoodporne i pyłoszczelne – mogą więc pracować w ekstremalnych warunkach. Typowymi zastosowaniami są: pomiar grubości arkuszy materiału, kontrola położenia zewnętrznych krawędzi arkuszy, pomiar zewnętrznej średnicy przezroczystych rurek, pomiar średnicy zewnętrznej bardzo długich wałków, pomiar odległości między elementami itp.

S12

SENSOR TEMPERATURY

Niemiecka firma Heraeus Sensor GmbH oferuje 100 Ω platynowe sensory temperatury, zachowujące wysoką dokładność w całym zakresie pomiarowym od -50°C do 150°C . Maksymalna odchyłka wynosi od 0,12% do 0,5%, zależnie wymaganej klasy dokładności. Podczas 1000 godzinowego testu maksy-



malny dryf zera wynosił tylko 0,04%. Sygnał wyjściowy jest standaryzowany zgodnie z normą DIN EN 60751.

S13

SENSOR TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI

Wielofunkcyjny sensor, wykorzystujący nowoczesną technologię mikroprocesorową, opracowała firma E+E Elektronik GmbH z Austrii. Sensor typ EE30 dokonuje pomiarów wilgotności w zakresie od 0 do 100% w zakresie temperatur od -40 do 160°C . Pełna kompensacja temperaturowa umożliwia osiągnięcie wysokiej dokładności pomiaru. Sensor



oblicza temperaturę punktu rosy, temperaturę zamarzania, temperaturę pary wodnej, wilgotność absolutną i inne parametry. Wszystkie operacje obliczeniowe dokonywane są dzięki specjalnemu oprogramowaniu (współpraca z komputerem poprzez łącze RS232C).

S14

SENSOR TEMPERATURY Z PAMIĘCIĄ

Firma Dallas Semiconductor oferuje cyfrowy termometr z pamięcią (256 bitów EEPROM), wykonany jako element scalony typ DS1624. Dokładność sensora wynosi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ w zakresie temperatur od



0 do 70°C . Temperatura jest odczytywana jako 13-bitowa, tj. ze stopniem rozdzielczości $0,03125^{\circ}\text{C}$ w całym zakresie temperaturowym od minus 55 do plus 125°C .

S15

SENSOR TEMPERATURY DO UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH

Specjalnie do montażu na płytach układów elektronicznych firma Heraeus Sensor-Nite (Niemcy) opracowała platynowy sensor temperatury typ Pt 1000. Sensor wykonany jest w standardowej obudowie SOT223, a optymalny kon-



takt z płytą zapewniają żebra chłodzące. Dokładność pomiaru wynosi $\pm 0,5\%$ w zakresie temperatur od 50 do 150°C . Test 1000-godzinny pracy sensora wykazał tylko 0,04% dryf wskazań.

S16

SENSORY POŁOŻENIA

Niemiecka firma FRABA Sensorsysteme GmbH oferuje całą gamę sensorów położenia:

- encoder z SSI, wykonanie przemysłowe, przystosowany do pracy przy dużych obciążeniach, ze standardową rozdzielczością 25 bit, o transmisji do 1 Mbit/s,
- encoder z Profibus-DP, programowalny, o transmisji do 12 Mbit/s,

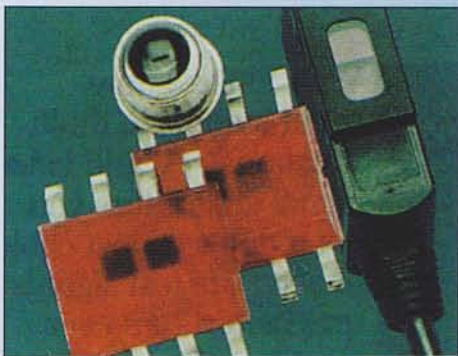


- encoder z CAN-BUS, o specyficznych właściwościach i programowalnej transmisji,
- encoder z Interbus-S, programowalny, z optyczną diagnostyką.

S17

FOTOSENSOR

Sensor typ iC-WQ, opracowany przez firmę iC-Haus GmbH (Niemcy), zastępuje konwencjonalne fotodiody w układach barier świetlnych. Jest to monolityczna konstrukcja z zintegrowaną fotodiodą, zapewniająca zarówno wysoką odporność na zakłócenia jak i techniczną niezawodność. Zmiana prądu fotosensora jest wzmacniana na pierwszym stopniu, a następnie filtrowana przez filtry dolno- i górnoprzepustowe.



Dla światła widzialnego lub bliskiego podczerwieni największą czułość sensor osiąga w przybliżeniu dla 100 Hz. Sensor iC-WQ produkowany jest w dwóch wersjach – tradycyjnej (w metalowej obudowie i ze szklanymi soczewkami) lub do montażu powierzchniowego.

S18

Dodatkowe informacje o poszczególnych czujnikach można uzyskać pisząc na adres redakcji, z zaznaczeniem symbolu sensora (S1–S18).

FESTO PNEUMATIC

Janki k. Warszawy
ul. Mszczonowska 7
PL 05-090 Raszyn
Tel. (22) 720 41 66
Fax (22) 720 44 76

Nowa generacja czujników

FESTO jako firma niezwykle innowacyjna i przodująca w dziedzinie automatyzacji procesów przemysłowych już dawno zauważyła konieczność ścisłego powiązania typowych elementów pneumatycznych z kompleksowym systemem sterowania. Obecnie pneumatyka to nie tylko siłowniki, zawory itd. ale również grupa elementów stanowiących powiązanie podzespołów wykonawczych z układem sterowania. Wyznając zasadę wszystko od jednego dostawcy konsekwentnie rozwija program produkcyjny w kierunku kompleksowej obsługi systemów automatyzacji produkcji. W chwili obecnej rodzina czujników FESTO została całkowicie zmodernizowana i rozszerzona o całą gamę nowoczesnych elementów spełniających surowe normy europejskie (np. znak CE wg EMV 89/336 EWG)

FESTO produkuje:

- ♦ czujniki do współpracy z napędami pneumatycznymi – SMEO, SMT0, SME, SMT, SMPO
- ♦ czujniki indukcyjne zbliżeniowe – SIEN, SIEH, SIES, SIEW
- ♦ czujniki optoelektroniczne – SOEG
- ♦ czujniki ciśnienia i podciśnienia – (V)PENV



AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA TECHNIKA STEROWANIA



SELS S.C. NAJWIĘKSZY POLSKI PRODUCENT CZUJNIKÓW ZBLIŻENIOWYCH

- indukcyjne czujniki zbliżeniowe
- indukcyjne czujniki zbliżeniowe iskrobezpieczne Ex
- pojemnościowe czujniki zbliżeniowe
- optyczne czujniki odbiciowe, refleksyjne oraz typu bariera
- indukcyjne czujniki ruchu
- sygnalizatory ruchu
- zasilacze do czujników

SELS S.C. WYŁĄCZNY DYSTRYBUTOR NIEMIECKIEJ FIRMY SENSOPART

- czujniki laserowe
- czujniki optyczne odbiciowe z eliminacją wpływu tła (background suppression)
- czujniki optyczne uniwersalne do współpracy ze światłowodami
- szeroki wybór światłowodów (szklane i z tworzyw sztucznych)
- czujniki ultradźwiękowe

OFERUJEMY wyroby renomowanych firm światowych:

- ♦ sterowniki PLC wraz z oprogramowaniem obiektowym ♦
- ♦ falowniki cyfrowe ♦ cyfrowe napędy do silników prądu stałego ♦
- ♦ układy łagodnego rozruchu SOFT START ♦ napędy do pomp i wentylatorów ♦
- ♦ napędy wrzecionowe do obrabiarek ♦ serwonapędy AC/DC ♦

Zapewniamy konsultacje techniczne, obsługę serwisową, gwarancyjną i pogwarancyjną.

Wieloletnie doświadczenie oraz nowoczesne technologie, gwarantują wysoką jakość oferowanych wyrobów.

SELS s.c., 02-641 Warszawa, ul. Malawskiego 5a, tel. 48 08 42, 48 52 81, fax 48 16 48, e-mail: sels@medianet.com.pl

Rekord A.W.[®] sp. z o.o.

Przedstawiciel światowych producentów aparatury kontrolno-pomiarowej



Proponuje:

- sygnalizatory: ciśnienia, temperatury, różnicy ciśnień
- przetworniki: ciśnienia, temperatury
- unikalnej konstrukcji **manometry z przetwornikiem analogowym ciśnienia** oraz **sygnalizacją**
- sygnalizatory i przetworniki poziomu na media ciekłe i sypkie
- przepływomierze oraz czujniki zaniku przepływu
- manometry, separatory oraz termometry
- manometry różnicy ciśnienia $\Delta P_{\min} = 0 \div 1$ [kPa] $P_{\text{st max}} = 415$ [bar]
- zawory przeciążeniowe, tłumiki pulsacji
- rotametry oraz telerotametry
- rurki spiętrzające Delta Tube[®] do pomiaru przepływu
- osłony procesowe (kształty i materiały zgodnie z zamówieniami klienta)



VERSAS GAUGE



Mid-West
Instrument

COMMERCIAL THERMOWELL
COMPANY

Szeroka lista aplikacji

Nasza aparatura pracuje nawet w najcięższych warunkach

Zapraszamy do współpracy nowych dystrybutorów

Rekord A.W. DZIAŁ AUTOMATYKI
05-802 Pruszków k. Warszawy, ul. Dolna 9
tel. (22) 759 85 88, (22) 759 85 98, tel./fax (22) 728 72 88

POLYCO 

OFERUJE

- separatory, bariery, multiplexery, wskaźniki w wykonaniu iskrobezpiecznym
- mierniki i sygnalizatory poziomu cieczy dla ekstremalnych warunków (420 Bar, 470 C)
- ultradźwiękowe i kalorymetryczne nieinwazyjne sygnalizatory poziomu i przepływu
- inteligentne obiektowe terminale dla stref Ex
- zabezpieczenia przed przepięciami
- osprzęt elektryczny dla stref zagrożonych
- przetworniki międzysystemowe I/P i P/I



POLYCO przedstawiciel firm:



POLYCO, 05-807 Podkowa Leśna 13, tel./fax 22 729 10 93

e-mail: polyco@supermedia.pl

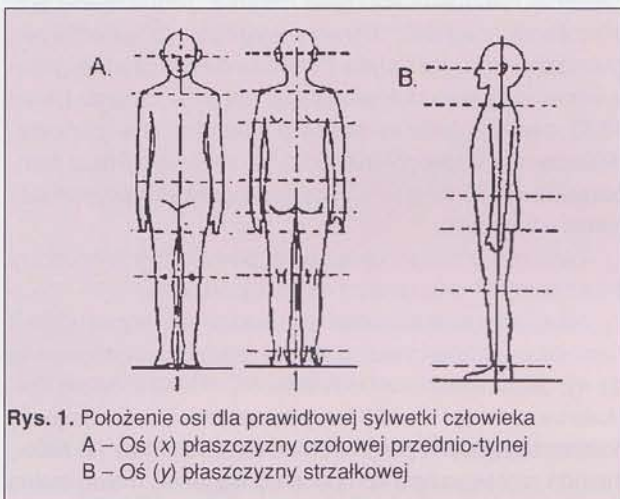
Stanowisko do pomiaru położenia rzutu środka masy człowieka w zastosowaniu do diagnostyki medycznej

mgr inż. Grzegorz Nitecki
mgr inż. Piotr Preibisch
Wojskowa Akademia Techniczna
w Warszawie

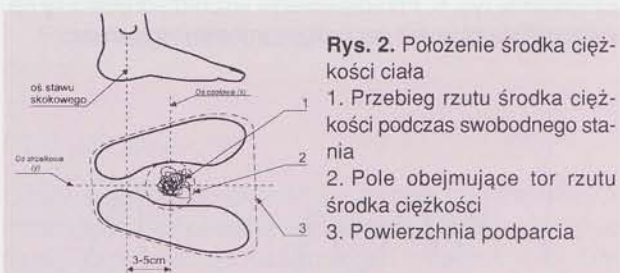
Skuteczność leczenia skrzywień kręgosłupa za pomocą zabiegu operacyjnego oraz kontrolę procesu rehabilitacji pooperacyjnej można ocenić analizując przesunięcie współrzędnych rzutu środka ciężkości ciała pacjenta.

Pomiar przemieszczenia rzutu środka ciężkości polega na rejestracji punktu przyłożenia wypadkowej siły oddziaływania stóp na podłoże. Metoda ta nosi nazwę stabilografii, natomiast zarejestrowany sygnał opisujący te zmiany zwany jest stabilogramem. Rzut środka ciężkości przemieszcza się po powierzchni koła, którego środek jest utworzony z przecięcia się dwóch osi (rys. 1), [1, 2]:

- ♦ osi czołowej przednio-tylnej przechodzącej przez środki kości łódkowatych obu stóp (x),
- ♦ osi strzałkowej biegnącej w płaszczyźnie środkowej ciała (y).



Obszar, w którym znajduje się środek ciężkości ciała w relacji do anatomii powierzchni podparcia, ukazuje rys. 2 [3, 4, 5]. Badania wykazały, że nacisk wywierany na podłoże przez stopy człowieka dotkniętego skrzywieniami kręgosłupa jest równomierny, wynika to z właściwości organizmu adaptowania się do odchylonej od normy postawy.



Stosując zabieg operacyjny korygujący kręgosłup powodujemy, w początkowym procesie adaptacji, zmianę rzutu środka ciężkości masy ciała. Przesunięcie to odzwierciedla nierównomierny nacisk stóp na podłoże. W procesie rehabilitacji przesunięcie to maleje i w efekcie końcowym zanika. Właściwy dobór ćwiczeń rehabilitacyjnych

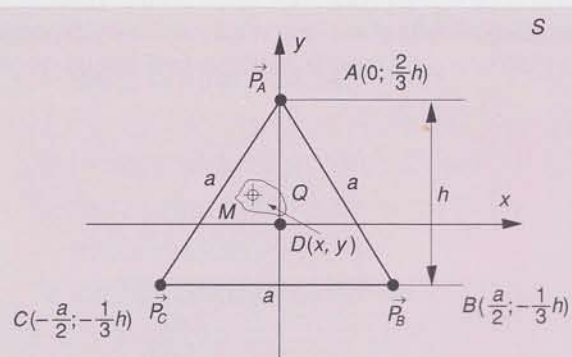
oraz ich stosowanie przyspieszają proces adaptacji w dużym stopniu. Duże zainteresowanie pomiarami posturograficznymi przyczyniło się do opracowania szeregu urządzeń stabilograficznych.

W Instytucie Podstaw Elektroniki WAT przy współpracy Instytutu Chirurgii Urazowej i Neurochirurgii CSK WAM opracowano, kilka lat temu, metodę oraz urządzenie do pomiaru współrzędnych rzutu środka ciężkości masy człowieka. Urządzenie to miało pewne niedogodności związane z procesem tarowania, centrowania oraz wizualizacją pomiarów [4]. Powstała więc koncepcja opracowania nowego stanowiska pomiarowego bazującego na poprzednim rozwiązaniu, ale pozbawionego tych niedogodności.

Metoda pomiaru

Metoda pomiaru polega na określeniu sił reakcji w punktach podparcia sztywnej płaszczyzny poziomej. Na płaszczyźnie tej stoi człowiek utrzymując odpowiednią postawę, a jego stopy są ustawione w określonym miejscu. Przetworniki siły są usytuowane w wierzchołkach dowolnej figury geometrycznej.

Biorąc pod uwagę stabilność statyczną oraz minimalizując ilość przetworników pomiarowych wybrano do realizacji technicznej pomiar sił reakcji w trzech punktach podparcia, umieszczając przetworniki siły w wierzchołkach trójkąta równobocznego o boku a . Początek układu współrzędnych pokrywa się z geometrycznym środkiem płaszczyzny S . Ideę tą przedstawia rys. 3.



Umieszczona na płaszczyźnie S trójkąta równobocznego masa ciała M jest określona poprzez wektor siły ciężaru Q . Prosta działania tego wektora przechodzi przez płaszczyznę S w punkcie D będącym rzutem środka ciężkości masy M na tę płaszczyznę. Bez względu na

położenie masy M na płaszczyźnie S spełniona jest zależność:

$$Q = P_A + P_B + P_C \quad (1)$$

Położenie środka ciężkości masy M w tak przyjętym układzie współrzędnych $(x, 0, y)$ leżącym w płaszczyźnie S jest funkcją sił reakcji na podporach oraz geometrii płaszczyzny S .

W oparciu o równanie (1) oraz równanie równowagi momentów względem osi x i y otrzymujemy algorytm pomiaru współrzędnych rzutu środka masy:

$$x = \frac{a}{2} \cdot \frac{P_A - P_C}{P_A + P_B + P_C} \quad (2)$$

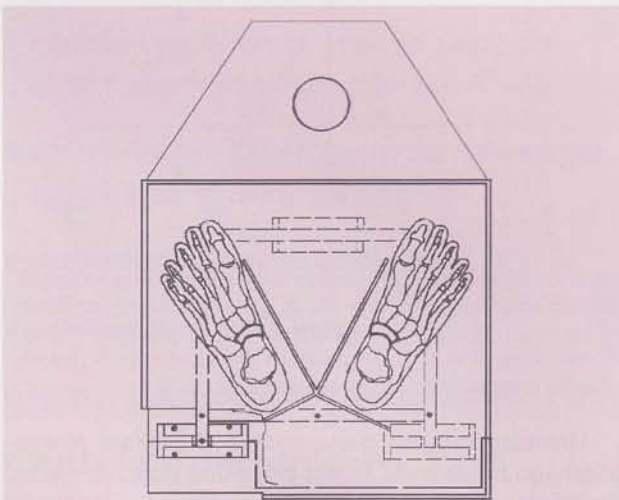
$$y = \frac{a}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{2P_A - P_B - P_C}{P_A + P_B + P_C}$$

Stanowisko pomiarowe

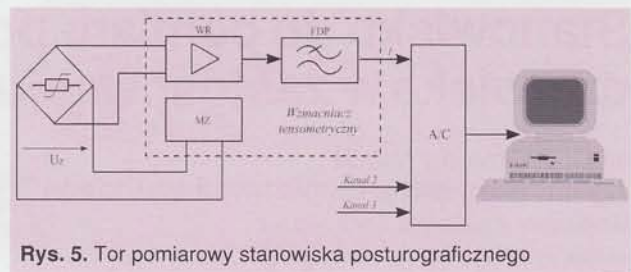
Główne elementy stanowiska to platforma posturograficzna, układ wzmacniania i formowania sygnałów oraz komputer wyposażony w kartę przetwarzania A/C, współpracujący z drukarką i ploterem.

Platforma składa się ze sztywnej podstawy, do której umocowano korpusy trzech czujników tensometrycznych do pomiaru siły, umieszczonych zgodnie z rys. 3. Do korpusów przymocowane są elementy sprężyste, na których naklejone są tensometry w układzie pełnego mostka Wheatstone'a. Na przetwornikach oparta jest szalka urządzenia związana mechanicznie z ramą nośną. Czujniki tensometryczne są początkowym elementem toru pomiarowego stanowiska. Do budowy czujników zastosowano tensometry typu 10/120 LP21 firmy Hottinger [4], uzyskując następujące parametry: zakres znamionowy 1000 Nm, przeciążalność 100 %, liniowość charakterystyki 0,1 %, przy napięciu zasilającym 10 V, sygnał znamionowy 26 mV, niestabilność czasowa w okresie 12 godzin poniżej 0,25 %.

Do szalki posturografu przymocowane są ograniczniki pozycjonujące stopy pacjenta. Ograniczniki te zapewniają powtarzalność ustawienia stóp w trakcie kolejnych pomiarów. Platforma posturografu przedstawiona jest na rys. 4.



Rys. 4. Widok platformy posturografu. Pozycja stóp wymuszona ogranicznikiem



Rys. 5. Tor pomiarowy stanowiska posturograficznego

Schemat funkcjonalny jednego z kanałów toru pomiarowego przedstawiony jest na rys. 5. Cały tor pomiarowy składa się z trzech kanałów o identycznej budowie. Elementem wspólnym do wszystkich kanałów jest karta przetwarzania A/C i komputer.

Wzmacniacze tensometryczne zrealizowane zostały na specjalizowanych układach 1B32 firmy Analog Devices, które zawierają: moduł zasilania mostka tensometrycznego (MZ), moduł wzmacniacza różnicowego (WR) oraz moduł filtra dolnoprzepustowego (FDP).

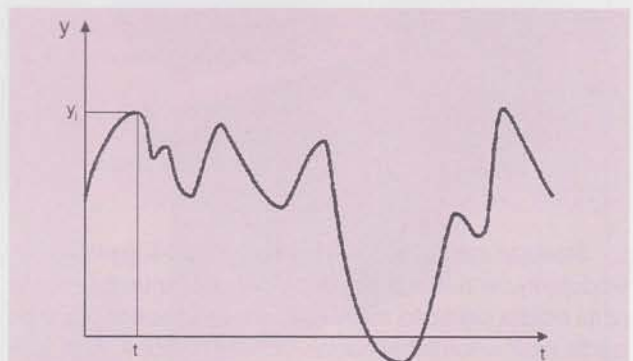
Wzmacniacz tensometryczny zapewnia: kompensację napięcia niezrównoważenia mostka, regulowane wzmocnienie sygnału, filtrację sygnału (częstotliwość graniczna filtru jest stała i wynosi 4 Hz), płynne przesuwanie poziomu odniesienia sygnału wyjściowego. Układ 1B32 cechują bardzo dobre parametry znamionowe: nieliniowość wzmocnienia 0,01 %, wejściowy dryft temperaturowy $\pm 0,07 \mu V/^{\circ}C$, dryft temperaturowy wzmocnienia $\pm 2 \text{ ppm}/^{\circ}C$.

Zapewniło to całkowity błąd pomiarowy wnoszony przez wzmacniacz tensometryczny $\leq 0,5 \%$.

Na wyjściu wzmacniacza uzyskujemy analogowy sygnał napięciowy proporcjonalny do siły nacisku, dostosowany do wymagań karty przetwarzania A/C. Na stanowisku zastosowano kartę PCL818 firmy Advantech Co. Cechuje się ona następującymi parametrami: rozdzielczość 12 bitów, metoda przetwarzania kompensacji wagowej, maksymalna częstotliwość przetwarzania 100 kHz, liniowość $\pm 1 \text{ bit}$, dokładność 0,08 % odczytu $\pm 1 \text{ bit}$.

W wyniku przetwarzania otrzymujemy sygnał cyfrowy o binarnej wartości proporcjonalnej do siły nacisku na platformę pomiarową. Elementem końcowym toru jest komputer realizujący algorytm pomiarowy wyznaczenia współrzędnych rzutu środka masy zgodnie z równaniem (2).

Przykładowy przebieg współrzędnej y w funkcji czasu przedstawia rys. 6. Przedstawienie współrzędnych x i y na płaszczyźnie biegunowej nazywamy stabilogramem.



Rys. 6. Przebieg współrzędnej y rzutu środka masy

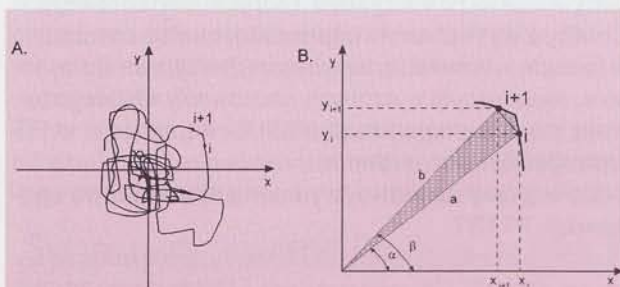
Zastosowanie na stanowisku plotera lub drukarki umożliwia archiwizację graficznej postaci pomiarów w zależności od wymagań procesu badania i obserwacji pacjenta.

Opracowanie wyników badań

Stabilogram, jaki uzyskuje się podczas wykonywania badań statycznych (statokineziogram), ma postać jak na rys. 7A. Do oceny wyników tychże badań przyjmuje się standardowe parametry opisane w szeregu światowych publikacji [6,7,8,9].

Do parametrów tych należą:

- promień średni statokineziogramu R_{sr}
- pole powierzchni rozwinętej statokineziogramu P ,
- długość całkowita statokineziogramu l ,
- średnia prędkość statokineziogramu V_{sr}
- wychylenie średnie stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej d_{ysr}
- wychylenie średnie stabilogramu w płaszczyźnie czołowej d_{xsr}



Rys. 7. Stabilogram oraz sposób wyznaczania jego parametrów A – przykład stabilogramu z zaznaczonymi kolejnymi próbkami i oraz $i+1$; B – fragment stabilogramu z próbkami i oraz $i+1$

Na przykład w oparciu o rys. 7A i 7B otrzymujemy:

$$R_{sr} = \frac{\sum R_i}{n} \quad \text{gdzie} \quad R = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad (4)$$

$$d_{ysr} = \frac{\sum d_{yi}}{h} \quad \text{gdzie} \quad d_{yi} = y_i \quad (5)$$

y_i – odchylenia stabilogramu w płaszczyźnie strzałkowej w chwili t_i

x_i – odchylenia stabilogramu w płaszczyźnie czołowej w chwili t_i

Pozostałe parametry wyznacza się w sposób analogiczny.

Podsumowanie

Opisane stanowisko pomiarowe cechuje się nowoczesną konstrukcją. Pozwala pominąć złożony proces ręcznej kalibracji zastępując go rozwiązaniem programowym. Taki sposób realizacji stanowiska ułatwia lekarzowi sprawne przeprowadzenie badań i umożliwia bezinwazyjną ocenę stopnia rehabilitacji pacjentów. W związku z tym, że stanowisko to podlega procesowi modernizacji programowej trudno jest w pełni ocenić jego zalety i ograniczenia. Dalsze prace na stanowisku i ich weryfikacja praktyczna w trakcie badań pacjentów pozwolą na ocenę jego funkcjonowania.

Po zakończeniu modernizacji stanowiska możliwe będzie przeprowadzenie pełnej oceny metrologicznej. Wydaje się jednak, że zastosowane rozwiązania zapewniają dużą dokładność toru pomiarowego. W tego typu pomiarach z udziałem człowieka jest on elementem decydującym o stopniu obiektywności i rzetelności pomiarów.

Bibliografia:

- [1] Będziński R., Firlej M., Śliwa W.: Elementy biometrii krzywych kręgosłupa i postawy ciała. WKiŁ, Warszawa 1990.
- [2] Hoppe U.: Kryteria biomechaniczne prawidłowej postawy człowieka, Konferencja Biomechaników BIOMECHANIKA '94.
- [3] Piórko A.: Posturografia jako metoda oceny dynamiki układu równowagi człowieka, Rozprawa doktorska. WIML, Warszawa 1996.
- [4] Jakubiak S., Schmidt M.: Pomiar współrzędnych rzutu środka ciężkości masy organizmu ludzkiego. ISPA WAT, Warszawa 1985.
- [5] Stęślińska-Mydlarska W.: Zarys anatomii funkcjonalnej człowieka. PWN, Warszawa 1978.
- [6] Kubickowa J.: Test statokineziometryczny w ocenie stanu równowagi, Rozprawa habilitacyjna. WIML, Warszawa 1975.
- [7] Morecki A., Ekiel J., Fidelus K.: Biomechanika ruchu. PWN, 1971.
- [8] Maki B., Holliday J., Fernic G.: A posture control model and balance test for relative postural stability. IEEE Trans on Bio-medical Eng., Vol. BME-34, No 10, 797-810, 1987.
- [9] Ishida A., Miyazaki S., Identification of the posture control system using records during quiet stance. Vestibular and visual control ..., 7th Symp. Soc. Posturography, 70-73, Houston 1983.

AUTOMATYKA – SIEMENS

Pełen asortyment elementów automatyki, w tym:

↳ sterowniki PLC:

SIMATIC S5
SIMATIC S7

↳ sieci przemysłowe:

SINEC

↳ programatory przemysłowe

↳ oprogramowanie do urządzeń przemysłowych

↳ zasilacze przemysłowe 24 VDC:
SITOP

Oferuje firma partnerska:



IMPOL-AUT

02-641 Warszawa

ul. Malawskiego 6

tel.: (0-22) 44-12-07/08

tel./fax: (0-22) 48-28-58

Ludzie sensoryki

Rozmowa z **prof. drem inż. Edwardem Stolarskim**,
prezesem Polskiego Towarzystwa Techniki Sensorowej



Panie Profesorze, jakie są cele Polskiego Towarzystwa Techniki Sensorowej?

Odpowiadając najogólniej celem i zadaniem PTTS jest rozwijanie wiedzy z zakresu techniki sensorowej; zaś odpowiadając na pytanie bardziej szczegółowo – Towarzystwo realizuje swój cel przez m.in. urządzenie konferen-

cji naukowych i szkół letnich, prowadzenie wykładów z zakresu sensorów podczas sesji wyjazdowych Zarządu do różnych ośrodków naukowych w kraju, współpracę z krajowymi i zagranicznymi towarzystwami naukowymi, wydawanie comiesięcznego biuletynu, książek itp.

Co zaliczyłby Pan Profesor do największych sukcesów Towarzystwa w ostatnich latach?

Największym sukcesem PTTS jest zorganizowanie i nadzwyczaj pomyślne przeprowadzenie międzynarodowej konferencji EUROSENSORS XI. Odbывała się ona w dniach 21-24 września br. w Gmachu Głównym Politechniki Warszawskiej. Poświęcona została głównie czujnikom półprzewodnikowym, a wzięło w niej udział prawie pół tysiąca naukowców z całego świata. I to głównie ludzi bezpośrednio związanych z czujnikami! Organizatorem Konferencji była Politechnika Warszawska, a Towarzystwo opiekowało się jej organizacją i poziomem merytorycznym. Warto tu wspomnieć o wcześniejszych staraniach PTTS zmierzających do powierzenia Polsce organizacji EUROSENSORS XI. Otóż starających się z Europy jest wielu, gdyż jest to impreza dla środowiska sensoryków niezwykle prestiżowa. W Komitecie Sterującym tej Konferencji (*The Eurosensors Steering Committee*) już od kilku lat mieliśmy dwóch członków Zarządu PTTS w osobach dra inż. Jana Dziubana z Politechniki Wrocławskiej i prof. dra hab. inż. Ryszarda Jachowicza z Politechniki Warszawskiej. Wieloletnie starania Towarzystwa, prowadzone m.in. przez dwie wspomniane osoby, zakończyły się sukcesem. Polsce przyznano organizację EUROSENSORS XI, a przewodniczącym Konferencji i przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego został profesor R. Jachowicz. Kierownictwo Sekretariatu tej Konferencji objął dr hab. Zbigniew Brzóška z Wydziału Chemii PW, również członek PTTS. Konferencja miała poziom przewyższający standardy poprzednich konferencji EUROSENSORS, zarówno z punktu widzenia merytorycznego jak i organizacyjnego. Miała staranną oprawę estetyczną i techniczną. Po jej zakończeniu organizatorzy zebrali wiele w pełni zasłużonych pochwał i gratulacji.

Kto wspomaga finansowo działalność Towarzystwa?

Mamy dwa źródła finansowania: składki członkowskie i pomoc ze strony Komitetu Badań Naukowych. Ta ostatnia dotyczy konkretnych przedsięwzięć: organizacji sympozjum czy konferencji, wydawanie Biuletynu PTTS, wydawanie

książek itp. Nie do przecenienia jest tu także życzliwa atmosfera i stałe wspieranie Towarzystwa przez prof. dra hab. inż. Cezarego Andrzeja Ambroziaka, dyrektora naczelnego Instytutu Technologii Elektronowej, w którym to Instytucie Towarzystwo ma swoją siedzibę. Chciałbym dodać, że w ITE prowadzi się szeroko zakrojone prace nad czujnikami i wielu pracowników naukowych ITE jest członkami PTTS.

Wiele Towarzystw zagranicznych przyznaje swoim członkom ulgi, np. w prenumeracie wydawnictw, w opłatach za udział w konferencjach – czy PTTS ma podobne możliwości?

Nie mamy takich możliwości finansowych.

Z jakimi towarzystwami zagranicznymi utrzymuje kontakty Polskie Towarzystwo Techniki Sensorowej?

Choćby z wymienionym poprzednio, bardzo znaczącym w Europie i na świecie, Komitetem Sterującym Eurosensors, skupiającym wybranych naukowców wielkiego formatu, czy też z organizacją NEXUS, wspierającą w Europie rozwój mikrosystemów.

Jakie imprezy naukowe, wydawnictwa naukowe sponsoruje PTTS?

Podstawową, najważniejszą dla Towarzystwa, jest konferencja pn. *Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne (COE)*, która odbywa się co dwa lata, zawsze w latach parzystych i zawsze w maju. Na Konferencji COE '92 powołano bowiem do życia Polskie Towarzystwo Techniki Sensorowej. W maju tego roku obchodzimy 5-lecie istnienia PTTS! Podczas każdej Konferencji (COE '94, COE '96) odbywa się Walne Sprawozdawczo-Wyborcze Zebranie członków PTTS, połączone z wyborem władz Towarzystwa. Następną Konferencją COE '98, połączona ze Szkołą Czujników, odbędzie się w Juracie w dniach 10-13 maja 1998 r. Przy okazji zapraszam na nią wszystkich chętnych.

Towarzystwo wydaje w ramach miesięcznika *Elektronizacja Biuletyn PTTS*. Zamieszczamy w nim artykuły naukowo-techniczne dotyczące czujników i ich zastosowań, notatki o nowościach techniki sensorowej w kraju i na świecie, komunikaty o działalności PTTS i o wydarzeniach interesujących członków PTTS.

Ważnym wydawnictwem jest kwartalnik *MTS News Poland* w języku angielskim, wydawany już drugi rok, a finansowany z programu europejskiego NEXUSPAN. Jest on rozprawiany wśród członków NEXUS-a w Europie Zachodniej i Wschodniej za pośrednictwem jego sekretariatu. W Polsce członkowie PTTS otrzymują *MTS News Poland* bezpłatnie. Czwartą pozycją są książki. Wydaliśmy w 1995 roku książkę autorstwa prof. Władysława Torbicza i dra hab. Zbigniewa Brzóška pt.: *Czujniki chemiczne i bioczujniki*. Obecnie jest na ukończeniu książka zawierająca informacje o nowych czujnikach elektronicznych, która ukaże się w grudniu br.

Co Pan Profesor sądzi o rozwoju techniki sensorowej, jaką widzi Pan przyszłość tej techniki?

Czujniki stanowią tę dziedzinę nauki i techniki, która stwa-

rza możliwości każdemu – różnorodność potrzebnych czujników jest ogromna, a ich zastosowania stale wzrastają. Weźmy choćby za przykład wyposażenie w czujniki samochodu produkowanego obecnie i tego, który zjechał z taśmy montażowej przed dziesięciu laty. Czujniki nie tylko usprawniają i automatyzują dzisiejsze urządzenia, ale z czasem dzięki nim powstaną zupełnie nowe produkty. Wspomnę tutaj o burzliwie rozwijającej się mikroobróbce krzemu i powstających w ten sposób mikrosystemach.

Jaki kierunek badań w zakresie sensoryki uważa Pan Profesor obecnie za najważniejszy?

Niemożliwe stało się określenie jednego kierunku badań. Działania będą wielokierunkowe, nakierowane zarówno na medycynę jak i oszczędność energii i paliw, na przemysł spożywczy i motoryzację, i inne.

Jak ocenia Pan stan badań w zakresie sensoryki w Polsce?

Czujnikami w Polsce zajmuje się 39 instytucji naukowych w 72 zespołach, co daje aż 510 osób! Są to dane z wykonanej ostatnio, drogą ankietyzacji, analizy liczebności krajowej kadry zajmującej się czujnikami pomiarowymi – a nie wszyscy wypełnili kwestionariusze ankiety. Zatem w badaniach nad czujnikami zaangażowany jest znaczący potencjał ludzki.

Technika sensorowa stała się popularna między innymi dzięki zastosowaniom w robotyce, ale nie jest to

jedyną pole zastosowań – czy mógłby Pan Profesor wskazać jeszcze inne zastosowania?

Zastosowania czujników mają miejsce w metrologii i w medycynie, w motoryzacji, we wszystkich układach automatycznej regulacji i w tak wielu dziedzinach życia, że trudno je wymienić. Chociażby wspomnę o ostatnich doniesieniach prasowych o skonstruowaniu w Centrum Badań Kosmicznych PAN czujnika temperatury, który poleci w przestrzeń kosmiczną.

Kto może zostać członkiem Towarzystwa? Proszę podać warunki uczestnictwa w pracach PTTS.

Każdy, kto wypełni deklarację członkowską, zostanie przyjęty na zebraniu zarządu Towarzystwa. Kolejnym obowiązkiem jest opłacanie rocznej składki członkowskiej. Towarzystwo liczy obecnie 200 członków, którzy czynnie działają w technice sensorowej, np. opracowując lub stosując czujniki.

Proszę podać dane o możliwościach skontaktowania się naszych Czytelników z PTTS.

Polskie Towarzystwo Techniki Sensorowej ma siedzibę w Warszawie w Instytucie Technologii Elektronowej, Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa. Telefony: prezes – 8472661, 8435401 w. 466; sekretarz - 8435401 w. 369; sekretariat - 8435401 w. 217. e-mail: jmlysko@ite.waw.pl

Rozmawiał: Jan Barczyk

Symposium „Kierunki Rozwoju Budowy Maszyn i Urządzeń oraz Układów Sterowania”

W dniu 7 listopada 1997 roku Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Sterowania Napędów w Toruniu zorganizował symposium poświęcone kierunkom rozwoju układów napędowych maszyn i urządzeń.

Na seminarium wygłoszone zostały następujące referaty:

- Nowoczesne sterowanie silnikami indukcyjnymi przy pomocy nowych rozwiązań przemienników częstotliwości i układów łagodnego rozruchu,
- Serwonapędy prądu stałego i przemiennego z silnikami bezszczotkowymi,
- Nowe rozwiązania maszyn i urządzeń zbudowanych w oparciu o system MB,
- Budowa układów sterowania maszyn i urządzeń.

Symposium zorganizowano z okazji 25-lecia Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Urządzeń Sterowania Napędów i wzięli w nim udział specjaliści z zakresu energoelektronicznych napędów i sterowania.

W pierwszym referacie przedstawiono budowę i zastosowania przemienników częstotliwości typu PC, do płynnej regulacji prędkości obrotowej silników prądu przemiennego o mocach od 0,375 kW do 7,5 kW oraz układy łagodnego rozruchu typu SV i SVA do silników o mocy od 1,5 kW do 110 kW. W referacie oraz dyskusji omawiano cechy charakteryzujące najnowocześniejsze rozwiązania przemienników częstotliwości: sterowanie wektorowe za pomocą mikroprocesora 16-bitowego, możliwość zdalnego sterowania z panelu, sterowników i z komputera, programowanie zakresu częstotliwości, dynamiki momentu rozruchowego, charakterystyki momentu w funkcji częstotliwości oraz innych parametrów użytkowych (np. autodiagnostyka, hamowanie), elektroniczne blokowanie silnika w stanie zatrzymania, wyposażenie w regulator PID, zabezpieczenia: napięciowe, przeciążeniowe, zwarciove i temperaturowe.

Układy łagodnego rozruchu zapewniają płynne uruchamianie i hamowanie silnika w urządzeniach, w których wymagane jest częste włączanie i wyłączanie lub gdzie występują duże momenty bezwładności. Zastosowanie tego typu układów umożliwia pracę bez uderzeń prądowych i mechanicznych, co niewątpliwie wpływa na zwiększenie żywotności silników i mechanizmów. Użytkownik, dzięki możliwości kształtowania charakterystyki prądowej (m.in. nastawiania czasu rozruchu i czasu hamowania, czasu trwania impulsu rozruchowego), uzyskuje mniejsze zużycie energii elektrycznej. Nowoczesne układy łagodnego rozruchu umożliwiają nastawianie najważniejszych parametrów pracy oraz wyposażone są w podstawowe zabezpieczenia, układy sygnalizacji stanów awaryjnych itp.

W drugim referacie omówiono budowę poszczególnych układów serwonapędu bezszczotkowego oraz jego aplikacje. Do najważniejszych zalet silników bezszczotkowych należą: duża przeciążalność, duże prędkości i przyspieszenia, wysoka sprawność, stały moment w szerokim zakresie prędkości obrotowej, minimalne czynności konserwacyjne. Silniki DC wyposażone są w tachoprądnice i czujniki Halla, a silniki AC w rezolwer. W układzie regulacji stosuje się sprzężenia zwrotne prędkościowe z regulatorem PID oraz prądowe. Układ sterowania silnika bezszczotkowego składa się z energoelektronicznego bloku mocy oraz systemu mikroprocesorowego. Sygnały wyjściowe układu, poprzez modulację szerokości impulsów, sterują prędkością lub momentem silnika oraz ograniczają jego przeciążenie.

Najbardziej efektywne zastosowania serwonapędów bezszczotkowych dotyczą urządzeń, w których wymagane są częste i szybkie zatrzymania lub nawroty silnika. Na przykład w przypadku sterowania prędkością walców przy produkcji folii (synchronizacja obrotów dla różnych grubości), w przypadku jednoczesnego podawania i odcinania materiału, w przypadkach etykietowania opakowań a także w wieloosiowych maszynach sterowanych numerycznie. W trzecim referacie omówiono możliwości konstrukcji maszyn i urządzeń z wykorzystaniem elementów i zespołów systemu MB; prezentowano rozwiązania konstrukcyjne wieloosiowych maszyn sterowanych numerycznie (frezarki, wiertarko-frezarki, tokarki, plotery, manipulatory przemysłowe). Projektowanie z elementów systemu MB jest wspomagane komputerowo.

W czwartym referacie omówiono strukturę typowego układu sterowania stosowanego w maszynach i urządzeniach, zawierającego komputer klasy PC w systemie on-line lub off-line. Stosowany jest język oprogramowania jak dla obrabiarek sterowanych numerycznie. Oprogramowanie zawiera edytor programów użytkowych oraz symulator graficzny z funkcjami testowania i trajektorii narzędzi.

Jan Barczyk

Rodzina czujników serii D12

Czujniki światłowodowe o dużych możliwościach

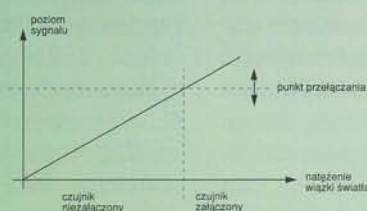
Rosnące wymagania w stosunku do produkowanych czujników fotoelektrycznych związane z wielofunkcyjnością, łatwym dostosowaniem do warunków pracy przy równoczesnej prostocie obsługi oraz wielkiej różnorodności możliwych zastosowań, znalazły swe spełnienie w nowej generacji czujników serii D12 firmy BANNER.

W przeciwieństwie do czujników indukcyjnych, czujniki światłowodowe pozwalają wykrywać obiekty z większych odległości i z dużo większą dokładnością. Ponadto czujniki te można w łatwy sposób dostosować do różnorodnych warunków pracy.

Punkt przełączania, wzmocnienie i histereza

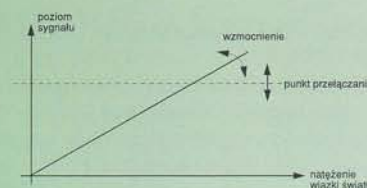
Czujniki światłowodowe działają według ustalonej zasady: sygnał przełączający wytwarzany jest w momencie, gdy wykryta ilość światła przekroczy wartość ustaloną dla punktu przełączania. Wiązka światła jest przetwarzana na sygnał elektryczny i porównywana w komparatorze z wartością zadaną. Dopóki wartość sygnału napięciowego nie przekroczy wartości zadanej, sygnał przełączający na wyjściu nie jest generowany (rys. 1). W przypadku zwykłych czujników fotoelektrycznych w/w punkt przełączania jest ustawiony na stałe bądź w niektórych przypadkach ustawiany za pomocą potencjometru. Optymalne ustawienie punktu przełączania leży pośrodku, między wartościami sygnału napięciowego odpowiadającymi stanom „jasno” i „ciemno”. Stany „jasno” i „ciemno” to dwa skrajne przypadki, które czujnik powinien rozróżniać. W normalnym try-

bie pracy stany te oznaczają: „obiekt wykryty” i „brak obiektu”. Sprawa jest bardziej skomplikowana w przypadku słabego kontrastu pomiędzy stanami „jasno” i „ciemno”. Optymalne ustawienie czujnika nie zależy jednak tylko i wyłącznie od ustawienia punktu przełączania. Równie ważne jest odpowiednie wzmocnienie i histereza czujnika.



Rys. 2. Nastawa punktu przełączania

Zbyt małe wzmocnienie to trudności w przypadku małych różnic kontrastu, natomiast wzmocnienie zbyt duże może spowodować, że optymalna wartość punktu przełączania znajdzie się poza dostępnym zakresem. Zbyt mała histereza wymagana przy małym



Rys. 3. Jednoczesna nastawa punktu przełączania i wzmocnienia

kontraście może spowodować niestabilność czujnika. Idealnym rozwiązaniem dostosowania czujnika do określonych warunków pracy jest możliwość ustawienia zarówno punktu przełączania, histerezy jak i wzmocnienia czujnika (rys. 2).

Czujnik programowalny D12 Ekspert

Możliwość optymalnego ustawienia punktu przełączania, histerezy i wzmocnienia zapewnia nowy programowalny czujnik D12 Ekspert firmy BANNER. Dzięki wbudowanemu mikroprocesoro-

wi oraz przyciskowi programującemu D12 Ekspert jest najbardziej zaawansowanym czujnikiem światłowodowym jaki można znaleźć na rynku. Po wciśnięciu przycisku programującego, Ekspert potrafi dostosować się do panujących warunków optymalizując wszystkie parametry pracy. To pozwala ograniczyć koszty i zaoszczędzić czas instalacji czujnika.

Programowanie D12 Ekspert jest bardzo proste i dokonuje się jednym przyciskiem. Poprzez dwukrotne naciśnięcie przycisku programującego (rys. 3) wprowadza się czujnik w tryb programowania: ustawienie parametrów czujnika oraz określenie stanów „obiekt wykryty” i „brak obiektu”. Oba stany ustala się przez jednokrotne naciśnięcie przycisku programującego. Całą pracę związaną z dostosowaniem czujnika do warunków pracy i zapamiętanie stanów „jasno/ciemno” wykonuje mikroprocesor. Natychmiast po wyjściu z trybu programowania, na wyświetlaczu czujnik wskazuje kontrast detekcji, do którego dopasowane zostały parametry pracy (wskaźnik 1-7 diod LED miga 3 razy). Jeśli miga tylko jedna dioda, oznacza to, że kontrast jest niewystarczający, natomiast jeśli miga 7 diod oznacza to, że kontrast jest bardzo wysoki (tabela 1).

Tabela 1. Kontrast wskazywany przez migające diody.

Migające diody LED	Kontrast
1	niewystarczający
1..2	słaby
1..3	mierny
1..4	dobry
1..5	bardzo dobry
1..6	wysoki
1..7	bardzo wysoki

Po trzykrotnym naciśnięciu przycisku, Ekspert przechodzi do trybu konfiguracji wyjścia, z sygnalizacją statusu na wyświetlaczu. Pojedyncze naciśnięcie przycisku pozwala przełączać



Rys. 1. Czujniki serii D12



Rys. 4. Czujnik D12 Ekspert

się między ustawieniami: „bez opóźnienia” oraz 40 ms „przeciągnięciem” impulsu dla układów o dużej bezwładności i czasie odpowiedzi. Następne podwójne naciśnięcie przycisku umożliwia konfigurację wyjścia „na światło” lub „na ciemność”. Kolejne podwójne naciśnięcie powoduje przejście do trybu normalnej pracy. Na uwagę zasługuje również zaawansowany układ samodiagnostyki z oddzielnym wyjściem alarmowym do sygnalizacji przeciążenia lub granicznych warunków środowiskowych wpływających na czułość urządzenia (np. zbyt duże zapylenie).

Rysunki 4 i 5 przedstawiają dwa przykłady, w których czujnik D12 Ekspert znaleźć może zastosowanie.

Warto również wspomnieć o pozostałych czujnikach z rodziny D12.

D12 Standard, charakteryzuje się czasem odpowiedzi rzędu 0,5 ms oraz posiada 7-segmentowy wyświetlacz LED, sygnalizujący natężenie odbieranego sygnału świetlnego.

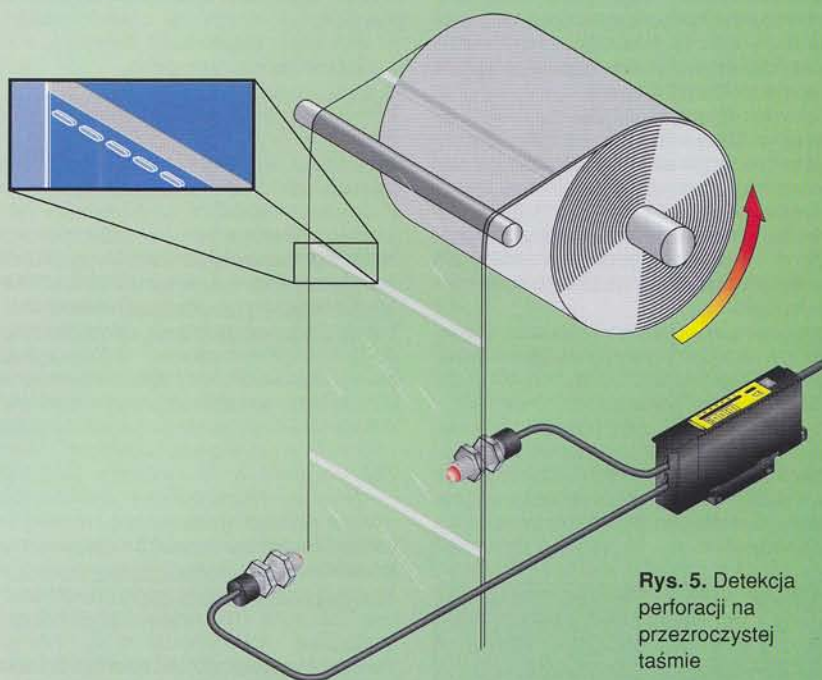
D12 Szybki, posiada dodatkowy przełącznik wyboru czasu odpowiedzi czujnika (500 ms lub 50 ms). Szybki D12 znakomicie nadaje się do wykrywania szybko poruszających się małych przedmiotów.

D12 Dużej mocy, charakteryzuje się największą mocą promienia świetlnego ze wszystkich urządzeń światłowodowych. Przeznaczony jest do zastosowań, gdzie wymagany jest bardzo duży nadmiar natężenia wiązki przy zachowaniu dużego zasięgu oraz małych średnic światłowodów.

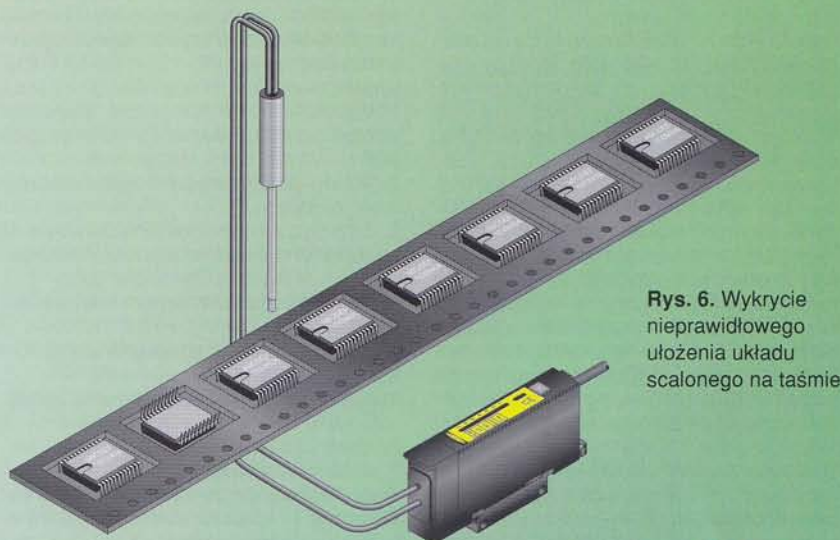
D12 Impulsowy, to czujnik zaprojektowany do aplikacji, gdzie zmiany natężenia światła są tak małe, że tradycyjny sposób detekcji jest zbyt trudny lub wręcz niemożliwy do zastosowania. Nadaje się do zastosowania w aplikacjach, gdzie kontrast jest

zbyt mały nawet dla D12 Ekspert. Typowe zastosowanie to wykrywanie ciągłości nici w maszynach włókienniczych oraz układy losowo spadających bardzo małych obiektów.

Pięć różnych czujników serii D12 w połączeniu z dużą gamą różnorodnych światłowodów oferowanych przez firmę Banner czyni z tych czujników urządzenia wielofunkcyjne, możliwe do zastosowania w różnorodnych aplikacjach, często niedostępnych dla zwykłych czujników fotoelektrycznych.



Rys. 5. Detekcja perforacji na przezroczystej taśmie



Rys. 6. Wykrycie nieprawidłowego ułożenia układu scalonego na taśmie

projekt s.c.

ul. Wrocławska 170, 45-836 Opole

tel. (0-77) 572-312, 572-313

faks (0-77) 572-318

Przegląd czasopism zagranicznych*)

F&M

Własność intelektualna a obwody scalone

Himmelstoß M.: Virtuelle Bauteile für Schaltungsentwickler.

Wirtualne elementy dla projektantów układów elektronicznych. Feinwerktechnik Mikrotechnik Mikroelektronik 1997 Nr 7/8, s. 494 - 498, 3 rys., 2 fot., bibliogr. 1 poz. Dotychczas umieszczano złożone układy scalone (ang. chips) na płytkach z obwodami drukowanymi w celu utworzenia wysoko wydajnych podzespołów. Obecnie, przed projektantami układów jest następny etap – integrowanie w pojedynczym układzie scalonym bloków funkcjonalnych opracowanych przez różne firmy. Nazywane jest to wykorzystywaniem własności intelektualnej (IP) – ang. Intellectual Property.

Obecnie około 90% układów scalonych to układy zbudowane z ok. 1,8 miliona tranzystorów, optymalnie wykorzystujące powierzchnię, pracujące z pełną mocą. Przewiduje się, że w roku 2001 90% projektowanych układów będzie wykorzystywać w maksymalnym stopniu układy IP, będzie optymalizowanych na poziomie systemowym.

Dzięki temu znacznie skróci się czas projektowania układów. Takie poglądy przedstawiła firma Mentor Graphics na tegorocznej konferencji „Design Automation Conference”. Te przewidywania i propozycje są istotne, ponieważ przewiduje się na świecie znaczny wzrost obrotów (do 4,5 miliarda dolarów w roku 2001) w zakresie automatyzacji projektowania układów elektronicznych.

JKA

OP

Napędy hydrauliczne

Kroll A., Agte A.: Modellierung hydraulischer Antriebe durch Fuzzy-Modelle. Modelowanie napędów hydraulicznych z wykorzystaniem modeli z logiką rozmytą. Ölhydraulik und Pneumatik 1997 nr 6, s. 414-416, 7 rys. 1 fot. bibliogr. 17 poz.

Osiągnięcie wysokiej dokładności regulacji wymaga wykorzystywania modeli nieliniowych. Na ogół modele fizyczne są złożone i tylko częściowo mogą być wykorzystane przy projektowaniu regulatora. Natomiast podczas identyfikacji można określić strukturę modelu. Dzięki wykorzystaniu logiki rozmytej można znaleźć nieliniowe modele dynamiczne, zapewniające wysoką jakość regulacji nieliniowej – co potwierdziło modelowanie napędu hydraulicznego.

Pulsacje w pompach

Jarchow M.: Pulsationsminderung hydrostatischer Verdrängereinheiten durch alternative Umsteuerkonzepte. Zmniejszenie pulsacji w hydrostatycznych jednostkach wyporowych dzięki nowej koncepcji nawracania. Ölhydraulik und Pneumatik 1997 nr 6, s. 421-431, 25 rys. bibliogr. 13 poz.

W hydrostatycznych jednostkach tłoko-

wych objętościowy przepływ płynu waha się, co powoduje pulsacje ciśnienia w zamkniętych układach hydraulicznych. Przez zmianę zakresu nawrotu można wpływać na pulsacje, które – między innymi – są przyczyną powstawania szumów. Zwykle w celu zmniejszenia pulsacji stosuje się karby i otwory. W obszernym i bogato ilustrowanym artykule proponuje się nową koncepcję nawrotu, opracowaną w Niemczech.

Przedstawiono:

1. podstawy teoretyczne pulsacji ciśnienia:
 - pulsacje uwarunkowane kinematycznie,
 - pulsacje uwarunkowane sprężaniem,
 - pulsacje uwarunkowane wyciekami,
2. związek między strumieniem objętości a pulsacjami ciśnienia,
3. kinematyczną nierównomierność ciśnienia,
4. stanowisko badawcze,
5. badane koncepcje nawrotu,
6. wyniki badań.

W wyniku przeprowadzenia badań stwierdzono:

1. Pulsacje strumienia objętości warunkują pulsacje ciśnienia.
2. Stosowanie dodatkowych pojemności – pojemności nawrotowych – umożliwia istotne zmniejszenie pulsacji ciśnienia w stosunku do obecnie stosowanych metod. W szerokim zakresie roboczym uzyskano co najmniej dwukrotne zmniejszenie pulsacji, ale można osiągnąć zmniejszenie nawet o 75 % – czyli aż cztery razy. Dodatkową zaletą proponowanej metody jest niewielka zależność wahań strumienia objętości i ciśnienia od punktu pracy oraz rodzaju pracy (pompa/silnik).

JKA

Ciecze hydrauliczne

Kröhl R.H.: Anforderungen an moderne Hydrauliköle. Wymagania dotyczące nowoczesnych cieczy hydraulicznych. Ölhydraulik und Pneumatik 1997 nr 7, s. 532-534, 2 rys. 3 tab. 2 fot.

Światowe roczne zapotrzebowanie na ciecze hydrauliczne wynosi ok. 2 miliony ton. Stanowi to 10 % światowego zapotrzebowania na smary albo 35 % zapotrzebowania przemysłu na smary. Stwierdza się, że:

1. Wymagania technologiczne dotyczące cieczy hydraulicznych będą coraz ostrzejsze.
2. Wśród użytkowników wzrasta świadomość problemu.
3. Zmniejsza się świadomość kosztów ze względu na malejące koszty eksploatacji cieczy.
4. Ponownie wzrasta świadomość jakości cieczy.

Z punktu spełnienia wymagań użytkowników najważniejsze są:

1. dodatki, m.in. przeciw: utlenianiu, korozji, spienianiu się itp.
2. stabilność termiczna,
3. właściwości filtracyjne.

Wyniki analizy cieczy dostępnych na rynku wskazują, że ich stabilność termiczna i właściwości filtracyjne nie spełniają wymagań normy DIN 51524. Prowadzi to w zaletek – użytkownik ponosi znaczne koszty eksploatacji cieczy, a do producenta cieczy napływają reklamacje.

JKA

Hydraulika mobilna

Keitel M.: Immer in Bewegung bleiben! Mobilhydraulik verlangt nach Filtration ohne Schwachstellen. Zawsze w ruchu! Hydraulika mobilna wymaga filtracji bez słabych miejsc. Ölhydraulik und Pneumatik 1997 nr 7, s. 535-539, 2 rys. 3 fot. 2 tab.

Awaria układu hydraulicznego powoduje, że użytkownik maszyny roboczej ponosi duże koszty. Bardzo często przyczyną awarii maszyny są cząstki stałe zawarte w cieczy roboczej. Mogą one pojawić się w cieczy roboczej: podczas montażu maszyny, ze środowiska otaczającego maszynę, w wyniku zużycia wewnątrz maszyny.

Dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na optymalne rozmieszczenie filtrów w układzie hydraulicznym. Według najnowszej wiedzy urządzenia odpowietrzające i napowietrzające są najważniejszymi elementami układu filtrującego, ponieważ znaczna część zanieczyszczeń dostaje się tą drogą oraz przez nieodpowiednie filtry. W celu zapewnienia niezawodnego działania maszyn roboczych proponuje się:

1. stosować filtrację wstępną przed rozpoczęciem eksploatacji maszyny,
2. stosować wskaźniki zanieczyszczenia filtrów,
3. stosować równolegle połączone filtry – 5 µm i 20 µm – i jedną pompę zamiast obecnie stosowanych dwóch pomp i dwóch oddzielnych obwodów – roboczego i filtracji,
4. przestrzegać, wymienionych w artykule, „przykazań” prawidłowej eksploatacji układów filtracji cieczy roboczej w celu zminimalizowania szkodliwego wpływu cząstek stałych.

JKA

Symulacja koparki

MAO-HSIUNG CHIANG: Simulation intelligenter Achsregler für den Hydraulikbagger. Symulacja inteligentnego regulatora osi koparki z napędem hydraulicznym. Ölhydraulik und Pneumatik 1997 nr 8, s. 596 - 602. 15 rys. bibliogr. 14 poz.

Ostatnio pojawia się trend polegający na stosowaniu elektrohydraulicznych układów sterowania w koparkach. Celem badań jest: – zmniejszenie zużycia energii, – zwiększenie mocy, – stosowanie czujników obciążenia, – sterowanie ruchem dla realizacji profilowania z użyciem komputera.

W artykule przedstawiono:

- model matematyczny obejmujący zarówno układ mechaniczny jak i elementy hydrauliczne,
- symulację koparki,
- porównanie wyników symulacji z wynikami pomiarów,
- koncepcje: układu regulacji toru zawierającego adaptacyjny regulator stanu, profilowania wspomagane komputerem.

JKA

Obciążenia w koparce

Holländer Cl.: Belastungen und Leistungsfähigkeit von Baggerhydrauliksystemen. Obciążenia i wydajność hydraulicznych układów koparki. Ölhydraulik und Pneumatik 1997 nr 8, s. 603 - 609, 11 rys. bibliogr. 6 poz.

Różnorodność zastosowań koparek stawia szczególne wymagania na ich układy hydrauliczne. Producenci koparek próbują spełniać te wymagania przez stosowanie różnych układów hydraulicznych.

Aby móc ocenić te układy trzeba dysponować dokładnymi danymi dotyczącymi ruchów, obciążeń i parametrów uzyskanymi podczas badań w terenie. Następnie te dane można wykorzystać do analizy i optymalizacji układów hydraulicznych.

W artykule przedstawiono:

- budowę koparki gąsienicowej,
- wymagania energetyczne, funkcjonalne i ekonomiczne,
- układy hydrauliczne koparki ze sterowaniem dławieniowym oraz ze sterowaniem z czujnikami obciążenia,
- układ hydrauliczny badanej koparki gąsienicowej wyposażonej w dwie pompy i czujniki obciążeń,
- układ rejestracji danych zamontowany na badanej koparce,
- przebieg oraz wyniki badań.

Wyniki badań wskazują, że doświadczony kierowca koparki, wyposażonej w układy hydrauliczne spełniające stawiane im warunki, jest w stanie osiągnąć wysoką wydajność. Badania w terenie wykazały również, że kierowca koparki ma duży wpływ na osiągi koparki. Polepszenie manipulacji, dzięki inteligentnemu układowi hydraulicznemu z zautomatyzowanymi ruchami, odciąża kierowcę i upraszcza obsługę koparki.

JKa

Elektronika w maszynach roboczych

Skirde E., Göllner W.: Digitalelektroniksystem für fahrende Arbeitsmaschinen. Cyfrowy układ elektroniczny maszyn roboczych. Ölhydraulik und Pneumatik 1997 nr 8, s. 592 - 595, 3 fot. 4 rys.

Cyfrowe układy elektroniczne wkraczają szeroko frontem do hydrauliki mobilnej. W artykule, na przykładzie konkretnej maszyny roboczej – transportera bel zboża lub siana – przedstawiono wymagania dotyczące napędu maszyny i zastosowanie cyfrowego układu elektronicznego oraz jego zalety w stosunku do powszechnie stosowanych układów hydraulicznych.

W transporterze bel zastosowano mikrokontroler typu SUSMIC 12 firmy SAUER-Sundstrand, wyposażony w urządzenia diagnostyczne: SUSMIC DIA1 umożliwiające określenie przyczyny awarii i SUSMIC DIA3 umożliwiające zapis danych na karcie magnetycznej i ustawienie parametrów roboczych maszyny.

JKa

Systeme

Emulatory Power Pach

Hörl K.: Aufzeichnung ohne Stop and go. Sledzenie bez Stop and go. Systeme 1997 nr 8 s. 68-72, 4 rys.

Popularność emulatorów „in-circuit” do projektowania układów wbudowanych (ang. embedded) zależy nie tylko od ich zdolności do interaktywnej kontroli przebiegów i sledzenia. Wyzwalanie zdarzeń (ang. event trigger) i sledzenie umożliwiają uzyskiwanie informacji bez zatrzymywania pracy mikroprocesora. W porównaniu debuggerów programowe i monitory ROM muszą w tym celu zatrzymać procesor, aby odczytać informacje statusu. Większość systemów sterowanych przerwami nie toleruje takiego zachowania typu single-stepping-stop-and-go. W niniejszym artykule przedstawiono właściwości nowoczesnych emulatorów na podstawie nowej rodziny PowerPack firmy Microtek.

EJa

Optymalizacja oprogramowania

Das Problem mit Problemdefinitionen. Problem ze zdefiniowaniem problemu. Systeme 1997 nr 9 s. 18, 20, 2 rys.

Celem artykułu jest udzielenie pomocy w optymalnym wykorzystaniu oprogramowania do zbierania i analizy danych pomiarowych. Podstawową zasadą jest dokładne zdefiniowanie problemu przed przystąpieniem do rozwiązywania zadania. Przede wszystkim należy wiedzieć, ile kanałów będzie próbkowanych i z jaką szybkością, ile wartości mierzonych będzie rejestrowanych, jak duża jest szybkość próbkowania karty analogowo/cyfrowej. Następne pytania dotyczą ilości przetwarzanych danych i rozmiaru potrzebnej pamięci. Na tej podstawie można dobrać potrzebne oprogramowanie i konfigurację komputera, w razie potrzeby można zadanie rozdzielić na dwa komputery. Jest to zawsze tańsze rozwiązanie, niż drogie systemy zbierania danych typu „stand-alone” (wolno stojące). Także oprogramowanie wykonuje analizy o wiele taniej, niż drogie pakiety statystyczne lub z algorytmem FFT oferowane w systemach „stand-alone”.

EJa

tm

Czujnik wilgotności związanej

Gerl St., i in.: Sensor auf Transistorbasis zur In-Line-Restfeuchtemessung in ruhenden Haufwerken. Tranzystorowy czujnik wilgotności związanej nieruchomego ciała złożonego z ziaren. Technisches Messen 1997 nr 7/8, s. 268 - 275, 9 rys., bibliogr. 6 poz.

Przedstawiono czujnik wilgotności wykorzystujący tranzystor npn. W czujniku wykorzystuje się zmianę przewodności cieplnej ciała złożonego z ziaren od jego wilgotności związanej. Sygnał mierzony, w postaci regulowanego napięcia grzejnika, jest zastępowany przez funkcję aproksymującą dobrze uzasadnioną fizycznie. Wyprowadzono ją z praw niestacjonarnego przewodzenia ciepła i dzięki temu opisuje ona dokładnie krzywą mierzoną. Pomiary – już po 10 sekundach – dają jednoznaczność zależności między wilgotnością związaną i wartością mierzoną z odchyleniem mniejszym niż 1% wilgotności w stosunku do wartości wyznaczonej metodami grawimetrycznymi. Ta zależność może być opisana za pomocą funkcji kalibracyjnej, która także została wyprowadzona z praw niestacjonarnego przewodzenia ciepła. Potrzebna zależność przewodności cieplnej ciała złożonego z ziaren od jego wilgotności związanej została obliczona z modelu Maxwella.

W artykule przedstawiono:

- podstawy fizyczne pomiaru obejmujące:
 1. definicję wilgotności związanej,
 2. niestacjonarne przewodzenie ciepła,
 3. zależność współczynnika wnikania ciepła od wilgotności związanej
- 4. model Maxwella,
- praktyczną realizację czujnika łącznie z jego schematem ideowym,
- wyniki eksperymentów.

Z wyników eksperymentów wynika, że:

1. wybrana metoda aproksymacji krzywej kalibracji jest bardzo dobra,
2. pomiary wilgotności związanej, wykorzystujące tranzystor BD139 i grzanie czujnika przez 10 sekund, są wykonywane z błędem nie większym niż 1%; dla tranzystorów SMD błąd jest większy.

JKa

Elektronik

Programy 32-bitowe

Schwarz A.: Automatisieren mit Windows - die größte Versuchung, seit es Software gibt. Teil 2: Über Vor- und Nachteile der 32-Bit-Architektur und die Eignung von Standard-Entwicklungstools für Automatisierungsanwendungen. Automatyzacja z zastosowaniem Windows – największa próba od czasów istnienia oprogramowania. Część 2: O wadach i zaletach architektury 32-bitowej i przydatności standardowych narzędzi programowych do zastosowań automatyki. Elektronik 1997 nr 17 s. 72-77, 4 rys. bibliogr. 1 poz.

Wersje Windows 95 i NT, opatrzone etykietą „32-bitowe”, wykazują większą stabilność ale mają także swoje pułapki, szczególnie gdy przepisuje się stare zastosowania 16-bitowe. Żeby uporać się ze złożonością Windows, zamiast bezpośredniego programowania można zastosować biblioteki klas Windows-API Microsoft'a. Inną możliwością są systemy tworzenia oprogramowania jak Visual Basic i Delphi. Niniejsza druga część artykułu stara się dać odpowiedź na pytania, czy nadają się one do rozwiązań automatyki. W konkluzji stwierdzono, że stosowanie rozwiązań standardowych należy krytycznie i gruntownie sprawdzić, ponieważ tutaj najczęściej dochodzi do kolizji z wymaganiami zastosowań automatyki.

EJa

Projekt BOSS

Schittenhelm W., Bauer G., Müller M.: Offen und flexible. Otwarty i elastyczny. Elektronik 1997 nr 16 s. 52-56, 6 rys. 1 tabl. bibliogr. 3 poz.

W artykule przedstawiono zostały wyniki zakończonego projektu o nazwie BOSS, do realizacji którego zatrudnionych było 6 przedsiębiorstw naukowych i przemysłowych. Celem projektu było stworzenie konfigurowalnego systemu obsługi do realizacji otwartych sterowań. Pakiet programowy zawiera moduł uniwersalny systemów obsługi realizowanych na sprzęcie PC oraz interfejs informacyjny do przyłączania różnego typu sterowań.

EJa

atp

Systemy rozmyte

Schumacher I. i in.: Fuzzy-Regelung einer Kohlenvergasungsanlage. Regulacja rozmyta instalacji zgazowywania węgla. Automatisierungstech. Praxis 1997 Vol. 39 nr 7 s. 49-55, 1 fot. 8 rys. bibliogr. 10 poz.

Konwencjonalny układ regulacji wysokotemperaturowej metody Winklera zgazowywania węgla w Berrenrath pod Kolonią został uzupełniony układem regulacji nadrzędnej, bazującym na logice rozmytej. Spowodowane to jest znaczną nieliniowością występującą w systemach wieloparametrowych, a także poprawą jakości regulacji i dopasowaniem jej strategii do zmiennej jakości węgla.

SWY

^{*)} Wymienione czasopisma zagraniczne są dostępne w czytelni wydawcy PAR.

EUROSENSORS XI

W dniach od 21-24 września odbyła się w Gmachu Głównym Politechniki Warszawskiej Międzynarodowa Konferencja o nazwie EUROSENSORS XI poświęcona głównie czujnikom półprzewodnikowym.

Konferencja została zorganizowana pod auspicjami: Prezydenta Warszawy, Polskiego Towarzystwa Techniki Sensorowej (PTTS) i Komisji Czujników Komitetu Meteorologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk.

Organizatorem Konferencji była Politechnika Warszawska. Przewodniczącym Konferencji i jej Komitetu Organizacyjnego był prof. dr hab. inż. Ryszard S. Jachowicz, profesor Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych PW, a kierownikiem Sekretariatu – dr hab. Zbigniew Brzózka z Wydziału Chemii PW. Wymienione osoby wniosły olbrzymi wkład w organizację Konferencji EUROSENSORS XI, która miała w pełni światowy standard zarówno z punktu widzenia merytorycznego, jak i organizacyjnego. Stąd organizatorzy zebrali wiele słusznie należnych pochwał i gratulacji od uczestników z całego świata.

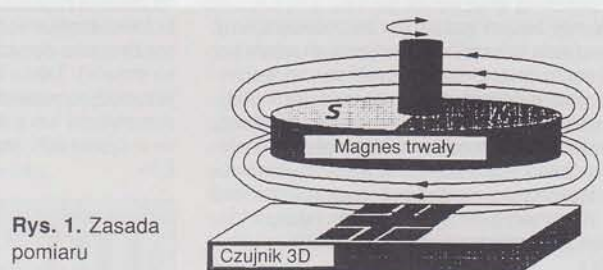
Program Konferencji obejmował wszystkie problemy związane z mikroczujnikami i mikrosystemami (MST – *micro-system technology*), a dotyczące w szczególności: **technologii** (nowe materiały i ich charakterystyka, innowacyjne procesy technologiczne, mikroobrobka, połączenia i obudowy), **konstrukcji czujników – fizycznych** (mechaniczne optyczne, akustyczne, termiczne, magnetyczne, radiacyjne...), – **chemicznych** (gazów, płynów, jonowe...), **elementów wykonawczych – siłowników** (mikropompy, mikrozawory, mikrosiłniki...), **systemów** (interfejsy czujników inteligentnych, metody analizy w czujnikach inteligentnych, symulacja i modelowanie czujników, niezawodność czujników, zastosowania).

W konferencji wzięło udział około 470 naukowców z całego świata (430 zarejestrowanych) i wygłoszono 407 referatów na 47 sesjach. O wysokiej randze Konferencji świadczy akceptacja wygłoszenia referatu przez dziesięciu czołowych na świecie naukowców pracujących w dziedzinie czujników. Zaakceptowano do prezentacji ustnej 106 referatów na trzech równoległych ciągach sesji oraz wspomnianych powyżej 10 referatów na sesjach plenarnych. Na 26 sesjach plakatowych przedstawiono 299 referatów. Były one wystawione na kruzgankach Gmachu Głównego Politechniki.

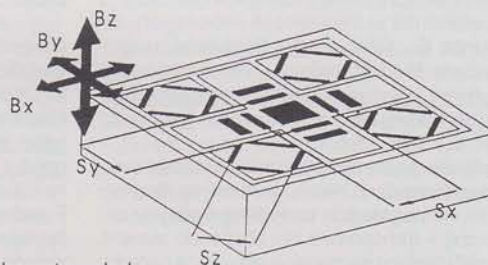
Trudno jest opisać całe bogactwo tematyczne wystąpień na tej Konferencji. Z konieczności zatem ograniczymy się do czterech wybranych referatów, w których opisano ciekawe rozwiązania czujników fizycznych, mogących zainteresować Czytelników miesięcznika PAR.

W wystąpieniu F. Burger, Z. Randjelovic, A. Flanagan, P.A. Besse, R.S. Popovic ze Szwajcarii, pt.: New fully integrated 3-D silicon Hall sensors for precise angular position measurements zaprezentowano **czujnik do precyzyjnego określania pozycji kątowej w trzech wymiarach (3D)**. Zasadę pomiaru pokazuje rys. 1. Magnes trwały jest skierowany do osi, której położenie ma zostać określone. System pomiarowy wykorzystuje trzy czujniki Halla. Na rys. 2 pokazano schematycznie wygląd konstrukcji czujnika magnetycznego 3D.

Dwa ortogonalne, pionowe przyrządy Halla, ułożone w kształcie krzyża, służą do pomiaru składowych X i Y, a tym samym pozycji kątowej osi. Cztery kwadraty w każdym narożu wykrywają kierunek Z. W idealnym przypadku magnes powinien być ułożony równolegle do struktury czujnika i scentrowany względem krzyża. Dla kompensacji ewentualnego zdecentrowania mechanicznego wprowadzono czujniki w trzecim kierunku, tworzące cztery poziome płytki Halla. Te nowe elementy składowe, umieszczone w narożach figury o kształcie krzyża, są otwarte od spodu. Oznacza to, że prąd przepływa



Rys. 1. Zasada pomiaru

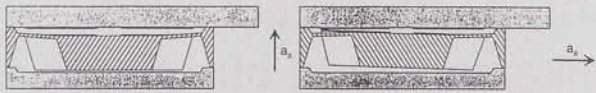


Rys. 2. Schemat wyglądu konstrukcji czujnika magnetycznego 3D

swobodnie w podłożu pomiędzy narożami. Czujniki połączone równolegle w celu zmniejszenia poziomu szumu, symetryzacji linii prądów płynących w podłożu i upewnienia się, że pole magnetyczne jest rzeczywiście mierzone w środku czujnika. Z tych samych powodów dwa pionowo ustawione elementy Halla zostały także połączone równolegle. Opisany czujnik został wytworzony w standardowej technologii stosowanej do pionowych czujników Halla. Struktura „wyczuwająca” ma rozmiary $440 \times 440 \times 150 \mu\text{m}$. Czujnik ma jedenaście wyprowadzeń: sześć – do napięć Halla, cztery – do prądu i jedno – do pierścienia ochronnego zmniejszającego wpływy poprzeczne.

Zaletami opisanego rozwiązania są bardzo małe wzajemne oddziaływania czujników oraz niespotykane duża stabilność długoterminowa ($< 100 \text{ ppm}$ przez 20 lat). Taki układ pomiarowy może być wykorzystany do pozycjonowania kątowego z bardzo dużą dokładnością ($\pm 1,2^\circ$), przy czym pomiar jest bezkontaktowy. Całkowite wymiary czujnika wynoszą $1 \times 3 \text{ mm}^2$.

Przyrząd pojemnościowy do pomiaru przyspieszenia w przestrzeni trójwymiarowej przedstawili R. Puers, A. Montano, S. Reyntjens z Włoch w referacie pt.: Design of a new miniaturized capacitive triaxial accelerometer. Zwykle czujniki wyznaczające dany parametr w trzech wymiarach zawierają w sobie trzy oddzielne struktury. W rozwiązaniu opisanym w referacie zastosowano tylko jedną masę

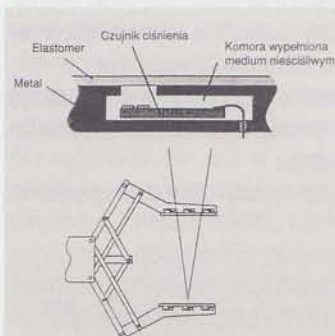


Rys. 3. Schemat dwóch przekrojów czujnika przyspieszenia

sejsmiczną, drgającą w trzech płaszczyznach. Na rys. 3 pokazano schematycznie dwa przekroje czujnika przyspieszenia, ilustrujące przemieszczenia masy bezwładnej w komorze pod wpływem przyspieszenia działającego prostopadle i równoległe do powierzchni struktury. Wzory matematyczne, opisujące oba te przypadki, pozwalają na niezależne obliczenie składników wektora przyspieszenia, posługując się napięciami na czterech kondensatorach wchodzących w skład czujnika. Pomiar polega na śledzeniu zmian pojemności. Wykonano dwie wersje czujnika:

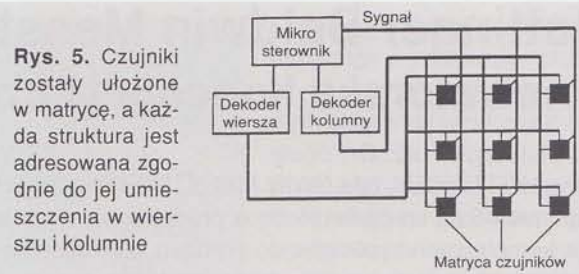
- o rozmiarach $5 \times 4,4 \times 1,4$ mm, o zakresie zmian pojemności 89,5 % i w zakresie przyspieszeń ± 5 g,
- o rozmiarach $2,2 \times 1,6 \times 1,3$ mm, o zakresie zmian pojemności 73,1 % i w zakresie przyspieszeń ± 2 g.

Czujnik dotyku, dostosowany do dużych nacisków, był przedmiotem referatu U. Paschen, M. Leineweber, J. Amelung, G. Zimmer z Niemiec, pt.: Tactile sensors for heavy load manipulation. W robotyce szczególnie istotne znaczenie mają czujniki dotyku pozwalające z dużą precyzją uchwycić i przenieść dany przedmiot. Wiele istniejących konstrukcji dostosowanych jest do małych sił nacisku i dużej rozdzielczości przestrzennej. Duże obiekty, które mają być przenoszone, wymagają użycia dużych sił. Na rys. 4 przedstawiono schemat połączenia czujników ze szczypcami. Czujnik ciśnienia jest scalony w komorze wewnątrz powierzchni zaciskowej szczypiec, w której znajdują się małe otwory. Komora jest wypełniona nieściśliwym medium, a sprzężenie z siłami



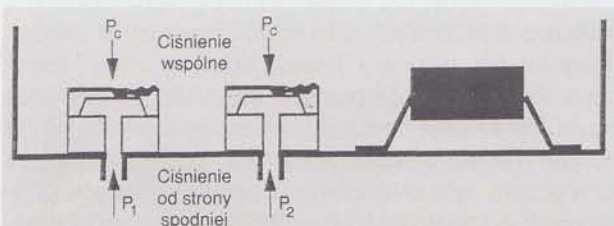
Rys. 4. Schemat połączenia czujników ze szczypcami

zewnętrznymi jest realizowane przez warstwę elastyczną znajdującą się na wierzchu powierzchni zaciskowej. Komora przyrządu chroni czujniki przed nadmiernymi siłami, które mogłyby je uszkodzić. Równocześnie elastyczna warstwa i materiał wypełniający komorę, który nie ulega ściskaniu, wytwarzają równomierne ciśnienie oddziaływujące na czujniki. To ciśnienie jest proporcjonalne do sił miejscowo występujących na powierzchni szczypiec. Czujnik jest w sposób naturalny zabezpieczony przed przeciążeniem, ponieważ przy wysokich ciśnieniach membrana dotyka podłoża i w ten sposób zabezpieczona zostaje przed pęknięciem. Wysoką odporność stosowanych czujników ciśnienia na duże siły nacisku (10^7 N/m² i większe) uzyskano dzięki wykorzystaniu elastomerów. Czujniki zostały ułożone w matrycę, a każda struktura jest adresowana zgodnie do jej umieszczenia w wierszu i kolumnie. Dlatego każdy czujnik może zostać „odczytany” poprzez jeden przewód sygnału wyjściowego, jak to pokazano na rys. 5.



Rys. 5. Czujniki zostały ułożone w matrycę, a każda struktura jest adresowana zgodnie do jej umieszczenia w wierszu i kolumnie

Czujnik ciśnienia do zastosowań motoryzacyjnych został zaprezentowany przez W.S. Czarnockiego z USA w pracy pt.: Media isolated sensor. Na rysunku 6 przedstawiono konstrukcję czujnika. Izolowany od medium różnicowy czujnik ciśnienia zawiera dwa różnicowe piezorezystywne elementy „wyczuwające”. Każdy z nich daje na wyjściu napięcie różnicowe, które wskazuje na istnienie różnicy między ciśnieniem mierzonym P , a ciśnieniem wspólnym P_c . Piezorezystancyjny czujnik ciśnienia jest produkowany na skalę masową przez firmę Motorola. Dzięki zastosowaniu pomiaru różnicowego sygnału generowanego przez dwa czujniki oraz wprowadzeniu wstępnego, wewnętrznego ciśnienia, uzyskano dokładność pomiaru ciśnienia gazów spalinyowych lepszą niż ± 5 % zakresu pomiarowego pełnej skali (FSS – full scale span). Czujnik może pracować przez 10 lat (lub 100 tysięcy mil), w temperaturach od -40 do $+125$ °C, przy wibracjach dochodzących do 20 g. Obudowa jest nadzwyczaj ważną częścią w czujnikach ciśnienia izolowanych od mierzonego medium. Nie może być na nią użyta stal nierdzewna, ani wypełnienie olejem. W opisywanym rozwiązaniu czujnik zamknięto w dobrze ustabilizowany plastik, a obydwa elementy wyczuwające zostały zmontowane na podłożu aluminiowym, które ponadto zawiera rezystory grubowarstwowe i elektronikę wspomagającą.



Rys. 6. Konstrukcja czujnika

Materiały konferencyjne: Proceedings of the 11 th European Conference of Solid-State Transducers EUROSENSORS XI, zostały wydane w języku angielskim w trzech tomach o łącznej objętości 1670 stron formatu A4. Wydawca: Sensor Lab. Sp. z o.o., Warszawa. Zainteresowanych nimi odsyłamy do sekretariatu EUROSENSORS XI: dr hab. Zbigniew Brzózka, Politechnika Warszawska, Wydział Chemii, ul. Noakowskiego 3, 00-665 Warszawa, tel. i fax (022) 660-54-27, e-mail: EUROSENSORS@ch.pw.edu.pl Ustalono, że następna konferencja EUROSENSORS XII poświęcona czujnikom odbędzie się w Wielkiej Brytanii, Southampton, 13-16 września 1998 r., a jej przewodniczącym został prof. J.E. Brignell. Kontakt: EUROSENSORS XII, Mountbatten Building, University of Southampton, Highfield, Southampton, SO17 1BJ, UK.

Edward Stolarski

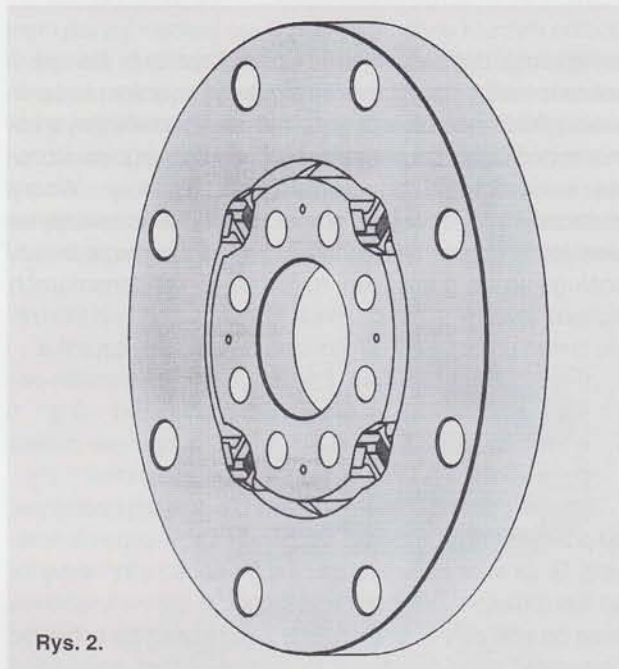
Hottinger Baldwin Messtechnik „wymyśla koło” – nowatorska koncepcja czujnika momentu obrotowego

Firma HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH od ponad 45 lat specjalizuje się w produkcji elementów oraz kompletnych systemów do pomiaru wielkości mechanicznych, takich jak siła, droga, ciśnienie oraz moment obrotowy. Czujniki momentu obrotowego ze względu na swą konstrukcję zjednały sobie nazwę wałów pomiarowych momentu obrotowego.

W firmie HBM wykorzystuje się do realizacji tego zadania tensometryczną zasadę pracy, a w dotychczasowych konstrukcjach używa się wałków o różnych rodzajach.

Jak to widać wyraźnie na rysunku 1, tensometry, naklejone na wałek o przekroju okrągłym, tulejowatym, krzyżowym bądź kwadratowym, dostarczają nam informacji o skręceniu czujnika.

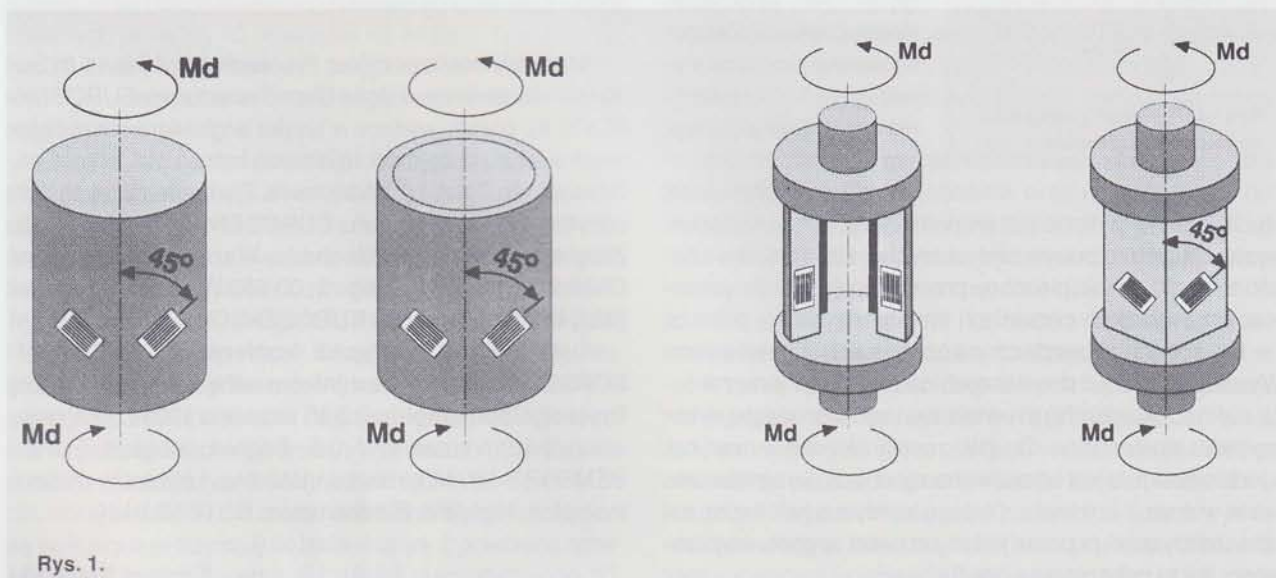
Niestety pomiar za pomocą tych rozwiązań obarczony jest paroma wadami. Po pierwsze, układ mechaniczny jest bardzo czuły na siły składowe, nie będące elementami momentu skręcającego. Mowa tu na przykład o siłach osiowych bądź zginających, możliwych do wyeliminowania za pomocą kosztownych i skomplikowanych technicznie sprzęgła. Następną wadą, nie bez znaczenia, jest stosunkowo duży rozmiar kompletnego zestawu czujnik-sprzęgła, nie mówiąc już o jego cenie. „Potrzeba jest matką wynalazków” – powiedzenie to urzeczywistniło się w przypadku omawianej tematyki. W zakładach HBM udało się wdrożyć całkowicie nową zasadę pracy czujnika tensometrycznego momentu obrotowego, wolnego od wspomnianych powyżej wad i rewolucjonizującego zagadnienie pomiarów zarówno naukowo-badawczych, jak i w procesie kontroli jakości. Nowy czujnik, nazwany zresztą przez twórców kołnierzem pomiarowym do pomiaru momentu obrotowego, przypomina swoją konstrukcją koło ze szprychami, na których naklejono tensometry (rys. 2). Sednem tegoż rozwiązania było zrealizowanie pomiaru naprężeń ściskających w szprychach przez ich odpowiednie ukształ-



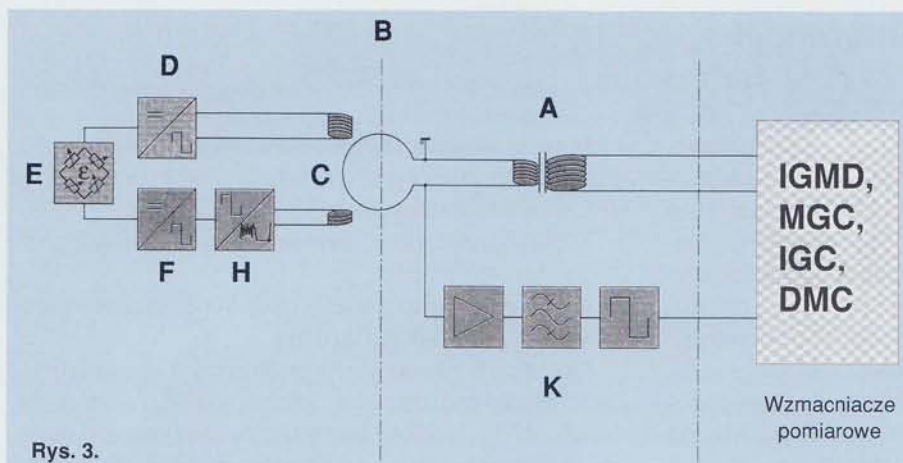
Rys. 2.

towanie oraz właściwą aplikację tensometrów. Zarówno zasilanie układu elektroniki zabudowanej w tarczy, jak i transmisja sygnału pomiarowego odbywa się w sposób bezprzewodowy. Przy opracowywaniu układu telemetryjnego przyjęto trzy podstawowe założenia:

- układ powinien być, z elektronicznego punktu widzenia, kompatybilny z dotychczas stosowanymi układami pomiarowymi, współpracującymi z momentomierzami z bezprzewodową transmisją sygnału;
- stator powinien być dzielony, by umożliwić instalację bez potrzeby ingerencji w ciągłość obiektu (np. odłączanie wału napędowego);
- transmitowana energia do tarczy-rotora nie powinna przekraczać 0,8 W;



Rys. 1.



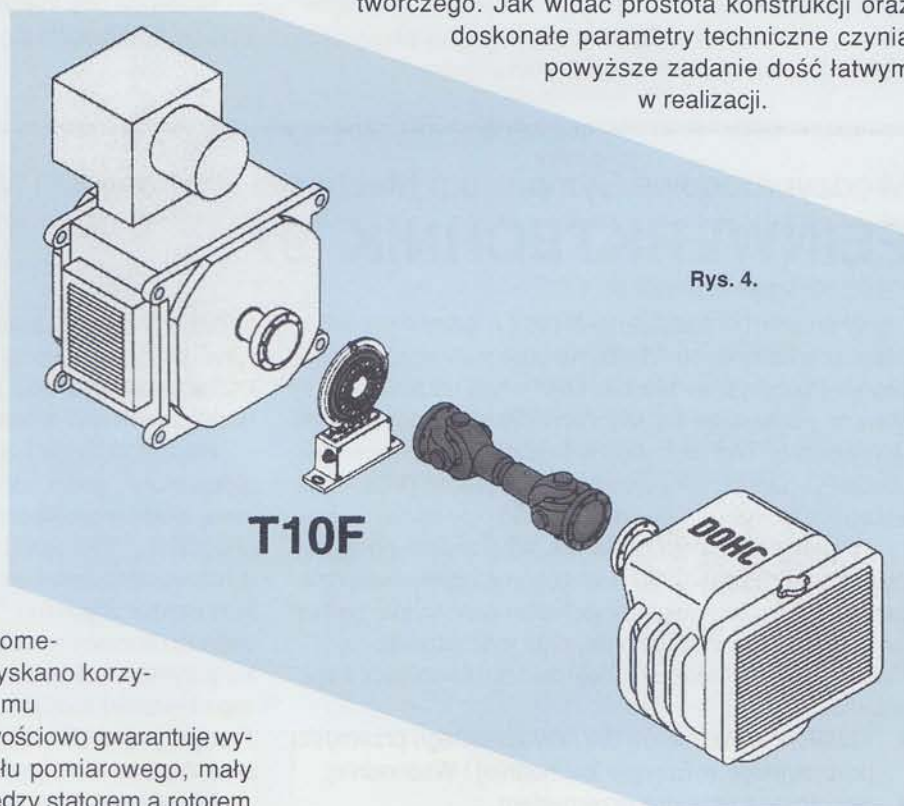
Rys. 3.

Rysunek 3 przedstawia schematycznie zasadę działania momentomierza kołnierowego oznaczonego symbolem T10F. Dzięki założonej kompatybilności możliwe jest podłączenie do jednego z dowolnie wybranych wzmacniaczy pomiarowych HBM. Generator wzmacniacza pomiarowego zasilą segmenty statora (B) napięciem prostokątnym o częstotliwości ok. 14 kHz. Transformator (A) przejmie rolę dopasowania anteny statora do generatora. Energia zasilająca drogą indukcji trafia do uzwojenia (C) rotora-tarczy i po wyprostowaniu (D) zasilą mostek Wheatstone'a (E). Sygnał wyjściowy z mostka tensometrycznego, za pośrednictwem konwertera napięcia – częstotliwości (F), moduluje generator pasma MHz, zasilający drugie uzwojenie rotora (H). Antena statora (B) odbiera sygnał nośnej przez selektywny wzmacniacz z filtrem wąskopasmowym, odzyskując po zdemodulowaniu (K) sygnał pierwotny w postaci napięcia prostokątnego o częstotliwości $10 \text{ kHz} \pm 5 \text{ kHz}$, reprezentujący odpowiednio poziomy momentu obrotowego. Zastosowany tu system telemetry charakteryzują następujące cechy:

- dzięki zasilaniu mostka tensometrycznego napięciem 12 V uzyskano korzystny stosunek sygnału do szumu
- sygnał zmodulowany częstotliwościowo gwarantuje wysoką jakość transmisji sygnału pomiarowego, mały wpływ zmiennej odległości między statorem a rotorem
- szeroki zakres mierzonych częstotliwości do 1000 Hz umożliwia pomiary dynamiczne
- możliwość załączania oporności kalibracyjnej upraszcza proces skalowania mechanicznego
- zarówno pomiary stacjonarne jak i wysokoobrotowe (15000 obr./min) są obciążone bardzo małym błędem (0,1 %)
- układ spełnia wymagania kompatybilności elektromagnetycznej (zalecenia 89/336/EWG).

Nowa zasada pracy wspomnianego przetwornika skutkuje znacznym zmniejszeniem wymiarów stanowiska pomiarowego. Duża sztywność poprzeczna umożliwia bezpośredni montaż czujnika przy przegubie wału napędowego, co umożliwia oszczędzenie kosztów instalacji dodatkowych łożysk i sprzęgieł. Wysoka dopuszczalna przeciążalność (160% zakresu znamionowego) zezwala na dobór niższych zakresów pomiarowych przy założeniu przebiegów dynamicznych, niż

to miało miejsce w przypadku tradycyjnych wałów momentu obrotowego. Dzięki dużej sztywności poprzecznej wpływ drgań na wynik pomiaru jest znikomy (wysoka częstotliwość drgań własnych). Obecność sygnału kalibrującego w układzie elektroniki rotora usprawnia bardzo proces sprawdzenia całego toru pomiarowego. Brak łożysk i pierścieni ślizgowych czyni ten czujnik całkowicie bezobsługowym. Rysunek 4 przedstawia przykładową aplikację przetwornika T10 F do badania agregatu prądotwórczego. Jak widać prostota konstrukcji oraz doskonałe parametry techniczne czynią powyższe zadanie dość łatwym w realizacji.



Rys. 4.

BIURO INŻYNIERSKIE ZAJĄCZKOWSKI
HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK W POLSCE
60-166 POZNAŃ, UL. GRUNWALDZKA 250 B
TEL./FAKS (0-61) 8685664,
0-602 694 621, 0-602 250 933
<http://www.optimus.poznan.pl/hbmzajacz>

II Międzynarodowa Konferencja MICRO-TRIBOLOGY '97

W dniach 15-18.09.1997 r., w Ośrodku Szkoleniowo-Wypoczynkowym Politechniki Krakowskiej w Janowicach k. Tarnowa, odbyła się konferencja **2nd International Colloquium MICRO-TRIBOLOGY '97**. Głównym organizatorem i przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego konferencji był prof. dr hab. Zygmunt Rymuza z Instytutu Mikromechaniki i Fotoniki Politechniki Warszawskiej.

W konferencji wzięło udział kilku światowej sławy uczonych: prof. Koji Kato (Tohoku University Sendai, Japonia, zastępca redaktora naczelnego międzynarodowego czasopisma *Wear*), prof. Nobuo Ohmae (Osaka University, Japonia), prof. Kyriakos Komvopoulos (University of California, Berkeley, USA), prof. Hans Erich Hintermann (przewodniczący Swiss National Science Foundation-National Research Program Nanosciences, Szwajcaria), prof. Friedrich Franek (przewodniczący Austriackiego Towarzystwa Tribologicznego – Technische Universität Wien, Austria), prof. Nikolaj Myszkina (Institut Mechaniki Metall-Polimernych Sistem, Homel, Białoruś), a z Polski – m.in. przewodniczący Polskiego Towarzystwa Trybologicznego prof. dr hab. Stanisław Pytko (AGH, Kraków).

W konferencji uczestniczyły 44 osoby z 10 krajów. Obrady konferencji odbywały się w języku angielskim w pięciu następujących sesjach plenarnych:

- Badania właściwości mikro/nanomechanicznych i trybologicznych przy użyciu mikroskopu sił atomowych (AFM);
- Smarowanie mikropar trących;
- Zapis magnetyczny, cienkie warstwy i materiały implantowane jonowo;
- Mikrotrybometria, systemy mikrotrybologiczne, mikro-systemy i zagadnienia różne.

Obradom konferencyjnym towarzyszyła wystawa urządzeń mikroskopii atomowej siłowej (AFM), na której firma NT-MDT z Moskwy zaprezentowała swoje osiągnięcia, m.in. zautomatyzowany mikroskop AFM, jak również akcesoria do tego rodzaju mikroskopów, np. igły. Wystawiony był także mikroskop AFM wytwarzany w Katedrze Fizyki Ciała Stałego Uniwersytetu Łódzkiego. Przedstawiono też informacje i foldery firmy Hysitron (USA) produkującej urządzenie „Triboscope” umożliwiające – przy użyciu AFM – badanie piko/nanotwardości oraz wizualizację mikroodcisków wgłębnika diamentowego. Ponadto zademonstrowano także mikrotrybometr do badania mikrosiłników i mikrołożysk zbudowany w Uniwersytecie Technicznym (Institut für Feinwerktechnik) w Wiedniu.

Następne, **3rd International Colloquium MICRO-TRIBOLOGY**, odbędzie się w 2001 roku – również w Polsce.

Zdzisław Mrugalski

Międzynarodowe Sympozjum Mechaniki Precyzyjnej i Mechatroniki FEINWERKTECHNIK '97

W dniach 1-3 października 1997 r. odbyło się w Budapeszcie kolejne, 16. Międzynarodowe Sympozjum Mechaniki Precyzyjnej i Mechatroniki – tym razem zorganizowane przez Katedrę Mechaniki Precyzyjnej i Optyki Uniwersytetu Technicznego w Budapeszcie przy współudziale Organizacji Inżynierów Niemieckich (VDI – Gesellschaft Mikro- und Feinwerktechnik).

W spotkaniu wzięło udział ok. 40 przedstawicieli wyższych uczelni technicznych kształcących inżynierów w dziedzinie szeroko rozumianej mechaniki precyzyjnej (w tym mikroelektroniki i mikrotechniki) oraz mechatroniki.

Problematyka sympozjum obejmowała następujące zagadnienia:

- kształcenie inżynierów dla nowoczesnego przemysłu precyzyjnego w Europie Zachodniej i Wschodniej,
- współpraca uczelni z przemysłem,
- ostatnie osiągnięcia naukowe jednostek uczelnianych i przemysłowych reprezentowanych na konferencji.

Obrady otworzył rektor Uniwersytetu Technicznego w Budapeszcie prof. dr A. Detrekői, następnie uczestników powitał minister przemysłu i handlu Węgier – dr K. Hegyháti.

W dalszym ciągu tej sesji zabrali głos: prof. O. Petrik, który przedstawił m.in. rys historyczny kontaktów naukowych uczelni technicznych Budapesztu, Drezna i Warszawy, przedstawiciele firm: Ikarus, IBM Székesfehérvár oraz

Schmidt & Bender, a następnie profesorowie M. Schilling i prof. W. Krause, którzy przedstawili perspektywy rozwoju kształcenia inżynierów i badań naukowych w uczelniach technicznych w Niemczech i w zjednoczonej Europie.

Na zakończenie konferencji odbyły się „obradę okrągłego stołu”, gdzie kontynuowano rozważania nad planami studiów na kierunku mechanika precyzyjna i mechatronika (Feinwerktechnik und Mechatronik), który w różnych uczelniach jest prowadzony zarówno na wydziałach elektrycznych (np. TU Wien, TU Dresden) jak i na wydziałach budowy maszyn (TU Ilmenau, TU Stuttgart). Jako przykład najbardziej korzystnej sytuacji do rozwoju tego kierunku studiów wskazywano Wydział Mechaniki Precyzyjnej w Uniwersytecie Technicznym w Lozannie oraz Wydział Mechatroniki w Politechnice Warszawskiej.

Uczestnicy mieli także możliwość zwiedzenia laboratoriów jednostki, która zorganizowała konferencję, tj. Katedry Mechaniki Precyzyjnej i Optyki Uniwersytetu Technicznego w Budapeszcie.

Konferencja była doskonale zorganizowana, a uczestnicy mieli zapewnione bardzo dobre warunki pobytu w Budapeszcie.

Następne, **17. Międzynarodowe Sympozjum FEINWERKTECHNIK** odbędzie się za dwa lata w Ilmenau.

Zdzisław Mrugalski

Zapraszamy do współpracy

Zapraszamy do współpracy wszystkich, którym są bliskie problemy metrologii, automatyki i robotyki oraz dziedzin związanych. Z zadowoleniem przyjmujemy artykuły naukowe w przystępny sposób przedstawiające nowości naukowe i możliwości ich wykorzystania w praktyce oraz wszelkie komunikaty i notatki informujące o nowościach rynku i potrzebach z zakresu PAR.

Objętość artykułu nie powinna przekraczać 6 stron maszynopisu (po 1800 znaków) wraz z ilustracjami. Teksty do opublikowania prosimy dostarczać w postaci pliku komputerowego oraz wydruku. Nad tytułem prosimy zamieścić informacje o autorze: tytuł lub stopień naukowy, imię i nazwisko, instytucja, możliwości kontaktu. Można wskazać, które informacje są tylko do wiadomości redakcji. Pod tytułem artykułu prosimy za-

mieścić jego krótkie streszczenie lub proponowany lead. Prosimy o podanie tytułu artykułu i streszczenia w języku angielskim. Szczególnie starannie należy pisać wzory. Fotografie i przezrocza powinny być bardzo dobrej jakości. Ilustracje można dostarczać w postaci plików komputerowych.

Bibliografia powinna zawierać:

- w przypadku książek – nazwisko i pierwszą literę imienia autora, tytuł, wydawnictwo, miejsce i rok wydania;
- w przypadku czasopism, materiałów konferencyjnych itp. – nazwisko i pierwszą literę imienia autora, tytuł artykułu, tytuł czasopisma i numer, rok wydania, strony od-do.

Honorarium określa redaktor naczelny PAR, szczególnie biorąc pod uwagę opinię recenzenta dotyczącą walorów naukowych i aplikacyjnych artykułu.

...do prenumeraty

PAR można zaprenumerować na dowolny okres, od dowolnego numeru. Szczególnie polecamy prenumeratę roczną, najtańszą i najwygodniejszą.

Cena prenumeraty rocznej na 1998 r. wynosi 100 zł, półrocznej – 57 zł, kwartalnej – 28,50 zł.

Cena pojedynczego egzemplarza pozostaje bez zmian – 9,50 zł.

Zamówienie na prenumeratę można przesłać do redakcji na załączonym formularzu lub dokonując wpłaty na konto wydawcy:

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

02-486 Warszawa

Al. Jerozolimskie 202

Bank PBK SA VIII O/Warszawa
nr rachunku 11101037-1876-2700-1-17

Jeśli nie korzystają Państwo z formularza zamówienia, to na blankiecie wpłaty prosimy bardzo czytelnie napisać: PRENUMERATA PAR oraz wszystkie informacje umożliwiające właściwe wysyłanie pisma i wystawienie faktury VAT lub rachunku uproszczonego.

Zamówienie lub wpłatę na prenumeratę roczną, na I półrocze lub I kwartał 1998 r. uprzejmie prosimy przesłać na adres redakcji.

Prenumeratę można zamawiać także za pośrednictwem:

■ Zakładu Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT

ul. Bartycka 20, 00-716 Warszawa

tel. (0 22) 40 00 21 w. 249, 293, 295, 299
lub 40 30 86 i 40 35 89

■ RUCH SA Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy

ul. Towarowa 28, 00-839 Warszawa

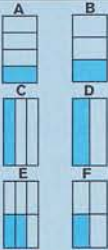
tel. (0 22) 620 12 71 w. 2366

■ KOLPORTER SA

ul. Kolberga 11, 25-620 Kielce

tel. (0 41) 368 3620 do 25

... do reklamy

Wielkość			Cena ogłoszenia		
Rodzaje modułów ogłoszeń	Kształt	Strona/ część strony	czarno-białe	z jednym kolorem dodatkowym	w pełnym kolorze
			zł		
wysokość 215 mm	A4	I okładka	—	—	2600
	A4	II lub III okładka	—	—	2145
	A4	IV okładka	—	—	2275
	4 x A	1/1	1300	1560	1950
	3 x A	3/4	1000	1200	1500
	2 x B	2/3	940	1128	1410
	2 x C				
	2 x A	1/2	700	840	1050
	D				
	B	1/3			
	C		510	612	765
	E				
	A	1/4	400	480	600
	F				
Artykuł promocyjny strona w piśmie			650	780	950
Wszytki	do 40 g		1300	1 karta/2 strony	
	do 40 g		1800	2 karty/4 strony	
Wkładki	do 30 g, format A4		650	1000 egzemplarzy	
Rabaty:			5% za 3 powtórzenia		
			10% za 6 powtórzeń		
			15% za 9 powtórzeń		
			20% za 12 powtórzeń		

Uwagi:

1. Podane ceny dotyczą ogłoszeń, jeśli ogłoszeniodawca dostarczy materiały w formie gotowej do druku lub wymagającej jedynie niewielkich prac graficzno-technicznych.
2. Cena znacznej obróbki techniczno-graficznej lub opracowania artykułu będzie uzgadniana.
3. Życzenia dotyczące miejsca ogłoszenia będziemy uwzględniać w miarę możliwości, przy czym pierwszeństwo mają firmy stale współpracujące z nami.
4. Do podanych cen będziemy doliczać podatek VAT 22%.

SERWIS CZYTELNIKÓW

SERWIS CZYTELNIKÓW

Imię i nazwisko

Nazwa firmy

Ulica

Nr

Kod

Miejscowość

Tel.

Faks

Jeśli chcecie Państwo otrzymać więcej informacji o tematach poruszanych na naszych łamach oraz oferowanych wyrobach i usługach, prosimy zakreślić na karcie numer przyporządkowany w spisie treści. Dane adresowe prosimy wpisać czytelnie (wielkimi literami).



ul. Radna 12, 00-341 Warszawa, t. 821 30 54, f. 821 30 55, BBS: 821 30 53
http: //www.elmark.com.pl e-mail: advantech@elmark.com.pl

Oprogramowanie i karty do sterowania i pomiarów za pomocą PC:
Karty we/wy cyfrowych, analogowych, licznikowych, przekaźnikowych, optoizolacja.

Zdalne inteligentne moduły pomiarowo-sterujące ADAM 4000

- podłączenie do portu szeregowego RS-232/485
- transmisja na odległość 1,2-16 km
- we/wy cyfrowe, analogowe, przekaźnikowe, licznikowe, OPTO-22
- łączenie w sieć do 256 modułów na parze przewodów
- sterowanie prostymi rozkazami ASCII
- obsługa przez gotowe pakiety oprogramowania dla DOS i Windows
- dostępny zestaw edukacyjny **ADAM STARTER KIT**

Karty komunikacyjne: MULTIPOINT RS-232, RS-485, IEEE-488
Komputery PC w wersji przemysłowej i laboratoryjnej



ADVANTECH
Industrial & Lab Automation with PCs



Allen-Bradley · Sprecher+Schuh



- programowalne sterowniki przemysłowe
- konsole operatorskie
- oprogramowanie wizualizacyjne
- wizyjne systemy kontroli produkcji
- falowniki i układy miękkiego startu silników
- wyłączniki fotoelektryczne, zbliżeniowe, krańcowe
- doradztwo techniczne, szkolenia
- dostawy na cały kraj



ISO 9001

AUTORYZOWANY DYSTYBUTOR
ul. Radna 12, 00-341 Warszawa, t. 821 45 83, f. 821 45 85, BBS: 821 30 53
http: //www.elmark.com.pl e-mail: rockwell@elmark.com.pl

Abstracts

Tactile Sensors

Jan Barczyk – p. 5

This paper presents an overview of recent and current research on tactile sensors for robot control. In particular, new developments and trends in tactile sensing matrices are discussed. *Keywords:* tactile sensing, sensory control, sensory gripper, piezoresistive sensors, piezoelectric sensors, electrooptical sensors, force sensors.

Survey of Modern Sensors

Piotr Szabelak – p. 12

A survey is presented of sensors used in modern technology, a special look being taken at the main groups of the sensors: passive visual, active ultrasonic, electrooptical sensors and optical ones. Discussed in detail are the designing and properties of a types modern sensors. Summarily, the properties of the sensors being discussed are compared with the view of using them in building a model of environment.

Laboratory Computer Testing System for Examining the Accuracy of Pairs of Temperature Probes for Electronic Heat Meter Calculators

Tadeusz Goszczyński, Elżbieta Jachczyk, Jacek Korytkowski – p. 17

The authors present computer testing system for examining the accuracy of pairs of temperature probes for electronic heat meter calculators. Approximation equations of resistance temperature probe characteristics are given and the testing method of these characteristic is described. The configuration of the system and functional properties are described. The computer program PARY for executing the test procedure is described.

Mosaic of Sensors

Jan Barczyk – p. 22

The author present a short information's about new sensors on the world. Discussed in detail are the design and properties of a types modern sensors. This paper presents an overview of recent and current research on sensors for control.

Sensors' Man – p. 30

Interview with Prof. Edward Stolarski, a president of Polish Society of Sensors Technical.

EUROSENSORS XI

Edward Stolarski – p. 36

The author present information about Symposium EUROSENSORS XI from Warsaw Technical University. During the Symposium a number of scientific seminars was held. Some important research problems and forecast for the future of sensors are recapitulated. Also, the author present a short information's about new sensors on the world.



SERWIS CZYTELNIKÓW

GRUDZIEŃ 1997 r.



Redakcja **PAR**
POMIARY • AUTOMATYKA • ROBOTYKA

Al. Jerozolimskie 202,
02-486 Warszawa

Numery artykułów _____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25					

Numery reklam/ogłoszeń _____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

abmicro

**NIEZAWODNY PARTNER
W AUTOMATYCE PRZEMYSŁOWEJ
OD 1984 ROKU!**



Intellution

Generalny Dystrybutor **INTELLUTION Inc.**

- najwyższej notowane 32-bitowe oprogramowanie MMI i SCADA do sterowania, nadzoru i wizualizacji procesów przemysłowych dla Windows NT oraz Windows 95 – pakiety FIX, PLANT TV, Visual Batch, Paradym - 31. FIX dostępny w polskiej wersji językowej



Autoryzowany Dystrybutor **GE Fanuc Automation**

- programowalne sterowniki przemysłowe PLC – 90-Micro, 90-20, 90-30, 90-70
- rozproszone systemy sterowania – GENIUS, FIELD CONTROL
- modułowe systemy redundancji – GMR
- konsole operatorskie – DATAPANEL, HORNER

**Dr. Seufert
Computer**

Generalny Dystrybutor **Dr. Seufert Computer**

- wieloe ekranowe monitory projekcyjne w technologii TFT-LCD – OVERVIEW-XGA
- modułowe ściany wizualizacyjne - system OVERVIEW-mX



Power Controls

Autoryzowany Dystrybutor **GE Power Controls**

- obudowy przemysłowe z poliestrów
- osprzęt niskonapięciowy
- zabezpieczenia nadprądowe i przeciwporażeniowe



Generalny Dystrybutor **N.B.C. Elettronica**

- wagowe przetworniki tensometryczne – standardowe i na zamówienie

abmicro

Własne opracowania i produkcja:

- pomiarowe moduły elektroniczne do wag przemysłowych (homologacja G.U.M.)
- wagowe systemy dozujące jedno- i wielowagowe
- zestawy do hybrydyzacji (elektronizacji) wag mechanicznych
- specjalizowane urządzenia elektroniczne
- szkolenia w zakresie systemów PLC i SCADA

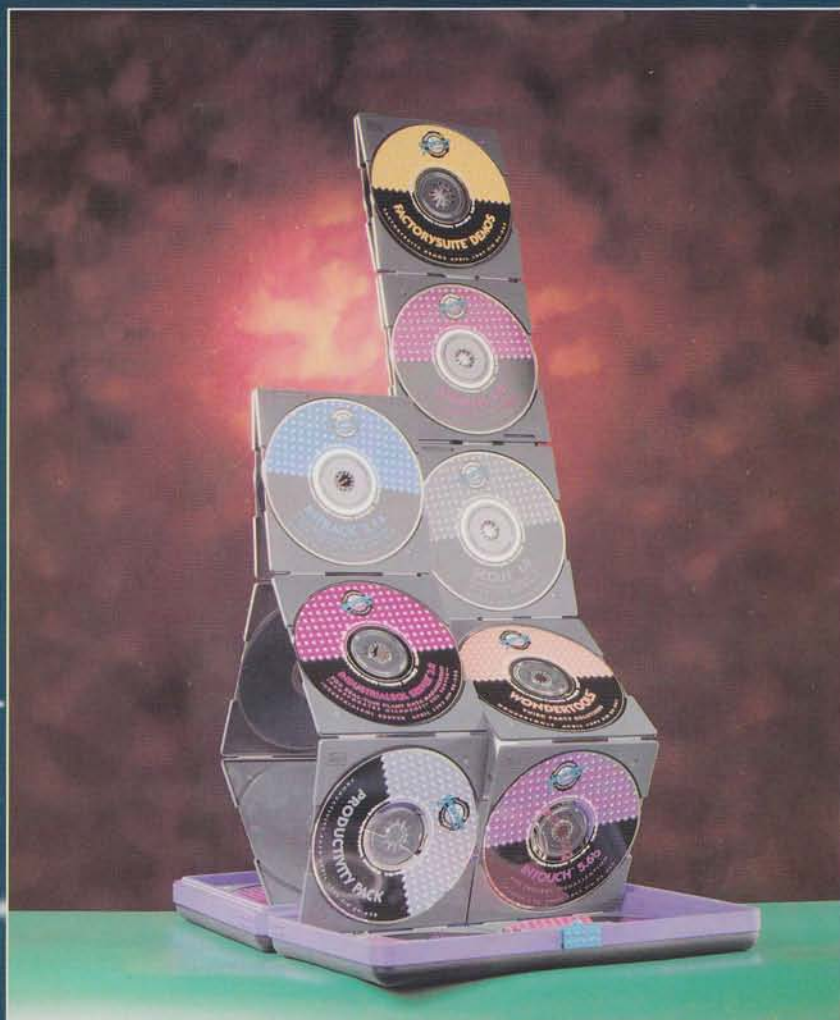
AB-MICRO s.c.
ul. Kulczyńskiego 14
02-777 Warszawa 130
skr. poczt. 15
tel. (0-22) 641 31 30, 641 12 69
fax (0-22) 643 14 21
e-mail: abmicro@abmicro.com.pl

BIURO TECHNICZNE GLIWICE
ul. Wieczorka 33
44-100 Gliwice
tel./fax (0-32) 38 80 64

BIURO TECHNICZNE GDAŃSK
ul. Heweliusza 11 pok. 1215
80-890 Gdańsk
tel. (0-58) 31 16 31 wew. 377
tel./fax (0-58) 46 21 52

ATRAKCYJNA OFERTA WSPÓŁPRACY DLA INTEGRATORÓW SYSTEMÓW

ZESTAW PROGRAMÓW PRZEMYSŁOWYCH



FactorySuite 1000

otrzymał

Złoty Medal

69 Międzynarodowych
Targów Poznańskich



FactorySuite 1000

Firma ASTOR ma przyjemność zaprezentować Państwu najnowszy produkt Wonderware Corporation lidera w produkcji oprogramowania przemysłowego.

Wonderware Corp. jako pierwsza na świecie firma, stworzyła i wprowadziła na rynek zintegrowany zestaw programów dla przemysłu. Teraz w jednym opakowaniu FactorySuite Plus 1000 znajdziecie Państwo 13 CD-ROM-ów, zawierających oprogramowanie zdolne całkowicie odmienić dotychczasowy sposób pracy Państwa zakładu, czyniąc ją prostszą i dużo bardziej efektywną.

Zestaw Programów Przemysłowych FactorySuite Plus 1000 jest rozwiązaniem kompleksowym, które może skutecznie przyspieszyć i ułatwić wdrożenie norm jakości z serii ISO 9000.

Główną ideą, która przyświecała programistom Wonderware Corporation w ich pracy, było stworzenie stabilnego produktu, charakteryzującego się jak największą prostotą obsługi, zarówno dla projektantów aplikacji jak i końcowych użytkowników. Nad całością zestawu czuwa przejrzysty program instalacyjny, pełniący zarazem funkcję podręcznika. Warto dodać, że najważniejsze programy pakietu, w swych wcześniejszych wersjach doskonale sprawdziły się w dziesiątkach tysięcy instalacji na całym świecie.

Dziś pragniemy zaoferować Państwu cały zestaw FactorySuite 1000 znacznie poniżej dotychczasowej ceny jednego programu InTouch PDK.

Zestaw Factory Suite Plus 1000 zawiera m.in.:

- InTouch – programy do wizualizacji procesów przemysłowych
- InTrack – pakiet do śledzenia i zarządzania produkcją, umożliwiający tworzenie historii powstawania partii towarów;
- InBatch – system zarządzania produkcją w trybie wsadowym;
- InDustrialSQL Server – przemysłowa relacyjna baza danych oparta o Microsoft SQL Server;
- InControl – program pozwalający realizować funkcje sterownika PLC za pomocą komputera klasy PC (ang. SoftPLC);
- Scout – program pozwalający na wykorzystywanie technologii intranet/internet dla celów wizualizacji procesów przemysłowych;



Więcej informacji na temat Zestawu Programów Przemysłowych FactorySuite Plus 1000 można uzyskać u Autoryzowanego Dystrybutora Wonderware Corp. na Polskę:

ASTOR Sp. z o.o., ul. Smoleńsk 29, 31-112 Kraków,
tel./fax (012) 232-107, e-mail: info@astor.com.pl