

PROJEKTOWANIE UKŁADÓW POMIAROWYCH

Pomiar jest to zbiór operacji mających na celu określenie wartości wielkości mierzonej.

Pierwszym etapem pomiaru jest określenie podmiotu procesu pomiarowego.

Określić obiekt pomiaru to wyodrębnić, z otaczającej rzeczywistości, interesujący nas fragment (może mieć wyraźne granice fizyczne lub nie, np. ławka lub powietrze). Kolejnym etapem pomiaru jest wskazanie cech charakteryzujących obiekt (ławka ma: szerokość, wysokość, długość, kolor, temperaturę).

Wskazanie obiektu i jego cech jest jakościowym opisem rzeczywistości.

Następnym krokiem jest wskazanie intensywności z jaką występują lub ujawniają się poszczególne cechy.

Intensywność jest elementem pewnego zbioru zwanego zbiorem stanów cechy.

Ten krok pomiaru jest już ilościowym opisem rzeczywistości.

Podstawowy aksjomat meteorologii: **nie ma pomiarów bezbłędnych**, z każdym pomiarem wiąże się błąd, który wyraża niezgodność wartości uzyskanej w wyniku pomiaru z faktyczną wielkością wartości mierzonej.

Wynik pomiaru – to wartość przypisana wielkości mierzonej uzyskana drogą pomiaru. W realnych warunkach wynik pomiaru jest tylko pewnym przybliżeniem lub estymatą (oszacowaniem) wartości wielkości mierzonej. Dlatego też jest on pełny jeśli podamy także niepewność tej estymaty.

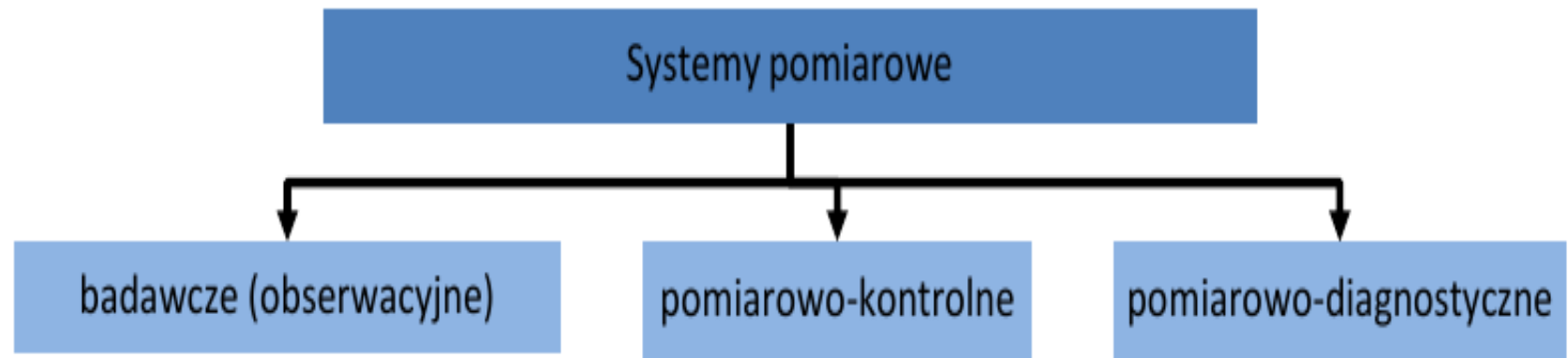
System pomiarowy – funkcjonalny zbiór środków technicznych objętych wspólnym sterowaniem wewnętrznym lub zewnętrznym, tworzący jedną organizacyjną całość i przeznaczony do wykonania pewnej **operacji pomiarowej**.

Operacja ta może składać się z dokonania samego pomiaru jednej lub kilku wielkości fizycznych, przesłania sygnałów, rejestracji i zapamiętania wyników.

Systemy pomiarowe nazywane są również urządzeniami lub układami pomiarowymi. Dzielią się one na: przetworniki pomiarowe, wzorce i przyrządy pomiarowe.

Tor pomiarowy – droga przebiegu sygnału od jego źródła, które stanowi zjawisko fizyczne, przez człony przetwarzające i porównujące, elementy transmisyjne aż do urządzeń wyjściowych za pomocą których otrzymuje się zobrazowanie lub wydruk wyników pomiaru.

Podział systemów pomiarowych



Systemy badawcze stosowane są w pomiarach naukowych, do empirycznej weryfikacji hipotez naukowych. Podstawowy zbiór otrzymywanych informacji jest na ogół wyprowadzany poza strukturę systemu dla operatora kierującego eksperymentem. Systemy te są wykorzystywane w wielu dziedzinach nauki, w fizyce, chemii, elektronice, mechanice, biologii czy medycynie.

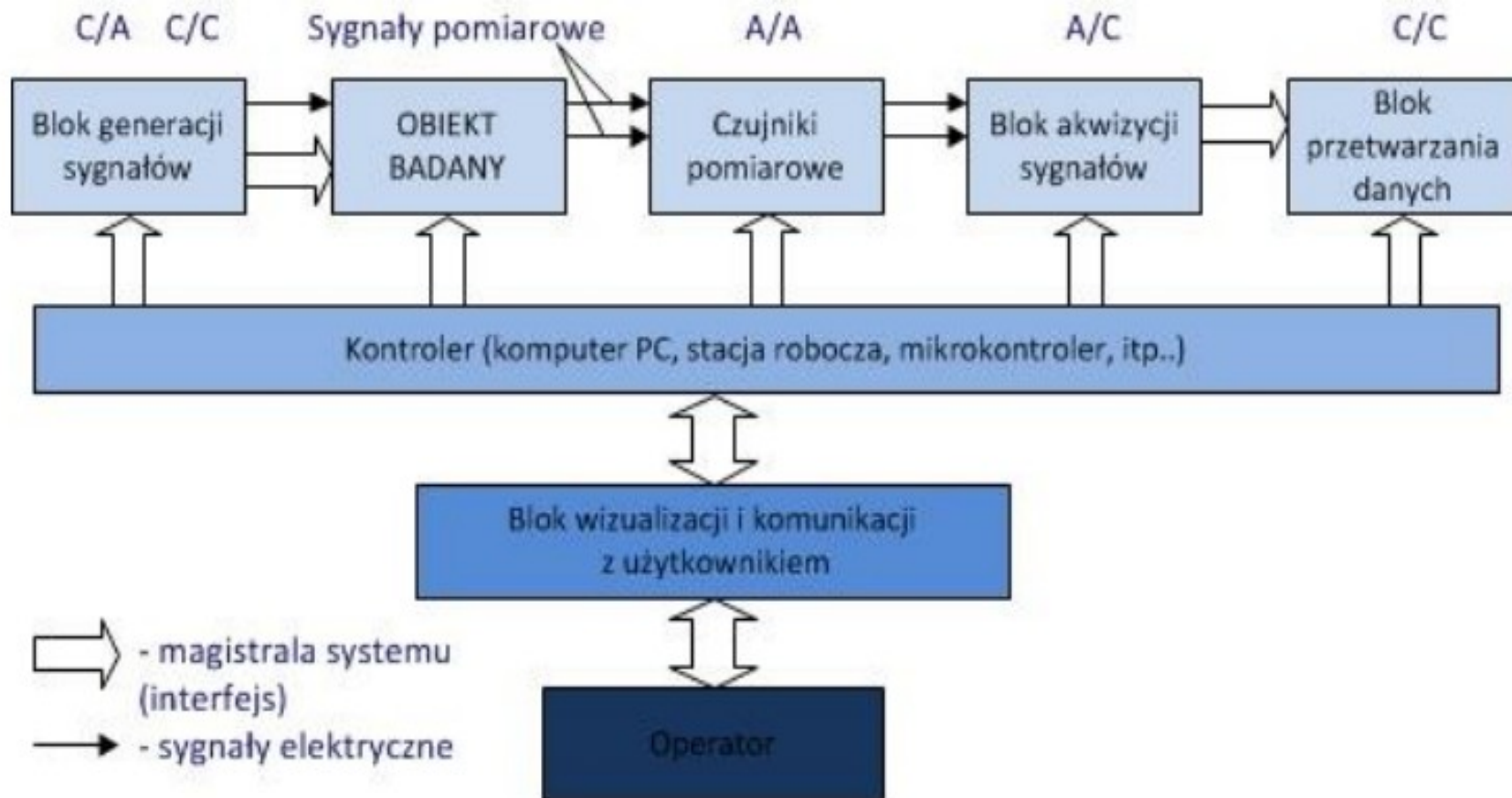
Systemy pomiarowo-kontrolne używane są w przemyśle do automatyzacji procesów technologicznych. W systemach takich stosuje się zwykle znaczne ilości czujników rozmieszczonych na całym kontrolowanym obiekcie i przetworników formujących sygnały wykorzystywane dalej przez regulatory sterujące procesem technologicznym.

Systemy pomiarowo-diagnostyczne służą do detekcji, lokalizacji, identyfikacji lub predykcji uszkodzeń obiektów (np. diagnostyka techniczna, diagnostyka medyczna). Celem diagnozowania jest nie tylko stwierdzenie stanu obiektu, ale często również wskazanie uszkodzonego elementu.

Podział systemów pomiarowych ze względu na oddziaływanie na badany obiekt:

- **aktywne**: system może oddziaływać na badany obiekt w celu stworzenia odpowiednich warunków do wykonania doświadczenia
- **pasywne**: są pozbawione możliwości oddziaływania na obiekt.

Struktura systemu pomiarowego



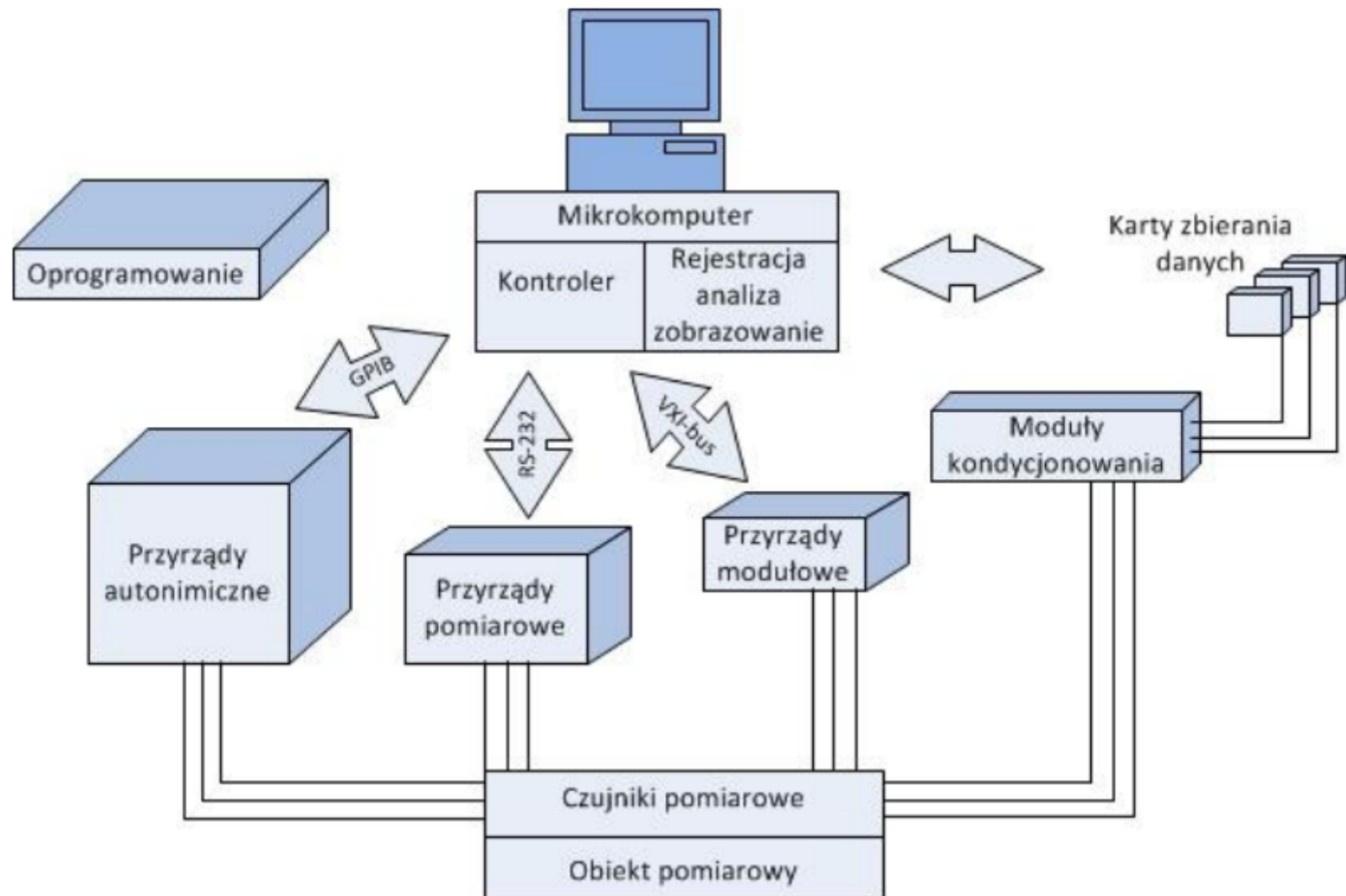
Komputeryzacja umożliwia:

- wykonanie pomiarów, łącznie z ich opracowaniem, w cyklu automatycznym zgodnie z opracowanym algorytmem (programem) działania,
- znaczne skrócenie czasu pomiarów,
- zmniejszenie wymaganych kwalifikacji personelu zaangażowanego w pomiary,

zwiększenie dokładności pomiarów m.in. poprzez:

- szybkie wykonanie wielu pomiarów (wyeliminowanie wpływu zmieniających się warunków zewnętrznych na wyniki kolejno wykonywanych pomiarów),
- wykonanie wielokrotnych pomiarów i ich uśrednienie np. poprzez włączenie statystycznej obróbki wyników pomiarów,
- włączenie procesów okresowego wzorcowania i testowania aparatury w cykl pomiarowy,
- prowadzenie pomiarów w miejscach niedostępnych, niebezpiecznych, w warunkach szkodliwych dla człowieka, bieżącą kontrolę i sterowanie badanymi obiektami zwłaszcza w ich stanach dynamicznych (rozruch, zmiana obciążenia), szybkie wykrywanie stanów awaryjnych i ich sygnalizacja (wzrokowa, akustyczna) bądź też podjęcie odpowiednich działań zabezpieczających przed awarią

Schemat komputerowego systemu pomiarowego



Systemy pracujące w **czasie rzeczywistym** wymagają szybkich algorytmów przetwarzania danych, szybkich komputerów, procesorów sygnałowych oraz układów sprzęgających o dużej szybkości transmisji.

Przetwarzanie danych, w tym nadmiarowych, wydłuża czas wykonania pomiarów. Dlatego w wielu systemach zachodzi potrzeba redukcji nadmiaru informacji. Może się to odbywać się w torze pomiarowym lub podczas przetwarzania.

Zmniejszenie prawdopodobieństwa powstania błędów oraz zwiększenie wiarygodności informacji wyjściowej występuje w systemach z auto-kalibracją. Polega ona na sprawdzaniu systemu lub jego części pod względem zachowania właściwości metrologicznych, a także poprawności wykonywania obliczeń. Pozytywny wynik testu, wykonanego na rozkaz operatora lub zgodnie z założonym z algorytmem działania, jest równoznaczny z przyjęciem wyników pomiaru za wiarygodne.

Dalszym etapem rozwoju systemów są systemy adaptacyjne, a zwłaszcza systemy mające możliwość automatycznej korekcji swoich charakterystyk. Wykorzystuje się w nich wyniki auto-kalibracji do modyfikacji charakterystyk systemu, zgodnie ze zmieniającymi się właściwościami sygnałów pomiarowych lub warunkami eksploatacji systemu.

Komputerowy system pomiarowy możemy zdefiniować jako system pomiarowy wyposażony w komputer ogólnego przeznaczenia lub specjalizowany sterownik mikroprocesorowy, którego zadaniem jest:

- sterowanie przepływem informacji w systemie,
- przetwarzanie danych pomiarowych,
- wizualizacja danych pomiarowych,
- archiwizacja danych pomiarowych.

Projektowanie układów pomiarowych

Integralną częścią komputerowego systemu pomiarowego jest oprogramowanie sterujące. Zastosowanie komputera do sterowania umożliwia w prosty sposób modyfikację algorytmu działania systemu. W systemach, w których funkcję kontrolera pełni komputer, interfejs użytkownika realizowany jest w sposób programowy. Obsługiwany jest za pomocą myszy, klawiatury, ekranu dotykowego.

Graficzny interfejs użytkownika ma wygląd i funkcjonalność zbliżoną do typowych przyrządów Pomiarowych.

Na każdym etapie pracy systemu pomiarowego wykorzystywany jest sprzęt komputerowy.

Wielkości fizyczne mierzone są przy pomocy czujników zaopatrzonych w komputer. Otrzymany w ten sposób sygnał dopasowywany jest w układach kondycjonowania, gdzie komputer ustala poziom wzmocnienia, dokonuje filtrowania szumów oraz zakłóceń i przekazuje do układów akwizycji, gdzie jest on przekształcany na postać cyfrową.

Elementy składowe systemu pomiarowego

Blok komunikacji z użytkownikiem pozwala na wprowadzanie i wyprowadzanie informacji; wprowadzanie: przełączniki w systemach bez komputera oraz klawiatura, mysz, dyskietka lub pióro świetlne w systemach skomputeryzowanych; wyprowadzanie: rejestratory cyfrowe lub analogowe, monitory ekranowe, drukarki itp.

Blok akwizycji należy do najważniejszych bloków funkcjonalnych systemu pomiarowego. Praktyczne realizacje bloku akwizycji są uzależnione od przeznaczenia systemu. Rozpowszechnienie komputerów personalnych spowodowało pojawienie się tzw. kart pomiarowych, służących do akwizycji sygnałów analogowych, karty takie opisane są szerzej w rozdziale 6.2. Obecnie wiele firm (Advantech, National Instruments, Keithley itd.) specjalizuje się w realizacji tych kart, zapewniając wiele ich wersji, o zróżnicowanej strukturze i parametrach metrologicznych. Wiele kart wyposażonych jest również w przetworniki cyfrowo-analogowe (C/A) umożliwiające generację sygnałów wymuszających analogowych i cyfrowych, przetwornikom tym poświęcony jest rozdział.

Czujniki pomiarowe to elementy umożliwiające odbiór informacji z obiektu fizycznego, którego parametry podlegają identyfikacji w procesie pomiarowym; czujniki wielkości fizycznych, czujniki wielkości chemicznych. Konstrukcyjnie czujnik stanowi przetwornik złożony na ogół z kilku prostszych przetworników mechanicznych i elektrycznych umieszczonych we wspólnej obudowie umożliwiającej zamontowanie go na obiekcie badanym lub w jego bezpośrednim otoczeniu.

Graficzny interfejs użytkownika

Obsługa współczesnych systemów pomiarowo-diagnostycznych realizowana jest poprzez symulowany na ekranie monitora panel operatora. Graficzny interfejs użytkownika GUI (ang. Graphical User Interface), nazywany też środowiskiem graficznym, pozwala na interaktywną komunikację operatora z systemem za pomocą elementów (zwanymi często kontrolkami) takich jak: okna, przyciski, pola wyboru, pola radiowe, pola edycyjne, paski menu, ikony, listy, okna dialogowe, suwaki, paski narzędzi.

Pierwsze koncepcje interfejsu graficznego zostały opracowane w latach sześćdziesiątych XX

Zastąpienie rzeczywistych zadajników i wskaźników przez ich wirtualne odpowiedniki ma wiele zalet:

- jest dużo tańsze,
- pozwala na łatwą i szybką modyfikację oraz rozbudowę panelu,
- umożliwia ograniczenie zajmowanej powierzchni – różne części panelu mogą być pokazywane na tym samym monitorze.

Przygotowując graficzny interfejs użytkownika należy poświęcić wiele uwagi temu by był estetyczny, przejrzysty i wygodny dla operatora . Nie należy umieszczać zbyt wielu obiektów na panelu.

Może to spowodować, że panel będzie nieczytelny i trudny do obsługi. Zadajniki i wskaźniki na panelu można pogrupować według wspólnego przeznaczenia. Do wprowadzania informacji do systemu służą zadajniki, takie jak przyciski, pokrętła, suwaki, pole wyboru, pole edycyjne, menu rozwijane.

Z systemu do użytkownika informacja wyprowadzana jest przy pomocy wskaźników: wyświetlacze, lampki, mierniki, wykresy. Dostępne są różne style zadajników i wskaźników, mimo dostępu do różnych stylów należy korzystać z nich oszczędnie. Znajdujące się na jednym panelu zadajniki i wskaźniki powinny być tego samego stylu.

Ułatwieniem obsługi panelu są znajdujące się na nim opisy.

Jeżeli ilość przekazywanych na panelu informacji jest bardzo duża, zamiast panelu z gęsto umieszczonymi kontrolkami, lepiej podzielić je na grupy. Poszczególne grupy wskaźników mogą być pokazywane w nowych oknach, otwieranych po naciśnięciu wybranego przycisku lub w tym samym oknie, na kolejnych zakładkach.

Projektowanie obiektu technicznego, jakim jest system pomiarowy, polega na tworzeniu modelu tego obiektu, umożliwiającego jego bezpośrednią realizację. Wynikiem projektowania inżynierskiego jest więc dokumentacja techniczna projektowanego obiektu, stanowiąca podstawę procesu technologicznego, która jest niezbędna do jego wytworzenia. Powstaje ona jako produkt transformacji wejściowego modelu obiektu - najczęściej modelu pojęciowego - wynikającego z interpretacji celu, któremu ma służyć obiekt.

W procesie projektowania model ten podlega formalizacji i wzbogaceniu w treści zawarte w modelach, które składają się na wiedzę inżynierską dostępną projektantowi, wynikającą z jego osobistego doświadczenia, a także pochodzącą ze źródeł informacji naukowo - technicznej, podręczników, poradników, katalogów, baz danych, komputerowych systemów wspomagania projektowania.

Projektowanie systemu pomiarowego, tak jak projektowanie każdego obiektu, realizowane jest w następujących etapach:

Analiza zadania - obejmuje identyfikację strukturalną modelu obiektu mierzonego (określenie wielkości opisujących obiekt, charakteru tych wielkości, zależności między tymi wielkościami itp.).

Definicję mezurandów oraz analizę rozwiązywalności zadania.

Poprawna (jednoznaczna, kompletna, weryfikowalna i spójna) specyfikacja wymagań, jakie musi spełnić projektowany system pomiarowy, powinna zawierać:

- rodzaj i postać wyników pomiarów,
- dopuszczalne graniczne błędy pomiaru mezurandów,
- dopuszczalny czas pomiarów,
- powiązania projektowanego systemu z otoczeniem,
- dopuszczalne koszty i czas realizacji.

Opracowanie projektu wstępnego - systemu pomiarowego stanowi etap o kluczowym znaczeniu dla całego procesu projektowania. Decyzje podjęte na tym etapie wpływają w sposób znaczący na realizację i właściwości projektowanego systemu.

Projekt wstępny obejmuje:

- dekompozycję zadania pomiarowego na bloki funkcjonalne (schemat funkcjonalny systemu),
- sformułowanie wymagań dotyczących poszczególnych bloków funkcjonalnych,
- podział zadań na sprzęt i oprogramowanie,
- wybór technologii realizacji bloków funkcjonalnych i systemu,
- wybór struktury systemu oraz typu interfejsu (RS-232, IEC-625, VXI, CAMAC, niestandardowy),
- wybór kontrolera systemu (procesor ogólnego przeznaczenia, procesor specjalizowany, mikrokontroler, mikrokomputer, komputer),
- wybór typu przetworników pomiarowych (czujników) i bloków wykonawczych,
- wybór typu urządzeń pomiarowych,
- określenie algorytmu działania systemu (ogólna sieć działań),
- wybór języka programowania oraz narzędzi komputerowego wspomaganie projektowania (LabWindows, LabView, HP VEE, TestPoint i innych),
- analiza błędów systemu.

Projektowanie układów pomiarowych

Opracowanie projektu szczegółowego - obejmuje przygotowanie projektu technicznego bloków funkcjonalnych przeznaczonych do konstrukcji oraz projektu oprogramowania podstawowego (komunikacyjnego) i procedur przetwarzania danych. W ramach projektu technicznego otrzymuje się schematy ideowe realizowanych bloków funkcjonalnych, szczegółowe schematy powiązań wszystkich bloków funkcjonalnych w system wraz z protokołami komunikacji oraz projekt programu obsługi systemu.

Realizacja - jest etapem wykonania zaprojektowanych bloków funkcjonalnych (wraz z ich indywidualnym uruchomieniem) oraz zestawienia całego systemu.

Uruchomienie i testowanie - systemu wymaga na wstępie wyboru metodyki postępowania przy uruchamianiu i testowaniu danego systemu. Następnie po sprawdzeniu poprawności konfiguracji (kable, połączenia, adresy) uruchamiane jest oprogramowanie pod względem formalnym (tzn. likwidowane są błędy językowe programu). Kolejnymi podetapami są: badania poprawności przepływu informacji w systemie, badania poprawności procedur przetwarzania danych oraz testowanie całości systemu.

Ocena - projektu systemu polega głównie na badaniu zgodności charakterystyk metrologicznych i systemowych zrealizowanego systemu pomiarowego z wymaganiami, jakie musi spełnić projektowany system. Ponadto dodatkowymi (ale nie mniej ważnymi) kryteriami oceny są:

- niezawodność,
- prostota obsługi,
- prostota testowania systemu (zarówno w całości, jak i we fragmentach).

Schemat przetwarzania analogowo-cyfrowego



Z punktu widzenia projektanta i użytkownika skomputeryzowanego systemu pomiarowego istotny jest wybór przetworników w taki sposób, aby ich parametry odpowiadały przewidywanej dla nich klasie zastosowań.

Jedną z takich cech charakterystycznych przetwornika A/C jest rodzaj stosowane kodu.

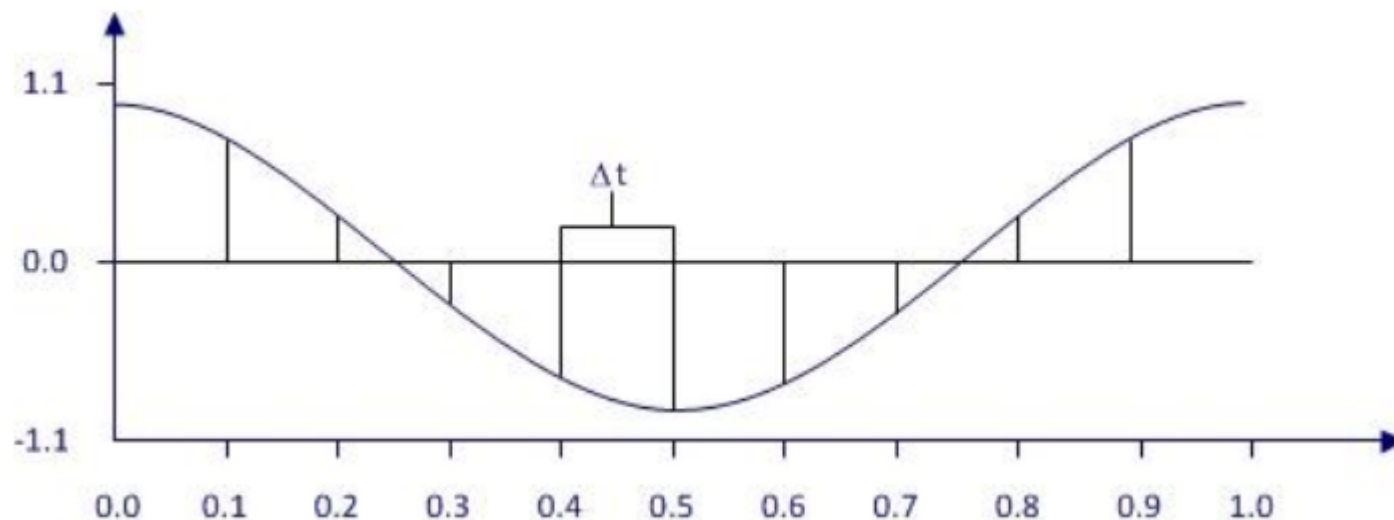
Pozostałymi parametrami są: fizyczny charakter sygnału analogowego (uni- bądź bi-polarny) i dopuszczalny zakres jego zmian na wejściu przetwornika.

Do najważniejszych parametrów charakteryzujących możemy zaliczyć:

- rzeczywisty zakres przetwarzania,
- błąd przetwarzania,
- częstotliwość przetwarzania.

Próbkowanie i kwantowanie sygnału analogowego

Przetwarzanie ciągłego sygnału analogowego na sygnał cyfrowy polega na dyskretyzacji sygnału w czasie czyli jego próbkowaniu, dyskretyzacji wartości sygnału czyli kwantowaniu oraz na kodowaniu uzyskanego sygnału dyskretnego. Próbkowanie następuje przez kolejne pobieranie próbek wartości sygnału w pewnych odstępach czasu, w taki sposób, aby ciąg próbek umożliwiał jak najwierniejsze odtworzenie całego przebiegu funkcji.



Aby spróbkowany sygnał z postaci cyfrowej dało się przekształcić z powrotem do postaci analogowej musi być spełnione twierdzenie Shannona-Kotielnikowa o próbkowaniu, które opiera się na trzech założeniach:

- przebieg $x(t)$ określony jest na przedziale $-\infty < t < \infty$,
- widmo gęstości mocy $G_x(f)$ przebiegu $x(t)$ ma skończoną wartość,
- widmo $G_x(f) = 0$ dla częstotliwości $|f| = f_{\max}$, gdzie f_{\max} jest maksymalną częstotliwością występującą w sygnale.

Mówi ono, że częstotliwość próbkowania nie może być mniejsza niż podwojona wartość największej częstotliwości występującej w sygnale.

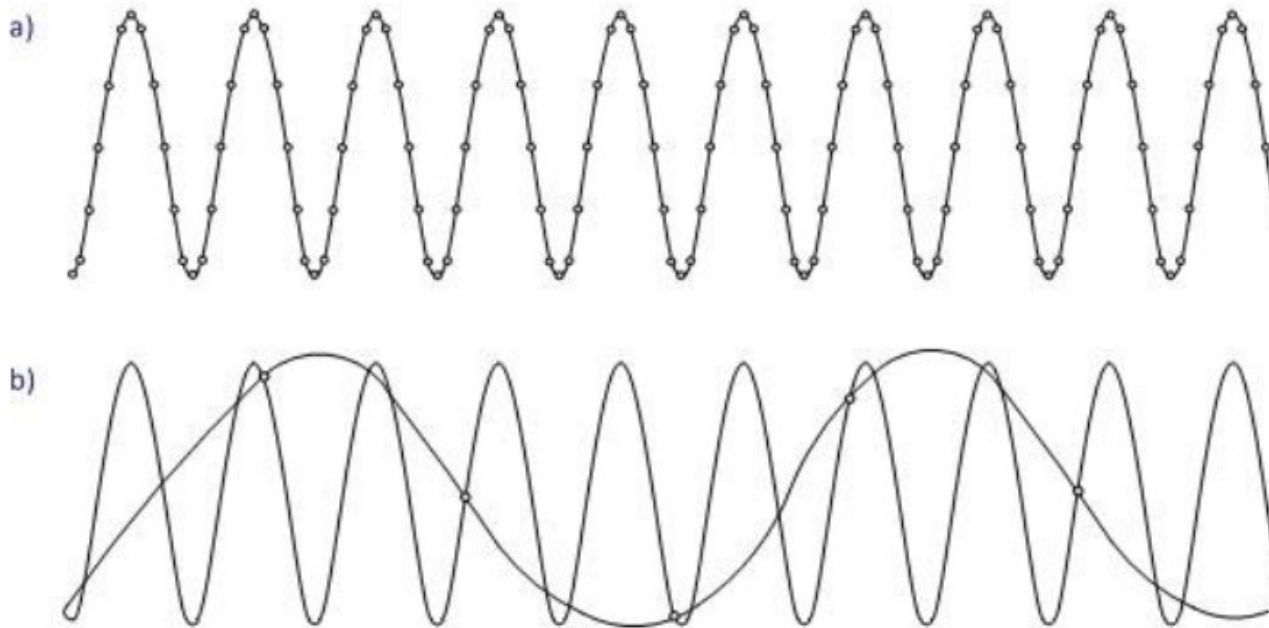
Podobnie sformułowane jest twierdzenie Nyquista: sygnał ciągły może być ponownie odtworzony z sygnału dyskretnego, jeśli był próbkowany z częstotliwością co najmniej dwa razy większą od granicznej częstotliwości swego widma.

Częstotliwość Nyquista definiuje się jako najmniejszą częstotliwość z jaką należy próbować sygnał aby można go było odtworzyć bez przekłamań.

Projektowanie układów pomiarowych

Aliasing to szczególny typ zniekształcenia sygnału, który może wystąpić w trakcie przetwarzania cyfrowo-analogowego lub analogowo-cyfrowego. Występuje wówczas gdy w wyniku intermodulacji częstotliwości próbkowania oraz składowych o częstotliwości wyższej od częstotliwości Nyquista (dopuszczalnej maksymalnej częstotliwości sygnału próbkowanego, równej połowie częstotliwości próbkowania) pojawiają się zniekształcenia o częstotliwości leżącej w paśmie sygnału.

Inaczej mówiąc **aliasing występuje gdy w sygnale są składowe wyższe od połowy częstotliwości próbkowania.**

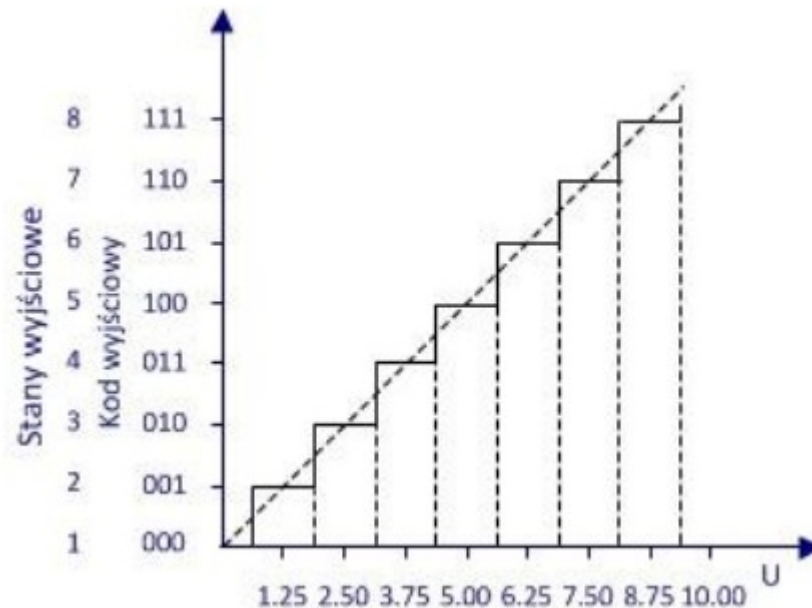


Przy przetwarzaniu sygnałów szybkozmiennych korzystnie jest zapamiętać wartość sygnału pobranej próbki aż do zakończenia procesu kwantowania, czyli do chwili pobrania następnej próbki.

Zapewnia to układ próbkująco-pamiętający (S/H, ang. Sample and Hold). Proces kwantowania jest zwykle znacznie dłuższy niż czas potrzebny na pobranie próbki, zastosowanie układu S/H pozwala zatem zmniejszyć błędy dynamiczne powstające przy przetwarzaniu sygnałów szybkozmiennych.

Parametry charakterystyczne układów S/H to:

- czas przyjęcia próbki (czas po jakim napięcie na kondensatorze pamiętającym wyrówna się z napięciem wejściowym),
- szybkość spadku pamiętanego napięcia (wynikająca z rozładowywania się kondensatora pamiętającego).



SPOSOBY KODOWANIA DANYCH

Naturalny binarny kod pozycyjny

$$N = a_n 2^n + a_{n-1} 2^{n-1} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0$$

W kodach bipolarnych jeden z bitów słowa kodowego zawiera informację o znaku.

Niedostatkim takiego wykorzystania naturalnego binarnego kodu pozycyjnego jest to, że liczba 0 ma w nim wtedy dwie różne reprezentacje kodowe, oraz fakt, że dodanie według zasad arytmetyki binarnej dwóch niezerowych liczb o przeciwnych znakach a jednakowej wartości bezwzględnej nie daje w wyniku wartości zerowej.

Binarny kod uzupełnieniowy

Tworzymy go na podstawie naturalnego kodu pozycyjnego w ten sposób, że tworzy się odwrotny zapis słowa (zamieniając 0 na 1 i odwrotnie), do tak otrzymanej liczby binarnej dodaje się 1 (modulo 2), odrzucając przy tym ewentualny znak przeniesienia po najwyższej pozycji słowa kodowego.

Projektowanie układów pomiarowych

Sposoby kodowania danych

Kod dziesiętny	Kod naturalny	Kod uzupełnieniowy
8	1000	-
7	0111	0111
6	0110	0110
5	0101	0101
4	0100	0100
3	0011	0011
2	0010	0010
1	0001	0001
+0	0000	0000
-0	-	1111
-1	-	1110
-2	-	1101
-3	-	1100
-4	-	1011
-5	-	1010
-6	-	1001
-7	-	1000

Projektowanie układów pomiarowych

Kod binarny z przesunięciem

Kod dziesiętny	Kod naturalny	Kod znak-moduł
8	1000	-
7	0111	0111
6	0110	0110
5	0101	0101
4	0100	0100
3	0011	0011
2	0010	0010
1	0001	0001
+0	0000	0000
-0	-	1000
-1	-	1001
-2	-	1010
-3	-	1011
-4	-	1100
-5	-	1101
-6	-	1110
-7	-	1111

Projektowanie układów pomiarowych

Sposoby kodowania danych

Dziesiętno-binarny kod pozycyjny (kod BCD)

Cyfra dziesiętna	Kod BCD
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Projektowanie układów pomiarowych

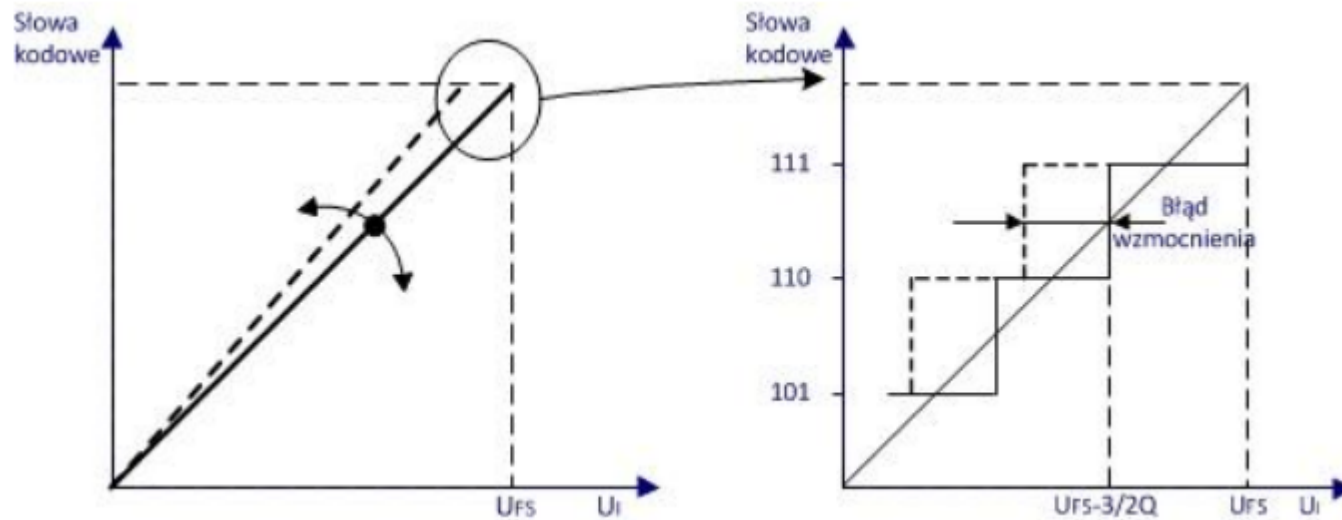
Kod Graya

Kod dziesiętny	Kod naturalny	Kod Graya
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

Kod Graya (nazywany również kodem refleksyjnym) jest kodem binarnym, ale pozycjom w tym kodzie nie są przyporządkowane wagi, co oznacza, że może reprezentować dowolnie wybrany zakres wielkości analogowej o wybranym znaku.

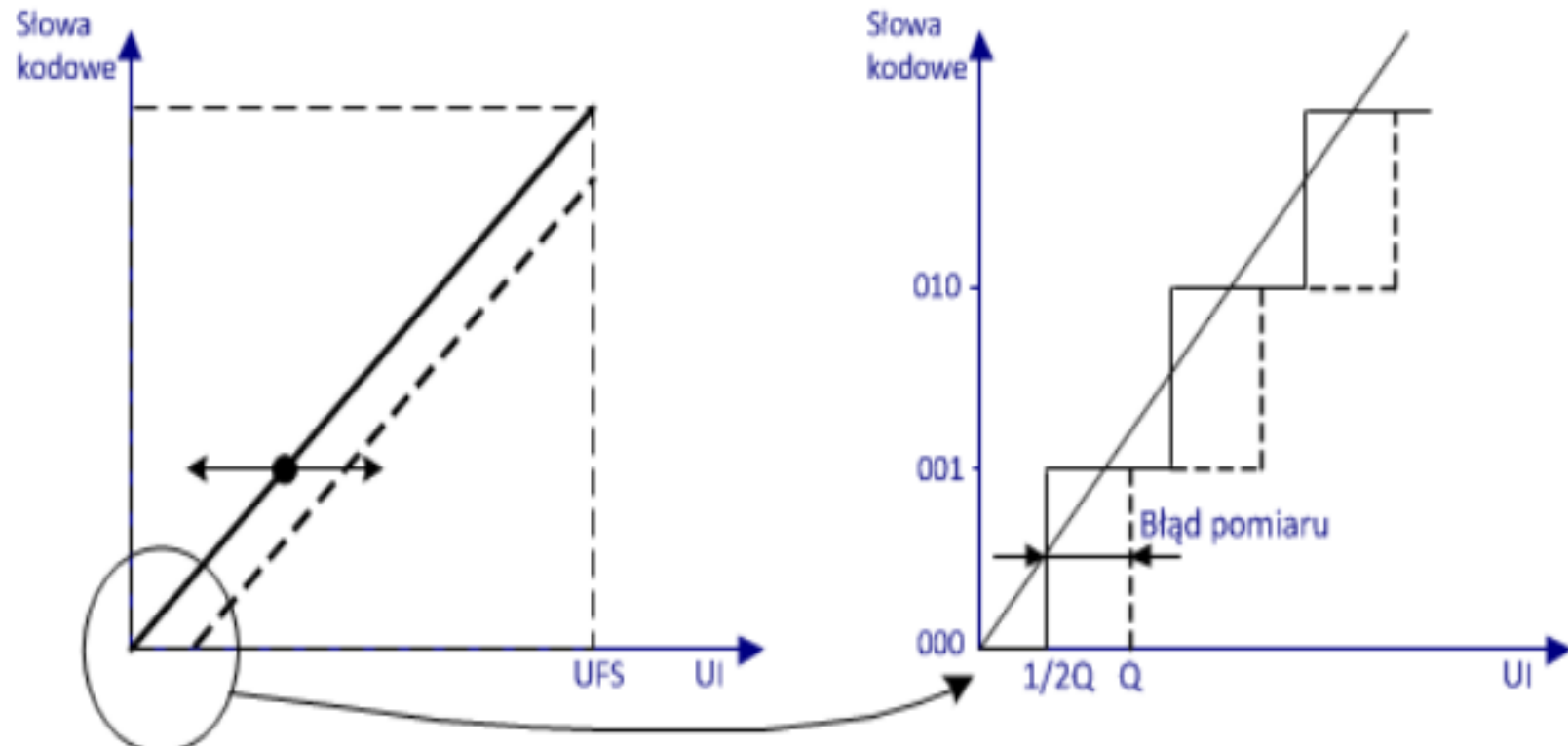
Parametry charakterystyczne przetwornika

Błąd skalowania (wzmocnienia) wynika ze zmiany nachylenia charakterystyki przetwarzania $N=f(U_i)$ w stosunku do charakterystyki idealnej.



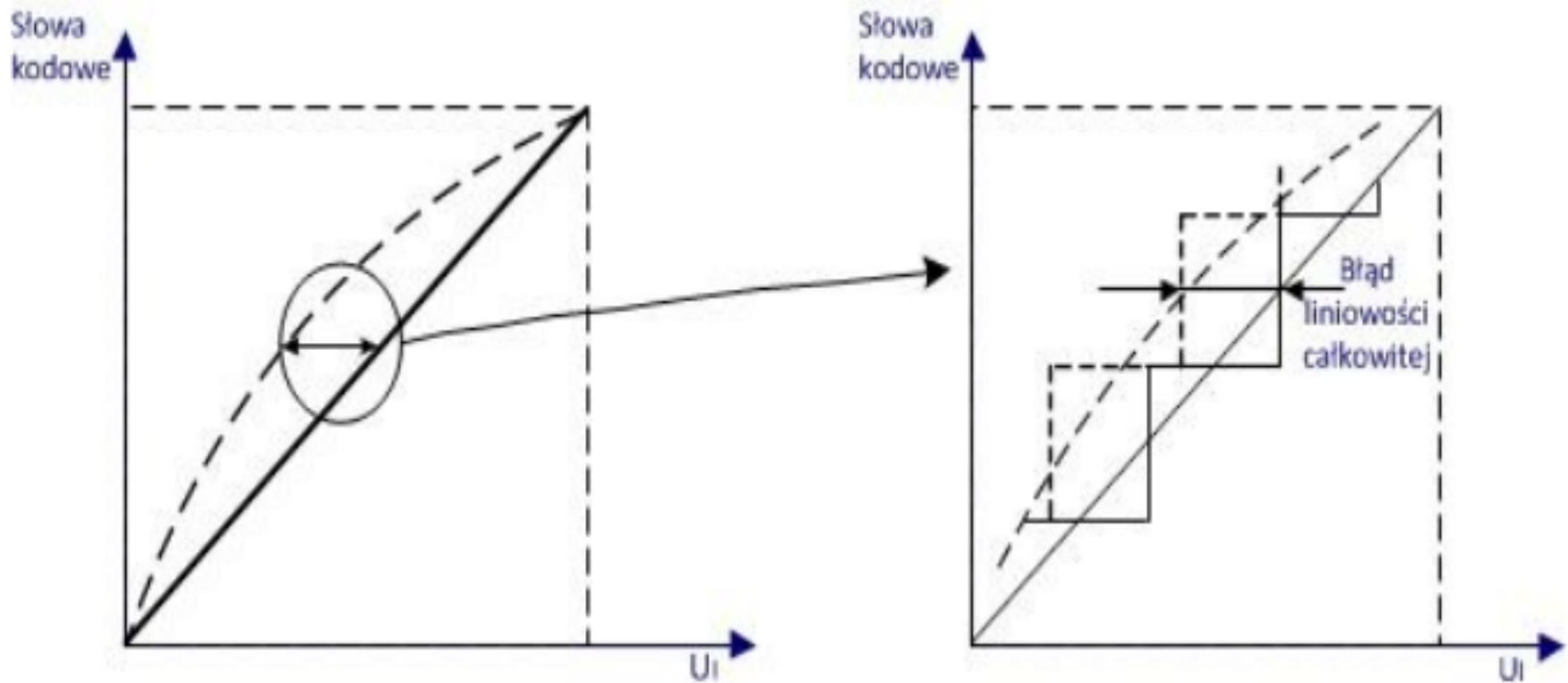
Projektowanie układów pomiarowych

Błędy przetwornika analogowo-cyfrowego: błąd zera



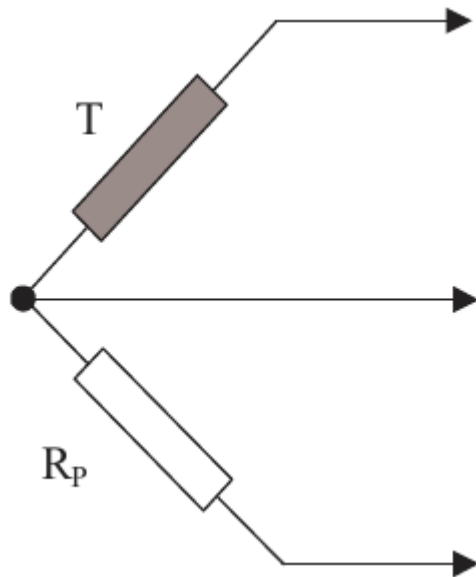
Projektowanie układów pomiarowych

Błędy przetwornika analogowo-cyfrowego: błąd liniowości całkowitej.



$$\frac{\Delta R}{R_0} = K \frac{\Delta l}{l_0}$$

Wartość współczynnika tensoczułości dla większości stosowanych w praktyce materiałów wynosi ok. 2.



$$I_{p \max} = \sqrt{\frac{\Delta T_{\max} \cdot A}{R_T}}$$

Gdzie: ΔT_{\max} – dopuszczalny błąd pomiaru spowodowany samo podgrzewaniem

R_T – rezystancja tensometru w temperaturze T

A – stała odprowadzania ciepła (w W/K), która dla podanych warunków pracy podaje moc wydzieloną na rezystorze, przy której w stanie ustalonym przyrost temperatury rezystora wynosi 1K.

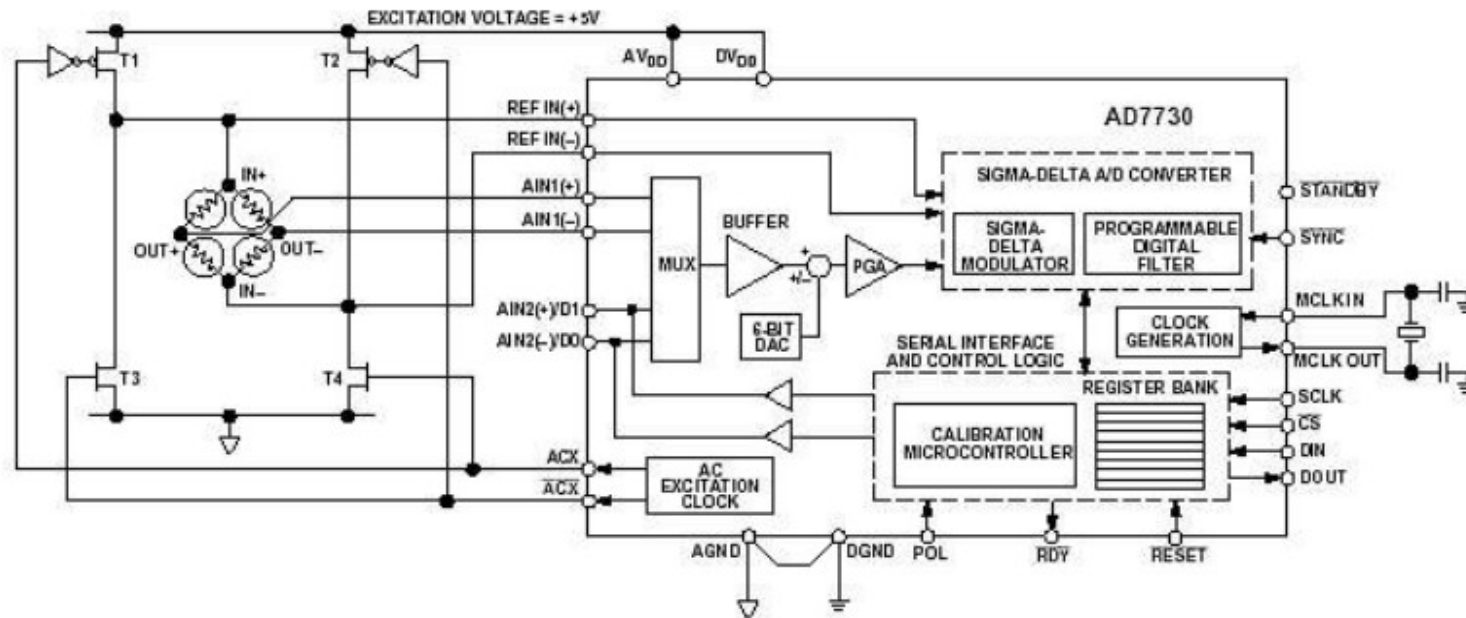
Projektowanie układów pomiarowych

Tensometry			
Wielkość charakterystyczna	drutowe	foliowe	półprzewodnikowe
Materiał siatki rezystancyjnej	Konstantan Nichrom Elinwar		Ge z domieszkami typu n i p, Si z domieszkami typu p
	Drut $\Phi 12..50 \mu\text{m}$	Folia o grubości $3..8 \mu\text{m}$	
Rezystancja [Ω]	120, 300, 350, 500, 600, 1000		10..100000
Długość bazy pomiarowej [mm]	3..150	0,2..150	0,2..20
Stała tensometru	2,1 (Konstantan) 2,1 (Nichrom) 3,6 (Elinwar)		-100..200
Liniowość [%]	$\pm 0,1$ ($\epsilon < 0,4\%$) ± 1 ($\epsilon < 1\%$)		1 ($\epsilon < 0,1\%$)
Dopuszczalne odkształcenie [%]	1..2	3..4	0,5
Liczba cykli (trwałość dynamiczna)	10^7		10^6
Współczynnik temperaturowy rezystancji [$(\Delta R/R)/K$]	$-3,9 \cdot 10^{-6}..6 \cdot 10^{-3}$	$\pm 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}..3 \cdot 10^{-3}$

Projektowanie układów pomiarowych

Materiał ♦	współczynnik liniowy α at 20 °C (10^{-6} K^{-1}) ♦
Aluminium	23.1
Mosiądz	19
Stal węglowa	10.8
Cement	12
Miedź	17
Inwar	1.2
Żelazo	11.8
Molibden	4.8
Nikiel	13




AD7730



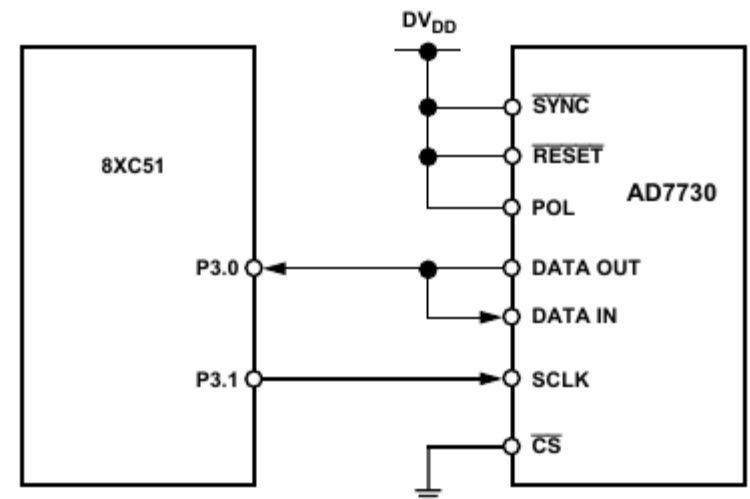
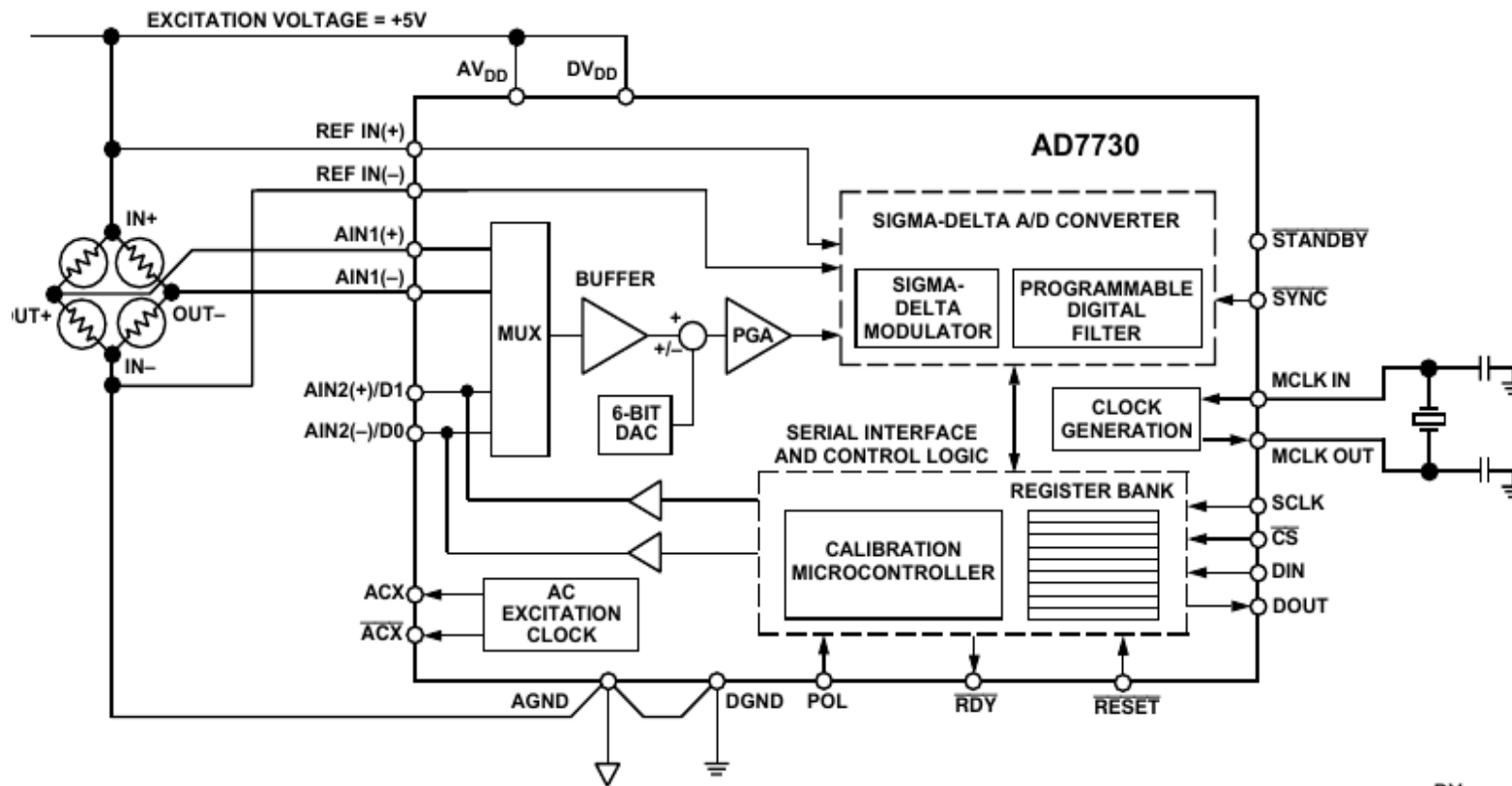
Układ jest analogowo-cyfrowym konwerterem typu „sigma-delta” służący do kompensacji wpływu temperatury oraz długości i jakości kabli. Układ zapewnia automatyczną kompensację mostka niezależniąc ją od wpływu warunków zewnętrznych rozłożonych w czasie takich jak zmiana punktu zerowego mostka, dryft temperaturowy, zakłócenia z sieci zasilającej. Rozdzielczość wewnętrzna układu wynosi 230.000, temperatura pracy od -40°C do 85°C a dryft temperaturowy układu to zaledwie $5\text{nV}/^{\circ}\text{C}$ (tzw. offset drift).

Projektowanie układów pomiarowych

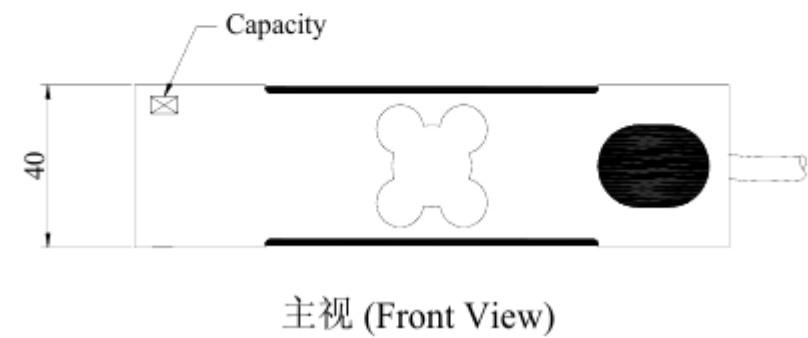
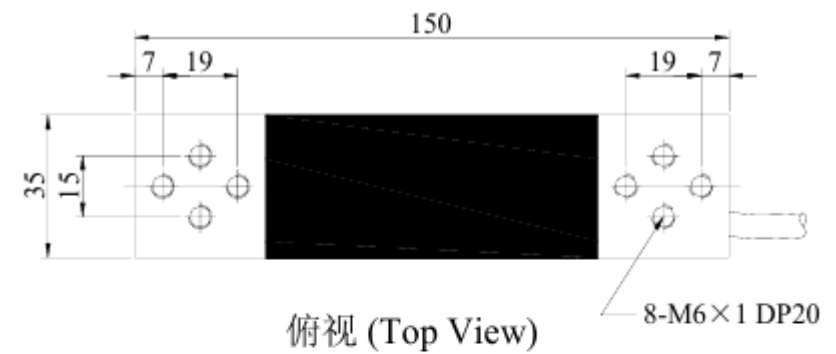
przewodników (331)
y i kasowniki (120)
chomieniowe (980)
nikacyjne (596)
bedded (29)
ka i źródła światła
wne
zabezpieczenia
kontrolki
1
 styczniki
y i rdzenie
ys. chłodzenia i grze
le
haniczne
arsztatowe

schowaj obrazki	Artykuł: symbol i opis Cena netto w <input type="text" value="PLN"/>	Wielokrotność Ilość min. Ilość zamawiana	Stan magazynowy KOSZYK
	AD7730BNZ Przetwornik A/D; 24bit; 1,2ksps; DIP24 INFO PDF Producent: ANALOG DEVICES Oznaczenie producenta: AD7730BNZ Ilość: [szt] <input type="text" value="1"/> + <input type="text" value="3"/> + <input type="text" value="25"/> + Cena netto [PLN]: 83.20 <input type="text" value="Grupa 30"/>	Wielokrotność: <input type="text" value="1"/> Ilość min.: <input type="text" value="1"/>	w magazynie [szt]: 9 <u>Dostawy na magazyn</u>  <input type="button" value="ZAMÓW"/>
	AD7730BRZ Przetwornik A/D; 24bit; 1,2ksps; SO24-W INFO PDF Producent: ANALOG DEVICES Oznaczenie producenta: AD7730BRZ Ilość: [szt] <input type="text" value="1"/> + <input type="text" value="3"/> + <input type="text" value="25"/> +	Wielokrotność: <input type="text" value="1"/> Ilość min.: <input type="text" value="1"/>	w magazynie [szt]: 25 <u>Dostawy na magazyn</u> Bieżący czas i wydarzenia wtorek, 6 stycznia 2015 UTC:20:05

Projektowanie układów pomiarowych



Projektowanie układów pomiarowych



Projektowanie układów pomiarowych



Dane techniczne:

Wzmocnienie [V/V]: 100*

Pasma przenoszenia [Hz]: 20

Płynna regulacja wzmocnienia [%]: $\pm 10\%$

Napięcie zasilania mostka [V]: 10**

Minimalna rezystancja tensometrów [Ohm]: 120 dla zasilania 5 V, 350 dla zasilania 10 V

Maksymalna długość przewodu do czujnika [m]: 5

Długoterminowa niestabilność sygnału [%/miesiąc]: $< 0,2$

Nieliniowość [%]: $< 0,1$

Temperaturowy współczynnik wzmocnienia [%/10C]: $< 0,05$

Temperaturowy współczynnik pełzania sygnału wyjściowego [%/10C]: $< 0,05$

Zakres temperatur [C]: $- 25 \div + 65$

Projektowanie układów pomiarowych

技术参数Technical Parameter

额定负荷Rated Capacities	60, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 500 (kg)
额定输出Rated Output	2.0 mV/V \pm 5%
非线性Non-linearity	0.02 %F.S
滞后Hysteresis	0.02 %F.S
重复性Repeatability	0.02 %F.S
蠕变(20分钟)Creep(20min)	0.02 %F.S
输出温度影响Temperature Effect On Output	0.002 %F.S
零点温度影响Temperature Effect On Zero	0.003 %F.S
零点平衡Zero Balance	\pm 0.0200 mV/V
输入阻抗Input Impedance	390 \pm 15 Ω ; 410 \pm 15 Ω
输出阻抗Output Impedance	350 \pm 5 Ω
绝缘阻抗Insulation Impedance	\geq 5000 M Ω
安全过载率Safe Overload	150 %F.S
极限过载率Ultimate Overload	200 %F.S
工作温度范围Operating Temperature Range	-20~60 $^{\circ}$ C
推荐工作电压Recommended Excitation	5~12 VDC
最大工作电压Maximum Excitation	15 VDC
材质Construction	铝合金Aluminum Alloy; 钢合金Steel Alloy
防护等级Protection Class	IP66 / IP67
电缆Cable	ϕ 5 \times 1.5 m
台面尺寸Platform Size	400 \times 400 mm
接线方式Mode of Connection	红: 电源+, 黑: 电源-, 绿: 信号+, 白: 信号- Red (EXC+) ,Black (EXC-) ,Green (SIG+) ,White (SIG-)

Projektowanie układów pomiarowych

Table 6. Characteristics

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; in liquid; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
R ₂₅	sensor resistance	I _{sen(cont)} = 1 mA				
		KTY81/110	990	-	1010	Ω
		KTY81/120	980	-	1020	Ω
		KTY81/121	980	-	1000	Ω
		KTY81/122	1000	-	1020	Ω
		KTY81/150	950	-	1050	Ω
		KTY81/210	1980	-	2020	Ω
		KTY81/220	1960	-	2040	Ω
		KTY81/221	1960	-	2000	Ω
		KTY81/222	2000	-	2040	Ω
		KTY81/250	1900	-	2100	Ω
TC	temperature coefficient		-	0.79	-	%/K
R ₁₀₀ /R ₂₅	resistance ratio	T _{amb} = 100 °C and 25 °C	1.676	1.696	1.716	
R ₋₅₅ /R ₂₅	resistance ratio	T _{amb} = -55 °C and 25 °C	0.480	0.490	0.500	
ΔR ₂₅	drift of sensor resistance at 25 °C	10000 h continuous operation; T _{amb} = 150 °C				
		KTY81/1 series	-	1.6	-	Ω
		KTY81/2 series	-	3.2	-	Ω
τ _{th}	thermal time constant	in still air	[1] -	30	-	s
		in still liquid	[1] -	5	-	s
		in flowing liquid	[1] -	3	-	s

Table 7. Ambient temperature, corresponding resistance, temperature coefficient and maximum expected temperature error for KTY81/110 and KTY81/120

$I_{sen(cont)} = 1 \text{ mA}$.

Ambient temperature		Temperature coefficient (%/K)	KTY81/110				KTY81/120			
(°C)	(°F)		Resistance (Ω)			Temperature error (K)	Resistance (Ω)			Temperature error (K)
			Min	Typ	Max		Min	Typ	Max	
−55	−67	0.99	475	490	505	±3.02	470	490	510	±4.02
−50	−58	0.98	500	515	530	±2.92	495	515	535	±3.94
−40	−40	0.96	552	567	582	±2.74	547	567	588	±3.78
−30	−22	0.93	609	624	638	±2.55	603	624	645	±3.62
−20	−4	0.91	669	684	698	±2.35	662	684	705	±3.45
−10	14	0.88	733	747	761	±2.14	726	747	769	±3.27
0	32	0.85	802	815	828	±1.91	793	815	836	±3.08
10	50	0.83	874	886	898	±1.67	865	886	907	±2.88
20	68	0.80	950	961	972	±1.41	941	961	982	±2.66
25	77	0.79	990	1000	1010	±1.27	980	1000	1020	±2.54
30	86	0.78	1029	1040	1051	±1.39	1018	1040	1061	±2.68
40	104	0.75	1108	1122	1136	±1.64	1097	1122	1147	±2.97
50	122	0.73	1192	1209	1225	±1.91	1180	1209	1237	±3.28
60	140	0.71	1278	1299	1319	±2.19	1265	1299	1332	±3.61
70	158	0.69	1369	1392	1416	±2.49	1355	1392	1430	±3.94
80	176	0.67	1462	1490	1518	±2.8	1447	1490	1532	±4.3
90	194	0.65	1559	1591	1623	±3.12	1543	1591	1639	±4.66
100	212	0.63	1659	1696	1733	±3.46	1642	1696	1750	±5.05
110	230	0.61	1762	1805	1847	±3.83	1744	1805	1865	±5.48
120	248	0.58	1867	1915	1963	±4.33	1848	1915	1982	±6.07
125	257	0.55	1919	1970	2020	±4.66	1899	1970	2040	±6.47
130	266	0.52	1970	2023	2077	±5.07	1950	2023	2097	±6.98
140	284	0.45	2065	2124	2184	±6.28	2043	2124	2205	±8.51
150	302	0.35	2145	2211	2277	±8.55	2123	2211	2299	±11.43

Projektowanie układów pomiarowych

Typ „K” – NiCr-NiAl

Stosowany w zakresie temperatur od -200 do $+1200$ °C. Zależność SEM od temperatury dla tego termoelementu jest prawie liniowa, a jego czułość wynosi $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Typ „J” oraz „L” – Fe-CuNi

Ma on duże znaczenie w przemyśle przetwórstwa tworzyw sztucznych (wtryskarki i formy wtryskowe). Zakres mierzonych temperatur wynosi od -40 °C do $+750$ °C. Ich czułość wynosi $55\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Typ „E” – NiCr-CuNi

Ze względu na wysoką czułość ($68\mu\text{V}/^\circ\text{C}$), ten typ termoelementu stosowany jest przede wszystkim w zakresie niskich temperatur kriogenicznych od -200 do $+900$ °C. Jest to materiał niemagnetyczny, co może być cenną zaletą w niektórych zastosowaniach specjalnych.

Typ „N” – NiCrSi-NiSi

Ten termoelement ma bardzo dobrą stabilność termiczną, porównywalną z termoparami platynowymi. Wykazuje także znakomitą odporność na utlenianie aż do wysokich temperatur. Jest idealnym narzędziem do dokładnych pomiarów temperatury w powietrzu do $+1200$ °C. Czułość wynosi $39\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Typ „T” – Cu-CuNi

Jest to najrzadziej używany typ termoelementu. Jego zakres pomiarowy wynosi od -200 °C do $+350$ °C a czułość $30\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.