

dr inż. Andrzej Bolesław ZAKRZEWSKI
Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów MERA-PIAP
Warszawa

OBCENA SYTUACJA W DZIEDZINIE CZUJNIKÓW WIELKOŚCI NIEELEKTRYCZNYCH I PERSPEKTYWY ICH ROZWOJU W POLSCE

W artykule scharakteryzowano aktualny stan techniki w dziedzinie czujników a także sytuację w zakresie produkcji i prac rozwojowych w kraju.

W szczególności omówiono nowe zakresy zastosowań i techniki, wielokierunkowe oraz pożądane kierunki prac rozwojowych i działań organizacyjnych.

Podjmując tematykę czujników*), trzeba w pierwszym rzędzie zdać sobie sprawę z występującej tu różnorodności. Przede wszystkim jest to różnorodność mierzonych wielkości. Ograniczając się tylko do najważniejszych można wymienić: moment, siłę, ciśnienie, poziom, przepływ, gęstość, wilgotność, temperaturę, obecność (liczbę), położenie, przemieszczenie, prędkość, przyspieszenie. Niektóre z nich tworzą ciągi oparte na jednym podstawowym pomiarze (np. obecność — przemieszczenie — prędkość — przyspieszenie), lecz większość różni się charakterem w sposób zasadniczy (żeby wymienić tylko wielkości tak odmienne jak wilgotność i ciśnienie, czy temperatura i położenie).

Jednocześnie w obrębie każdej wielkości występuje ogromna rozpiętość mierzonych wartości. W pomiarach przemysłowych, a więc nie obejmujących na ogół wartości skrajnych, występują np. siły od kilku niutonów do dziesiątek tysięcy niutonów, temperatury od minus kilkudziesięciu stopni C do wielu tysięcy stopni C, prędkości obrotowe od kilku obrotów na minutę do tysięcy obrotów na sekundę, itd.

Wymagana dokładność pomiaru jest przy tym także bardzo zróżnicowana. I chociaż wydawać się może, że zawsze dopuszczalny będzie pomiar z dokładnością wyższą niż absolutnie konieczna, to jednak praktycznie postępowanie takie okazuje się w większości przypadków nieracjonalne, ponieważ uzyskiwanie wysokich dokładności pomiaru wiąże się na ogół z większą komplikacją konstrukcji czujnika, zwiększoną

*)W istocie obejmuje ona nie tylko same czujniki jako takie, lecz także przetworniki pomiarowe tzn. urządzenia, w których sam wąsko rozumiany, czujnik stanowi jedynie jeden z elementów, lecz powiązany integralnie w jedną całość z elementami kształtującymi sygnał wyjściowy.

wrażliwością na warunki pracy, jak również wysokimi kosztami.

Pomiary, a w szczególności pomiary przemysłowe, prowadzone są w bardzo różnorodnych warunkach: w wysokich temperaturach (np. hutnictwie), w obecności substancji agresywnych (np. w przemyśle chemicznym) itp. Częstość też warunki pracy zmieniają się diametralnie w trakcie pomiarów (np. przy pomiarach prowadzonych na otwartym powietrzu).

Konieczność sprostania tak różnym potrzebom i wymaganiom powoduje, że powstają urządzenia o bardzo różnorodnych rozwiązaniach konstrukcyjnych, oparte na rozmaitych zasadach działania. Nawet w jednej i tej samej dziedzinie pomiarów używa się równolegle różnych urządzeń pomiarowych (o różnej dokładności, dostosowanych do odmiennych warunków pracy), a możliwość wymiennego ich stosowania jest na ogół bardzo ograniczona.

Chociaż pomiary pełnią zwykle, w stosunku do właściwego procesu, rolę niejako usługową, wynik ich stanowi w każdym przypadku podstawę dalszego działania i to niezależnie od tego, czy sterowanie procesem odbywa się ręcznie czy też automatycznie. Istotna różnica dotyczyć może raczej rodzaju i form sygnału wyjściowego, przystosowanych do przekazywania informacji zawierającej wynik pomiaru bądź człowiekowi, bądź też bezpośrednio urządzeniu automatycznemu. W rezultacie rozwój automatyzacji i obejmowanie nią nowych zakresów działania powoduje wzrost zapotrzebowania na różnego rodzaju czujniki reagujące samoczynnie, niezależnie od obsługi. Postępująca komputeryzacja wymaga również całego szeregu czujników powiązanych w jeden system i dostarczających informacji przetwarzanych następnie przez komputery. Zapotrzebowanie na czujniki występuje we wszystkich dziedzinach gospodarki: w przemyśle przetwórczym, chemicznym, maszynowym, w górnictwie, transporcie, energetyce, gospodarce komunalnej, a także coraz częściej (ze względu na postępującą automatyzację i robotyzację) w budownictwie, rolnictwie, gospodarce leśnej itd. Pomijam tu zastosowania w dziedzinie badań naukowych, w medycynie, biologii itp., ponieważ są to zagadnienia odrębne, bardzo szerokie, o określonej specyfice, chociaż w praktyce występują niejednokrotnie różnego rodzaju powiązania z pomiarami i urządzeniami typu przemysłowego.

Jest rzeczą charakterystyczną, że rozwój konstrukcji i produkcji czujników objął w pierwszej kolejności urządzenia stosowane w procesach ciągłych, np. w przemyśle spożywczym, chemicznym czy gospodarce wodno-ściekowej, a więc tam, gdzie sam charakter procesu ogranicza możliwość ręcznego działania obsługi, wymuszając stosowanie urządzeń samoczynnych. Dotyczyło to głównie pomiarów takich wielkości jak przepływ, ciśnienie, poziom, temperatura itp.

W ostatnim czasie następuje gwałtowny rozwój automatyzacji procesów dyskretnych (w szczególności w procesach obróbczych, montażu), robotyzacji itd. Sytuacja ta stwarza nowe potrzeby w dziedzinie czujników. We właściwe urządzenia pomiarowe muszą zostać wyposażone różnego rodzaju samoczynne obrabiarki, przemysłowe

roboty montażowe, transportowe i inne, automatyczne linie produkcyjne.

Rozszerza się przy tym znacznie zakres stosowania pomiarów sił i momentów, położenia, odległości i przesunięcia, parametrów ruchu jak droga, prędkość kątowna i liniowa, przyspieszenie, a także pomiary geometryczne, wykrywanie obecności i zliczanie.

Rozwój techniki światowej w dziedzinie czujników idzie w kierunku:

- podnoszenia dokładności i poprawiania właściwości eksploatacyjnych czujników wykorzystujących techniki sprawdzone, przez wprowadzanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych, zastosowanie nowych materiałów i elementów o lepszych właściwościach,
- miniaturyzacji urządzeń pomiarowych, w szczególności samych czujników,
- wprowadzania w szerokim zakresie mikroprocesorów usprawniających proces pomiaru i rozszerzających możliwości przetworników,
- wprowadzania nowych technik (w pierwszym rzędzie wymienić należy czujniki światłowodowe, chemiczne, amorficzne i in.).

W ostatnich latach, z inicjatywy Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów oraz Zrzeszenia Producentów Środków Informatyki, Automatyki i Aparatury Pomiarowej MERA, przeprowadzono szeroko zakrojone rozpoznanie stanu techniki, istniejących i przewidywanych potrzeb kraju oraz bieżącej produkcji krajowej, a także podjętych i zamierzonych prac badawczo—konstrukcyjnych w dziedzinie czujników i przetworników wielkości nieelektrycznych, stosowanych w automatyzacji procesów ciągłych i dyskretnych. Na rozpoznanie to (wykonane głównie w ramach I etapu CPBR 7.2 „Elementy i systemy automatyki”) złożyły się: opracowanie PIAP pt. „Rozpoznanie perspektywicznych potrzeb w zakresie czujników (przetworników) wielkości nieelektrycznych dla potrzeb automatyki i elastycznych systemów produkcji”, wyniki zorganizowanej przez PIAP narady konsultacyjnej w sprawie czujników stosowanych w automatyzacji procesów dyskretnych oraz zorganizowanej przez PIAP i Zrzeszenie MERA ogólnokrajowej konferencji nt „Perspektywy rozwoju krajowych czujników wielkości nieelektrycznych dla potrzeb automatyzacji procesów ciągłych i dyskretnych”.

Głównym celem przeprowadzonego rozpoznania było sformułowanie wniosków co do kierunków rozwoju dziedziny czujników w Polsce.

Pierwszym i chyba najistotniejszym stwierdzeniem, jakie nasunęło się po przeanalizowaniu wyników rozpoznania, było określenie stanu panującego w tej dziedzinie w kraju jako chaosu.

Niewątpliwie omówione wcześniej zróżnicowanie stwarza po temu sprzyjające warunki, jednakże głównej przyczyny należy upatrywać w brakach organizacyjnych.

Przede wszystkim dawał się odczuć brak właściwego przepływu informacji o bieżącej i planowanej produkcji krajowej, jak również o prowadzonych i zamierzonych pracach badawczych i konstrukcyjnych. Brak było systematycznego rozpoznania stanu techniki

w poszczególnych dziedzinach pomiarów. Brak było również koordynacji w zakresie podejmowanej przez poszczególne zakłady produkcji, a w pierwszym rzędzie koordynacji prac badawczo—konstrukcyjnych, decydujących przecież w znacznym stopniu o przyszłym rozwoju produkcji.

Znaczne obecnie zapotrzebowanie na czujniki i przetworniki pomiarowe, wzrastające systematycznie wraz z rozwojem automatyzacji, zaspokajane jest w bardzo małym stopniu. Produkcją różnego rodzaju urządzeń pomiarowych zajmuje się obecnie kilkadziesiąt rozmaitych przedsiębiorstw (w tej chwili rozpoznano ponad 30 znaczących), w tym duże zakłady przemysłu kluczowego jak MERA—PNEFAL, MERA—ZAP, MERA—KFAP, zakłady doświadczalne instytutów i uczelni, ośrodki badawczo—rozwojowe, firmy polonijne, krajowe firmy prywatne i zakłady rzemieślnicze. Należy się liczyć z tym, że istnieje ponadto bliżej nie rozpoznana produkcja prowadzona przez różne zakłady przemysłowe wyłącznie na potrzeby własne lub swojego resortu.

Większość produkcji, zlokalizowana w dużych zakładach, to urządzenia do pomiarów poziomu, przepływu i inne, stosowane w przemyśle chemicznym, spożywczym, gospodarce wodno—ściekowej czy ciepłownictwie. Są to w większości urządzenia o tradycyjnych rozwiązaniach konstrukcyjnych i dużych gabarytach. Produkcja ta jest na ogół dosyć stabilna i raczej opornie poddaje się modernizacji. Wśród innych urządzeń przeważają różne rodzaje czujników zbliżeniowych (indukcyjne, pojemnościowe). Ta produkcja jest z kolei rozproszona pomiędzy przedsiębiorstwa drobniejsze.

Jakość dotychczasowej produkcji jest w większości przypadków niska, asortyment ograniczony, a ilość niewspółmiernie mała w stosunku do potrzeb. Zapotrzebowanie na poszczególne rodzaje czujników waha się od kilku tysięcy do kilkuset tysięcy sztuk rocznie*), a globalne zapotrzebowanie w poszczególnych dziedzinach pomiarów sięga milionów sztuk rocznie.

Prowadzone dotychczas prace rozpoznawcze i badawczo—konstrukcyjne w dziedzinie czujników podejmowane były niezależnie od siebie, często dość przypadkowo, przez wiele różnych ośrodków, przeważnie uczelnie techniczne, instytuty, ośrodki badawczo—rozwojowe i inne. W większości przypadków prace te dotyczyły zagadnień wycinkowych.

Jest oczywiste, że prawidłowy rozwój nowoczesnego przemysłu wymaga wyposażenia tegoż w urządzenia pomiarowe równie nowoczesne i to nie tylko w chwili początkowej, ale zapewniające utrzymanie wysokiego stopnia nowoczesności również w dalszych latach. Uwzględniając całą omówioną na wstępie różnorodność, należało więc wybrać takie kierunki prac, które zapewniłyby na czas dłuższy dotrzymanie kroku poziomowi

*) Bardziej szczegółowe informacje można znaleźć w sprawozdaniu PIAP nr 5731 pt. „Rozpoznanie perspektywicznych potrzeb w zakresie czujników (przetworników) wielkości nieelektrycznych dla potrzeb automatyki i elastycznych systemów produkcji oraz sformułowanie wytycznych do programu rozwoju tej dziedziny”.

techniki światowej w dziedzinie czujników. A jednocześnie postulowane zadania muszą być dostatecznie realne, biorąc pod uwagę możliwości nie tylko ośrodków badawczych, ale i potencjalnych producentów, nie zapominając przy tym również o konieczności możliwie szybkiego zaspokojenia potrzeb użytkowników.

Podstawą wykonanego przez PIAP opracowania było rozpoznanie stanu techniki w zakresie poszczególnych dziedzin pomiarów.

Analizując zestawienie uzyskanych wyników wskazano na możliwość wyodrębnienia dwóch charakterystycznych grup technik stosowanych w budowie czujników.

● Pierwsza – to techniki wyspecjalizowane, z których każda znajduje zastosowanie w jednej określonej dziedzinie pomiarów*), rzadziej w kilku dziedzinach pokrewnych (np. ciśnienie – siła) lub będących efektem przekształcenia jednego pomiaru podstawowego (np. droga – prędkość).

Są to na ogół techniki konwencjonalne, z reguły już dobrze opanowane. Stosowane są one ciągle, głównie właśnie ze względu na swoje wyspecjalizowanie w wąskim lecz niezbędnym zakresie.

Dalszy rozwój tych technik, jeżeli oczywiście jest on możliwy i celowy, sprowadza się najczęściej do rozszerzania typoszeregu urządzeń pomiarowych i poprawiania ich właściwości użytkowych np. przez zastosowanie nowych, lepszych materiałów.

● Druga grupa – to techniki wielokierunkowe, z których każda znajduje zastosowanie w wielu różnych dziedzinach pomiarów. Są to techniki rozwojowe, o różnym w chwili obecnej stopniu opanowania, co powoduje, że możliwości ich szerokiego praktycznego stosowania są znacznie zróżnicowane w czasie.

Do pierwszej grupy zaliczyć trzeba (patrz tablica):

- czujniki temperatury termoelektryczne, półprzewodnikowe krzemowe, rezystancyjne oraz pirometry;
- przepływomierze turbinowe, kłapowe, komorowe, indukcyjne;
- poziomomierze nadążne, wyporowe i pojemnościowe;
- czujniki fotoelektryczne, indukcyjne i pojemnościowe różnych odmian, przeznaczone do wykrywania obecności (położenia), zliczania, pomiaru prędkości kątowej itd.

W większości przypadków istnieje obecnie w kraju produkcja obejmująca szerszy lub węższy asortyment urządzeń poszczególnych rodzajów tej grupy.

Biorąc pod uwagę istniejące potrzeby, przewiduje się znaczny rozwój ilościowy bieżącej

*) Niekiedy może mylić objęcie jedną nazwą (określającą np. wielkość pośredniczącą) grupy różnych czujników nie stanowiącej jednolitej techniki. Przykładem mogą tu być czujniki pojemnościowe, w których mierzona jest bądź pojemność samego obiektu, bądź pojemność dodatkowa, której zmiany (proporcjonalne do zmian wielkości mierzonej) mogą być z kolei wywoływane różnymi metodami.

TECHNIKA DZIEDZINA POMIARÓW	Techniki wyspecjalizowane							Techniki wielokierunkowe							
	Czujniki fotoelektryczne*)	Czujniki elektromaszynowe	Pirometry	Termoelektryczne	Półprzewodnikowe	Rezystancyjne	Przepływomierze turbinowe	Przepływomierze klapkowe i komorowe	Pozjomomierze nadżne	Pozjomomierze wyporowe	Czujniki indukcyjne różne*)	Czujniki pojemnościowe różne*)	Zastosow. bieżące	Zastosow. w blisk. przyszł.	Przyszłościowe
Moment															
Siła															
Ciśnienie															
Poziom															
Przepływ															
Gęstość															
Lepkość															
Temperatura															
Obecność															
Położenie															
Przemieszczenie															
Droga															
Prędkość															
Stężenie gazów															

*) Nie są to jednolite techniki

○ Zakresy zastosowań poszczególnych technik

● Podjęte prace rozwojowe

produkcji. Natomiast zakres podejmowanych i przewidywanych prac konstrukcyjnych jest zróżnicowany. Przeważnie celem tych prac jest uzupełnienie typoszeregu produkowanych urządzeń, rozszerzenie ich asortymentu dla pokrycia możliwie pełnego zakresu potrzeb. Prace wyraźnie rozwojowe obejmują jedynie nieliczne kierunki.

Charakterystyczna i znakomicie ilustrująca omówione na wstępie zróżnicowanie, jest sytuacja w dziedzinie przepływomierzy. Praktycznie niemożliwe jest skonstruowanie przepływomierza uniwersalnego, musi być więc kontynuowana i rozwijana produkcja wszystkich rodzajów urządzeń, zarówno prostych jak np. przepływomierze klapowe (mała dokładność pomiaru, wysoka odporność na ciężkie warunki pracy, zastosowanie przede wszystkim do cieczy zanieczyszczonych), jak również precyzyjnych przepływomierzy turbinowych (wysoka dokładność, zastosowanie w zasadzie do cieczy czystych, wrażliwe na różnice lepkości cieczy, wymagają odpowiednich, wysokiej jakości, materiałów na elementy ruchome umieszczone w strumieniu). Podjęte obecnie prace o charakterze rozwojowym dotyczą przede wszystkim tych ostatnich ze względu na jeszcze stosunkowo duże możliwości poprawienia osiągniętych właściwości użytkowych, a także przepływomierzy indukcyjnych (nowoczesne, bezstykowe, o wysokiej dokładności, nadające się do cieczy silnie zanieczyszczonych, stężonych zawiesin — jak np. masa papiernicza, cieczy silnie agresywnych chemicznie; zastosowanie ich ogranicza się jednak do cieczy przewodzących elektrycznie). Biorąc pod uwagę dziedziny zastosowań, są prowadzone prace nad przepływomierzami do paliw ciekłych (olej napędowy i pochodne) oraz przepływomierzami do cieczy spożywczych.

W zakresie pomiarów temperatury dalszy rozwój znajdujących się w tej grupie czujników wiąże się z podjętymi pracami nad takimi elementami jak termoelementy płaszczone, rezystory cienkowarstwowe i inne, co pozwoli na rozszerzenie asortymentu produkowanych urządzeń.

Podjęte również prace badawczo—konstrukcyjne w dziedzinie czujników zbliżeniowych, głównie indukcyjnych. Wzięto przy tym pod uwagę potrzebę stosunkowo szybkiego, szerokiego zastosowania tego rodzaju czujników w różnorodnych urządzeniach mechanicznych.

Do grupy technik wielokierunkowych (patrz tablica) należą:

- tensometria,
- technika strunowa,
- technika rezonatorowa,
- czujniki ultradźwiękowe,
- czujniki, w których znajduje zastosowanie efekt magnetostrykcji, efekt Wieganda, efekt Matteucciego, silny efekt Barkhausena itp.,
- czujniki laserowe,
- czujniki światłowodowe,
- czujniki chemiczne i biochemiczne.

Jednym z ważniejszych punktów przeprowadzonego rozpoznania była analiza możliwości wymienionych wyżej technik

Obecnie stosunkowo najlepiej są już opanowane:

- **Tensometria** (włączając w to również urządzenia piezorezystancyjne) — technika nowoczesna, stosowana już szeroko w takich dziedzinach jak pomiary momentów, siły, ciśnienia, poziomu i przepływu. Obecnie produkowane są w kraju (w ograniczonym zakresie) czujniki siły i ciśnienia. Rozwój podejmowanych obecnie prac idzie w kierunku opracowania pełnego asortymentu czujników, obejmującego możliwie szeroki zakres zastosowań. Prace te mają charakter prac konstrukcyjnych, których celem bezpośrednim jest uruchomienie produkcji określonych rodzajów urządzeń.

- **Technika strunowa** — obejmuje urządzenia, których zasada działania polega (w skrócie) na pomiarze zmian częstotliwości drgań napiętej struny. Znajduje ona zastosowanie w pomiarach siły, przemieszczeń, temperatury i przepływu (przy stosunkowo powolnych zmianach wartości tych wielkości). Obecnie produkowane urządzenia pomiarowe, przeznaczone głównie dla budownictwa (zwłaszcza wodnego) i górnictwa, przedstawiają sobą wysoki poziom techniczny. Następuje dalsze doskonalenie i rozwój produkcji w tym zakresie. Nie jest natomiast przewidywane podjęcie prac nad rozszerzeniem zakresu zastosowań tej techniki.

- **Technika rezonatorowa** — wykorzystująca zależność częstotliwości drgań rezonansowych (różnego rodzaju rezonatorów) od zmian wartości mierzonej wielkości. Znajduje zastosowanie głównie w pomiarach ciśnienia, a także siły, poziomu, gęstości i lepkości. Daleko zaawansowane są obecnie prace nad opracowaniem rezonatorowych czujników i przetworników nadciśnienia, podciśnienia, ciśnienia absolutnego i różnicy ciśnień. W dalszej kolejności przewidziane jest rozszerzenie zakresu zastosowań (np. zastosowanie rezonatorowych czujników ciśnienia w ciśnieniowej metodzie pomiaru poziomu).

Kolejne techniki wielokierunkowe, słabiej obecnie zaawansowane, wymagają przeprowadzenia jeszcze pewnych prac badawczych poprzedzających prace konstrukcyjno-wdrożeniowe. Nie oznacza to w tym przypadku konieczności jakichś daleko posuniętych badań teoretycznych, a raczej możliwie dobre opanowanie danej techniki i bliższe rozpoznanie możliwości jej stosowania oraz problemów realizacji w skali przemysłowej.

Chodzi tutaj o:

- **Czujniki ultradźwiękowe** — działające na zasadzie pomiaru czasu przejścia fali ultradźwiękowej, stosowane w pomiarach poziomu i przepływu. Metoda ta, jako bezstykowa, może być z powodzeniem stosowana do różnego rodzaju cieczy, zarówno czystych jak i zanieczyszczonych, agresywnych chemicznie, a także ciał sypkich (pomiar poziomu). Urządzenia ultradźwiękowe charakteryzują się przy tym wysokimi walorami użytkowymi. Obecnie zaawansowane są prace nad opracowaniem typoszeregu

przepływowierzy ultradźwiękowych działających na zasadzie pomiaru różnicy czasu przejścia fali. W następnej kolejności postulowane jest opracowanie ultradźwiękowych poziomomierzy do cieczy i ciał sypkich.

● Czujniki wykorzystujące efekt magnetostrykcji, efekt Wieganda, efekt Matteucciego, silny efekt Barkhausena itp. Są to czujniki, w których wykorzystuje się, mówiąc najogólniej, szereg zjawisk magnetycznych zachodzących w odpowiednim materiale. Przewiduje się możliwość zastosowania ich w pomiarach momentu, siły, ciśnienia, położenia liniowego i kąтового, przemieszczenia (a w konsekwencji i prędkości), a więc głównie w dziedzinach pomiarów ściśle związanych z automatyzacją przemysłu maszynowego. Brać trzeba pod uwagę, że prowadzone obecnie prace badawcze wskazać mogą dalsze zastosowania, bądź też wykazać konieczność praktycznego ograniczenia teoretycznie przewidywanego zakresu możliwych zastosowań.

Efekt magnetostrykcji, polegający na zmianie oporności magnetycznej w funkcji naprężeń, będzie wykorzystany do budowy bezdotykowego momentomierza dla obracających się wałów, nad którymi prowadzone są obecnie prace. Pozwoli to na istotny postęp w technice pomiaru momentów w warunkach dynamicznych i powinno mieć istotne znaczenie dla rozwoju robotów przemysłowych i ich aplikacji, jak również dla innych dziedzin, np. w motoryzacji oraz optymalizacji i zabezpieczeniu przeciążeniowym pracy maszyn.

Prowadzone są również prace nad bliższym rozpoznaniem możliwości opracowania i produkowania czujników wykorzystujących efekt Wieganda i efekt Matteucciego.

Efekt Wieganda polega na wywołaniu szybkiej zmiany strumienia magnetycznego w rdzeniu objętym uzwojeniami cewki, w której indukuje się impuls napięcia. Zmianę strumienia wywołuje przemagnesowanie środkowej części rdzenia, wykonanej z materiału magnetycznie miękkiego, względem zewnętrznych warstw rdzenia, wykonanych z materiału magnetycznie twardego. Przemagnesowanie środkowej części rdzenia następuje pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego, przeciwnego do pola rdzenia.

Efekt Matteucciego polega na szybkim przemieszczeniu się warstw taśmy amorficznej względem siebie pod wpływem zmian kierunku zewnętrznego pola magnetycznego. Wskutek tych przemieszczeń na końcach taśmy pojawia się impuls napięcia.

Istotną cechą czujników działających na zasadzie wykorzystania wymienionych zjawisk jest prostota konstrukcji. Oznaczają się one dobrymi właściwościami metrologicznymi i eksploatacyjnymi. Czujniki te wytwarzają silne sygnały elektryczne, przy czym amplituda sygnałów jest stała, niezależna od prędkości kątowej lub liniowej elementów ruchomych. Nie wymagają one zasilania energią elektryczną, są zdolne do pracy w szerokim zakresie temperatur i wykazują odporność na działanie nagłych zmian temperatury.

Przewiduje się opracowanie czujników: prędkości obrotowej, prędkości liniowej,

chwilowego położenia kąтового i charakterystycznych położeń kątowych elementów wirujących, przesunięć i położenia elementów wykonujących ruch posuwisty, obecności.

Biorąc pod uwagę zachęcające wyniki prac rozpoznawczych, zdecydowano się rozszerzyć zakres prac na silne zjawisko Barkhausena (skokowe zmiany namagnesowania ciał ferromagnetycznych pod wpływem zmiany warunków zewnętrznych — np. pole, naprężenie) oraz materiały zeromagnetostrykcyjne. Powodzenie tych prac powinno spowodować znaczne wyprzedzenie jakościowe w stosunku do stosowanych obecnie czujników różnych wielkości.

- Czujniki laserowe — technika na najwyższym obecnie poziomie nowoczesności, znajdująca zastosowanie głównie w dziedzinie pomiarów położenia, przemieszczenia i obecności, pozwalająca na tworzenie czujników o znacznym zakresie pomiarowym i bardzo wysokiej dokładności pomiaru. Pomimo sygnalizowanych potrzeb, brak obecnie prac, których bezpośrednim celem byłoby opracowanie urządzeń pomiarowych do szerokiego stosowania w zautomatyzowanym przemyśle maszynowym.

Ostatnią wreszcie grupę stanowią techniki zdecydowanie przyszłościowe. Przy przewidywanych, bardzo obiecujących efektach, są one obecnie jeszcze na etapie badań. Nie tylko w Polsce, ale i na świecie (w tym także w krajach o przodującej technice) praktyczne ich wykorzystanie ogranicza się na razie do wąskiego zakresu zastosowań specjalnych (np. w astronautyce) lub eksperymentalnych. Natomiast w wielu ośrodkach zagranicznych są prowadzone intensywne prace nad przejściem do szerokich zastosowań przemysłowych.

Dotyczy to:

- Czujników światłowodowych, które mogą być samoistne tj. takie, w których mierzona wielkość działa bezpośrednio lub pośrednio na światłowód, bądź niesamoistne, w których światłowód służy jedynie do przesyłania światła (sygnału).

Jest to technika rozwojowa, o dużych, nie do końca jeszcze poznanych możliwościach, jeżeli chodzi o zakres zastosowania. Na podstawie wyników dotychczasowych prac badawczych i rozpoznawczych sugeruje się zastosowanie czujników światłowodowych do pomiarów temperatury, poziomu, drogi, stężenia, ciśnienia, lecz zakres ten może zostać skorygowany (np. rozszerzony) w toku dalszych prac.

Prowadzone dotychczas w ośrodkach naukowych (głównie na uczelniach technicznych) prace badawcze w dziedzinie światłowodów mogą znaleźć rozwinięcie praktyczne w zapoczątkowanych pracach nad zastosowaniem techniki światłowodowej w czujnikach dla potrzeb automatyki.

- Czujników chemicznych i biologicznych. Są to techniki przyszłościowe znajdujące się obecnie w fazie intensywnego rozwoju. Istnieje jeszcze szereg nie do końca rozwiązanych problemów, nad którymi prowadzone są badania w wielu krajach. Celem tych prac jest uzyskanie taniego czujnika wielkości mierzonej, o zmniejszonej dokładności,

nadającego się do zastosowań masowych. Przewidywany zakres zastosowań tych czujników to pomiary ciśnienia, temperatury, pomiary chemiczne, stężenia gazów itp.

Zainicjowane obecnie w kraju wstępne prace nad zagadnieniem czujników chemicznych i biosensorów dla potrzeb automatyki oznaczają włączenie się do grona realizujących najnowocześniejsze rozwiązania i zapewnienie utrzymania tego poziomu w latach następnych.

Można stwierdzić, że w ostatnich latach nastąpiło w Polsce znaczne ożywienie prac rozwojowych dotyczących czujników i przetworników.

W szczególności należy zwrócić uwagę na inicjatywę Zrzeszenia MERA oraz Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów, która zaowocowała wytyczeniem podstawowych kierunków w jakich powinien pójść rozwój czujników w Polsce, a także postulatami podjęcia konkretnych działań w tym zakresie i propozycjami odnośnie prac badawczo-konstrukcyjnych, które powinny zostać podjęte w ramach CPBR 7.2 „Elementy i systemy automatyki”. Trzeba bowiem stwierdzić, że ten właśnie CPBR obejmuje podstawową grupę prac badawczo-rozwojowych i konstrukcyjnych w dziedzinie czujników i przetworników wielkości nieelektrycznych.

W innych programach znalazły się głównie prace wycinkowe, dotyczące wąskich zagadnień specjalistycznych lub pośrednio tylko związane z problematyką czujników. Przykładowo: w CPBR 3.14 „Inżynieria i aparatura procesów chemicznych i biotechnicznych” prowadzone są prace nad urządzeniami specjalistycznymi do pomiarów ciśnienia i temperatury oraz siły (wagi), w CPBR 5.1 „Kompleksowy rozwój energetyki” – prace w dziedzinie pomiarów ciepłno-przepływowych, w CPBR 5.4 „Rozwój systemu gazowniczego” – prace w dziedzinie pomiarów wilgotności i natężenia przepływu gazu, w CPBR 5.9 „Racjonalizacja użytkowania paliw i energii” – m.in. prace nad poziomomierzami nadążnymi, w CPBR 7.1 „Roboty przemysłowe” – prace nad niektórymi specjalistycznymi czujnikami przeznaczonymi (głównie) do stosowania w robotach, w CPBR 8.12 „Optoelektronika. Rozwój materiałów i elementów bazowych” – prace wyjściowe nad techniką światłowodową, w CPBR 10.10 „Maszyny spożywcze i urządzenia chłodnicze” – prace w dziedzinie konstrukcji różnego rodzaju wag (pomiarów siły), w CPBR 11.10 „Gospodarka wodna” – prace z dziedziny pomiarów przepływu, itd.

Duże zróżnicowanie podejmowanych zadań pod względem tematyki, charakteru i zakresu wynika w znacznym stopniu z omówionej na wstępie różnorodności charakteryzującej samo zagadnienie czujników.

Można jednak zauważyć, że główne prace rozwojowe dotyczą przyszłościowych technik wielokierunkowych: techniki światłowodowej, czujników chemicznych i biosensorów, czujników wykorzystujących efekty magnetostrykcji, Wieganda, Matteucciego, i Barkhausena, a także czujników ultradźwiękowych (głównie w zakresie pomiarów przepływu) i techniki rezonatorowej (głównie w zakresie pomiarów ciśnienia). Powinno to z jednej strony zapewnić w ciągu kolejnych lat realizacji

nowoczesność wdrażanych sukcesywnie do produkcji urządzeń pomiarowych, z drugiej strony zaś pozwolić na zaspokojenie tymi właśnie najwyższej jakości, nowoczesnymi urządzeniami potrzeb użytkowników we wszystkich praktycznie dziedzinach pomiarów i zakresach użytkowania.

Jednocześnie konieczne jest utrzymanie, a nawet rozwój ilościowy i uzupełnienie asortymentowe istniejącej produkcji większości urządzeń pomiarowych wykorzystujących techniki konwencjonalne. Jeżeli bowiem prawidłowy rozwój przemysłu i jego systematyczna automatyzacja ma nie ulec zakłóceniu, bieżące potrzeby tegoż przemysłu muszą zostać zaspokojone możliwie szybko i w możliwie pełnym zakresie. Dlatego też w propozycjach sformułowanych przez PIAP na podstawie przeprowadzonego rozpoznania znalazły się zarówno prace konstrukcyjne dotyczące konkretnych urządzeń realizowanych najczęściej w technikach sprawdzonych, jak również prace badawcze nad technikami przyszłościowymi, a także działania organizacyjne usprawniające dalszy racjonalny rozwój w dziedzinie czujników.

Niestety program zaproponowany przez PIAP dla CPBR 7.2 został poważnie okrojony ze względu na ograniczenie środków przewidzianych na jego realizację. W odniesieniu do tematyki czujników jest to o tyle dotkliwsze, że dział ten był już na wstępie poważnie zaniedbany. Niewątpliwym jednakże sukcesem jest podjęcie prac rozwojowych nad większością przyszłościowych technik wielokierunkowych (z wyjątkiem laserowej i strunowej).

Poważne natomiast konsekwencje może mieć rezygnacja z prowadzenia systematycznego rozpoznania stanu techniki w dziedzinie czujników. Aczkolwiek praca tego rodzaju nie daje bezpośredniego rezultatu w postaci wdrożenia produkcji, trudno przecenić jej znaczenie dla rozwoju techniki pomiarów w kraju. Już wyniki wspomnianego wcześniej rozpoznania przeprowadzonego jednorazowo przez PIAP w pełni udowodniły jego celowość i znaczenie. Jednocześnie niedostatki tego opracowania, wynikające z jego doraźnego charakteru, wskazują na konieczność systematycznego kontynuowania możliwie szerokich prac rozpoznawczych.

Efektywność rozpoznania wiąże się ściśle z innym jeszcze problemem, który choć wielokrotnie przy najróżniejszych okazjach poruszany, ciągle nie może doczekać się rozwiązania (a nawet chyba żadnej konkretnej próby rozwiązania). Chodzi o zapewnienie właściwego przepływu informacji. Informacji wszechstronnej o prowadzonej (a w miarę możliwości również zamierzonej) produkcji, o prowadzonych i planowanych pracach badawczych i konstrukcyjnych, o uzyskanych wynikach tych prac, o możliwościach podjęcia produkcji lub prac badawczych przez poszczególne zakłady produkcyjne bądź naukowe, o stanie techniki w kraju i na świecie itp.

Jak dotychczas przepływ informacji następuje najczęściej przypadkowo, co udowodnił m.in. przebieg zorganizowanej przez PIAP i Zrzeszenie MERA konferencji. Informacje nie docierają do potencjalnie nimi zainteresowanych, uzyskane nie są częstokroć w pełni wykorzystywane, w wielu przypadkach giną i muszą być od nowa gromadzone.

Niekiedy potrzebna informacja bywa praktycznie nie do odszukania wobec braku odpowiednich oznaczeń (haseł wywoławczych).

We wnioskach z przeprowadzonego przez PIAP „Rozpoznania perspektywicznych potrzeb w zakresie czujników (przetworników) wielkości nieelektrycznych dla potrzeb automatyki i elastycznych systemów produkcji oraz sformułowania wytycznych do programu rozwoju tej dziedziny” znalazło się stwierdzenie: „...należy wyznaczyć jednostkę prowadzącą w sposób ciągły rozpoznanie stanu techniki w kraju i na świecie, gromadzącą informacje o prowadzonych pracach badawczo—konstrukcyjnych oraz analizującą materiały wycinkowe z punktu widzenia całości problemu czujników. Do obowiązków jej należałoby okresowe przekazywanie zestawień zgromadzonych informacji wszystkim bezpośrednio zainteresowanym...”

Realizacja określonych tak zadań miałaby niewątpliwie istotny wpływ na dalszy prawidłowy rozwój dziedziny czujników. Przede wszystkim na skoordynowanie i racjonalizację działań w zakresie prac badawczo—konstrukcyjnych i wdrożeniowych.

W zakończeniu można jedynie powtórzyć stwierdzenie, że wszechstronny rozwój produkcji czujników jest, w świetle wymagań stawianych przed przemysłem krajowym, koniecznością, a zależy on w pierwszym rzędzie od konsekwentnej realizacji nakreślonego programu.