

Diagnostyka techniczna

Dziedzina wiedzy obejmująca całokształt zagadnień teoretycznych i praktycznych dotyczących identyfikacji i oceny przeszłych, aktualnych i przyszłych stanów obiektu technicznego, z uwzględnieniem jego otoczenia.

Diagnostyka procesów przemysłowych

Diagnostyka procesów przemysłowych jest częścią diagnostyki technicznej. Zajmuje się ona rozpoznawaniem zmian stanów procesów w trakcie ich eksploatacji. Przyczynami zmian stanów mogą być uszkodzenia lub inne zdarzenia destrukcyjne.

Zadaniem diagnostyki procesów przemysłowych jest wczesne wykrywanie i dokładne rozpoznawanie powstających uszkodzeń.

Diagnostyka - pojęcia podstawowe

3

Stan obiektu

Najmniejszy zbiór wielkości, których znajomość w danym momencie czasu, wraz ze znajomością przyszłych przebiegów czasowych zmiennych wejściowych, umożliwia określenie przyszłych przebiegów czasowych zmiennych wyjściowych obiektu.

Uszkodzenie

Zdarzenie destrukcyjne powodujące przejście obiektu ze stanu zdatności do stanu niezdatności

Detekcja

Wykrycie, zauważenie powstania uszkodzenia w obiekcie i zdefiniowanie chwili detekcji

Identyfikacja

Wyznaczenie rozmiaru i charakteru zmienności uszkodzenia w czasie.

Sygnał

Przebieg dowolnej wielkości fizycznej, będącej nośnikiem Informacji.

Zmienne procesowe

Sygnały, których wartości są znane. Zmienne procesowe są bezpośrednio mierzone, wyliczane lub wypracowywane przez system automatyki.

Sygnał diagnostyczny

Przebieg dowolnej wielkości będącej nośnikiem informacji o stanie obiektu diagnozowania.

Monitorowanie

Przeprowadzane w czasie rzeczywistym zadania polegające na pomiarze, odczytywaniu i przeliczaniu wartości zmiennych procesu oraz na porównywaniu tak otrzymanych wartości z wcześniej przyjętymi ograniczeniami i ewentualne uruchamianie alarmów, tj. zadanie kontroli i sygnalizacji automatycznej.

Zadania te obejmują również rejestracje danych.

Nadzór

Monitorowanie obiektu i podejmowanie czynności dla utrzymania jego właściwego działania przy wystąpieniu defektów

Diagnostyka - pojęcia podstawowe

7

Uwarunkowania diagnostyki procesów przemysłowych

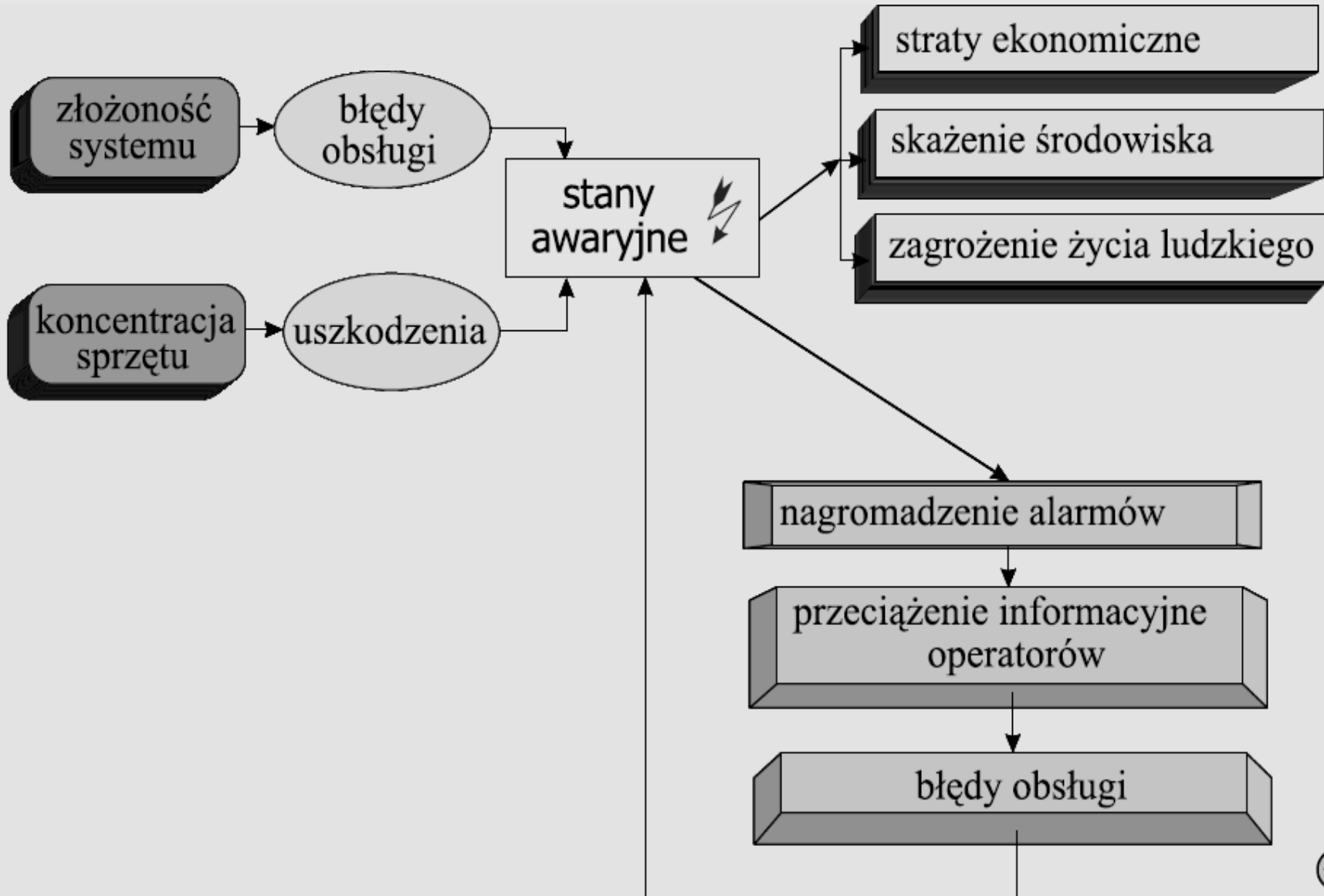
- Wczesne wykrywanie awarii jest warunkiem możliwości zabezpieczenia innych podzespołów.
- Prowadzona jest na bieżąco.
- Funkcjonuje na sygnałach roboczych.
- Nie pozwala na stosowanie sygnałów testowych wprowadzających do procesu zakłócenia.

Diagnostyka - pojęcia podstawowe

8



Diagnostyka - pojęcia podstawowe



Automatyczna realizacja działań diagnostycznych pozwala:

- skrócić czas wykrycia i lokalizacji uszkodzenia,
- zwiększyć niezawodność działania obiektu,
- zwiększyć efektywność ekonomiczną procesu,
- ograniczyć skutki awarii,
- uzyskać efekty tolerowania niektórych uszkodzeń,
- zmniejszyć koszty remontów.

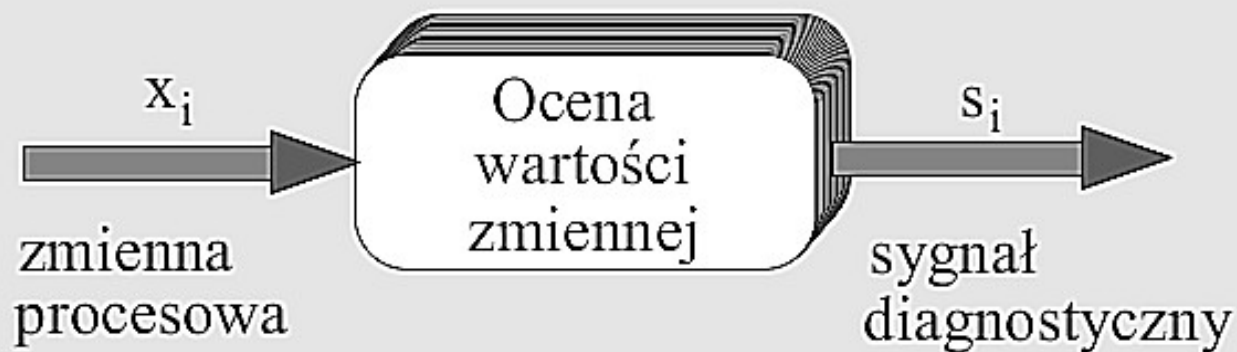
Metody detekcji uszkodzeń

11

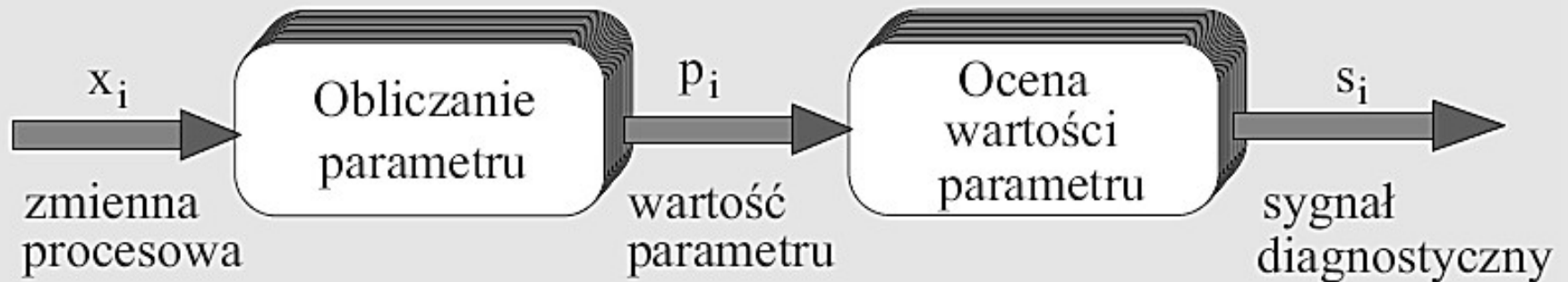
Schematy uzyskiwania sygnałów diagnostycznych

a. Ocena wartości zmiennej procesowej,

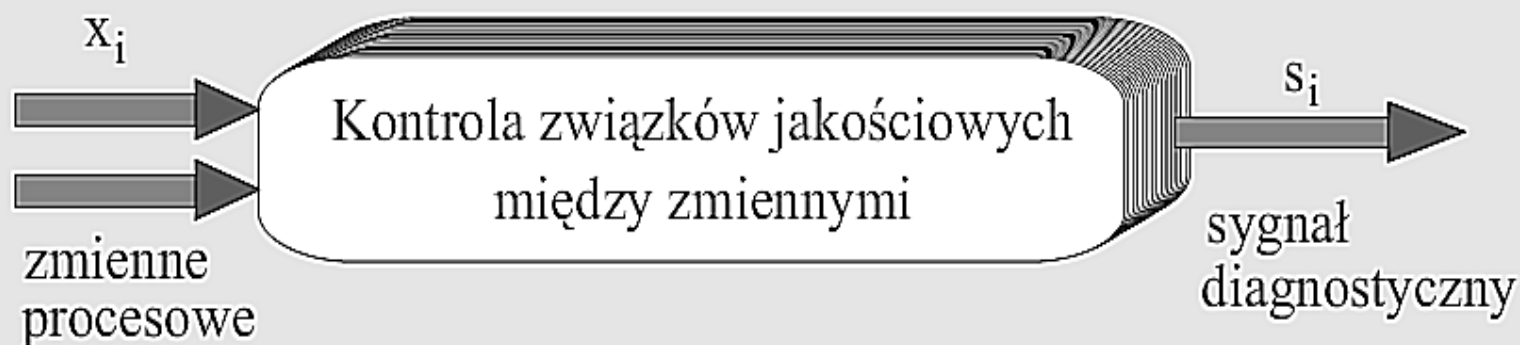
Przykład: kontrola granic alarmowych zmiennej:



Ocena lub wyliczanie parametru zmiennej procesowej,
Przykład: szybkość zmian, średnia ...:



Kontrola związków jakościowych między zmiennymi procesowymi:



Metody bazujące na kontroli parametrów zmiennych procesowych

Metody kontroli ograniczeń wartości zmiennych procesowych:

- kontrola wiarygodności sygnałów,
- kontrola przekroczeń granicznych,
- kontrola trendów,
- kontrola wartości zmiennych binarnych.

Metody analizy sygnałów:

- analiza statystyczna sygnałów (kontrola średnich, wariancji),
- analiza spektralna sygnałów.

Zalety:

- metody proste, nie wymagają znajomości modeli diagnozowanego
- Obiektu.

Wady:

- ograniczoność informacji diagnostycznej przy pojedynczym sygnale,
- trudne określenie związków między zmiennymi procesowymi.

uszkodzeń

Metody bazujące na kontroli związków między zmiennymi procesowymi:

Metody wykorzystujące proste związki między sygnałami:

- wykorzystanie redundancji sprzętowej czujników pomiarowych,
- kontrola sygnałów sprzężeń zwrotnych,
- kontrola relacji między wartościami zmiennych procesowych,
- kontrola związków statystycznych między zmiennymi procesowymi.

Metody wykorzystujące modele analityczne:

- detekcja z wykorzystaniem modeli fizycznych (bilansowych, równań ruchu itp.),
- detekcja z wykorzystaniem modeli liniowych typu wejście-wyjście (równania zgodności),
- detekcja z wykorzystaniem obserwatorów stanu,
- detekcja na podstawie identyfikacji on-line.

Metody bazujące na kontroli związków między zmiennymi procesowymi:

Metody wykorzystujące modelowanie jakościowe i neuronowe:

- detekcja z wykorzystaniem modeli rozmytych,
- detekcja z wykorzystaniem modeli neuronowych.

Zalety:

- możliwość wykrywania uszkodzeń urządzeń pomiarowych, wykonawczych i komponentów procesu.

Wady:

- wymagana wiedza o obiekcie w postaci modeli ilościowych lub jakościowych.

Kontrola wiarygodności sygnałów,

- wykrywanie uszkodzeń torów pomiarowych,
- sprawdzanie przekroczeń dopuszczalnych wartości,
- sprawdzanie przekroczeń szybkości zmian sygnału,
- wykrywanie braku zmienności sygnału.

Metody kontroli ograniczeń

18



Kontrola trendów,

$$y(t) - y(t-1) > Y_{dop}$$

zasada podobna jak przy sprawdzaniu szybkości zmian,
Celem jest wykrycie zbyt szybkich zmian.

Kontrola zmiennych binarnych,

$$y = Y_N$$

wyznacza nieprawidłowy stan (np. wyłącznik krańcowy) lub wykrywa zanik sygnału.

Metody wykorzystujące proste związki między sygnałami 20

Kontrola relacji między zmiennymi procesowymi

Stosuje się tam gdzie nieznany jest model procesu (obiektu),
Bazuje na związkach technologicznych, wiedzy operatorów (ekspertów),

Związki dotyczą sygnałów lub kierunków ich zmian.

Zalety:

- bardzo proste algorytmy detekcyjne,
- skuteczne przy wykrywaniu wielu uszkodzeń,
- prawie wszystkie uszkodzenia katastroficzne są wykrywane.

Wada: nie wykrywają uszkodzeń parametrycznych.

Metody wykorzystujące proste związki między sygnałami 21

Kontrola związków statystycznych między zmiennymi procesowymi

Założenie: procesy czasowe stacjonarne i ergodyczne.

Korelacja wzajemna:

$$R_{xy}(m) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{i=-N}^N x(i) \cdot y(i+m)$$

Funkcja kowariancji:

$$C_{xy}(m) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{i=-N}^N [x(i) - \bar{x}] \cdot [y(i+m) - \bar{y}],$$

$$C_{xy}(m) = R_{xy}(m) - \bar{x}\bar{y}.$$

Metody wykorzystujące proste związki między sygnałami 22

Kontrola związków statystycznych między zmiennymi procesowymi

Przykłady zastosowań:

- do analizy paleniska z zastosowaniem dwóch czujników - optycznego i akustycznego,
- do wykrywania zaniku płomienia,
- analiza sygnałów obarczonych dużym szumem i zakłóceniami.

„ Komputerowe karty pomiarowe ”

Literatura do wykładu

- Waldemar Nawrocki,
„Rozproszone systemy pomiarowe”,
Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006,
- Dariusz Świsulski,
„Komputerowa technika pomiarowa”,
Agenda Wydawnicza „Pomiary, Automatyka, Kontrola”,
Warszawa 2005,
- Waldemar Nawrocki,
„Komputerowe systemy pomiarowe”,
Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002

Plan wykładu

1. Określenia, definicje...
2. Podstawowe funkcje realizowane przez komputerowe karty pomiarowe
3. Budowa i architektura komputerowej karty pomiarowej
4. Parametry charakterystyczne
5. Zalety korzystania z komputerowych kart pomiarowych
6. Prezentacja przykładowych kart pomiarowych
7. Oprogramowanie dla komputerowych kart pomiarowych
8. Podsumowanie

Określenia

Komputerowe karty pomiarowe

są specjalizowanymi układami pomiarowymi współpracującymi z komputerem i tworzącymi wraz z nim oraz odpowiednim oprogramowaniem tzw.

wirtualne przyrządy pomiarowe.

Ze względu na rozbudowane funkcje akwizycji danych przyjęł się skrót

DAQ od **Data AcQuisition card**, czyli karty pozyskującej dane.

Komputerowa karta pomiarowa może być zamontowana w obudowie komputera lub też znajdować się poza nią.

Podstawowe funkcje realizowane przez komputerowe karty pomiarowe (1)

- przetwarzanie analogowo-cyfrowe „pojedynczego” sygnału (napięcia lub prądu) z jednego z wielu wejść analogowych karty pomiarowej,
- przetwarzanie analogowo-cyfrowe wielu sygnałów doprowadzonych do wejść analogowych karty pomiarowej,
- filtracja analogowa (antyaliasingowa) sygnałów wejściowych,
- wytwarzanie żądanych sygnałów (napięcia lub prądu) na wyjściach analogowych karty pomiarowej,

Podstawowe funkcje realizowane przez komputerowe karty pomiarowe (2)

- odczytywanie sygnałów cyfrowych z wejść cyfrowych karty pomiarowej (jeśli występują),
- przypisywanie sygnałów cyfrowych do portów wyjściowych karty pomiarowej (jeśli występują),
- generowanie sygnałów cyfrowych o zadanej częstotliwości i czasie trwania na wyjściach cyfrowych,
- synchronizacja z liniami wyzwalania systemów czasu rzeczywistego (RTSI) w komputerze,
- przechowywanie danych pomiarowych i konfiguracyjnych karty w jej pamięci wewnętrznej

Budowa komputerowej karty pomiarowej (1)

W skład typowej karty pomiarowej wchodzi następujące komponenty:

- multiplekser analogowy, przełączający sygnały z wielu kanałów pomiarowych,
- wzmacniacz programowany, dostosowujący poziom sygnałów zgodnie z wybranym zakresem pomiarowym,
- układ próbkująco-pamiętający (S&H) lub próbkująco-śledzący (S&T),
- przetwornik analogowo-cyfrowy,

Parametry charakterystyczne karty pomiarowej (1)

- liczba wejść analogowych
 - od 1 do 64 (może być zwiększona przez dołączenie tzw. karty rozszerzenia zawierającej dodatkowe multipleksery),
- rodzaj wejść analogowych
 - niesymetryczne (SE) lub różnicowe (DI);
zwykle wejść niesymetrycznych jest dwa razy więcej niż różnicowych, w których komutowane są 2 linie sygnałowe,
- zakres pomiarowy
 - od miliwoltów do kilkuset woltów;
podawany jako przedział wartości napięć symetrycznych względem zera w przypadku wejść różnicowych lub napięcia dodatniego dla wejść niesymetrycznych,

Parametry charakterystyczne karty pomiarowej (2)

- **rozdzielczość bitowa przetwornika analogowo-cyfrowego**
 - typowo od 8 do 24 bitów => może znacznie przewyższyć rozdzielczość przyrządów cyfrowych wysokiej klasy,
- **rozdzielczość bezwzględna**
 - określana dla wybranego zakresu pomiarowego:

$$\Delta U = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^N}, \quad N - \text{liczba bitów},$$

- **dokładność pomiaru**
 - podawana w formie tabelarycznej, w zależności od zakresu pomiarowego, czasu obserwacji, temperatury i in. czynników; zwykle od 2 do 10 razy gorsza od rozdzielczości,

Parametry charakterystyczne karty pomiarowej (3)

- szybkość próbkowania
 - może sięgać kilkuset Mpróbek/s;
zmniejsza się proporcjonalnie do liczby uaktywnionych kanałów wejściowych,
- pojemność pamięci wewnętrznej
 - od kilkuset kilobajtów do kilkuset megabajtów,
- typ magistrali do której podłącza się kartę pomiarową,
np. PCI, ISA, PCMCIA, USB, Fire Wire ...

Zalety korzystania z komputerowych kart pomiarowych

- możliwość prowadzenia pomiarów wielokanałowych z bardzo dużą dokładnością,
- generacja analogowych lub cyfrowych sygnałów sterujących, jak również sygnałów testowych dla systemu pomiarowego,
- realizacja podstawowych funkcji multimetru cyfrowego, generatora funkcyjnego i oscyloskopu (zależnie od wyboru trybu pracy),
- współpraca z zazwyczaj bardzo rozbudowanym oprogramowaniem, służącym wizualizacji, analizie oraz archiwizacji rejestrowanych sygnałów,
- nie zabierają miejsca, jeśli osadzone w obudowie komputera

Przykłady komputerowych kart pomiarowych (1)

PenScopeDaq – oscyloskop jednokanałowy z łączem USB

- szeroki zakres pomiarowy
– od 20 mV/dz do 5 V/dz,
- regulowana szybkość próbkowania
– od 1 kpróbek/s do 100 Mpróbek/s,
- zasilany bezpośrednio
- z gniazda USB,
- wygodny w użytkowaniu,
- do zastosowań serwisowych,
laboratoryjnych,
edukacyjnych



Przykłady komputerowych kart pomiarowych (2)

ScopeLogicDaq – system akwizycji danych z oscyloskopem dwukanałowym i analizatorem stanów logicznych

- szybkość próbkowania
 - do 200 Mpróbek/s przy akt. jednym kanale,
 - do 100 Mpróbek/s przy dwóch kanałach,
- 16 kanałów cyfrowych,
- umożliwia dokładną analizę sygnałów analogowo-cyfrowych oraz badanie zależności między nimi



Przykłady komputerowych kart pomiarowych (3)

DaqBoard 3000 (IO-tech)

- 16 wejść analogowych (8 w trybie różnicowym),
- wejścia/wyjścia cyfrowe – 24 linie,
- przetwornik analogowo-cyfrowy – 16-bitowy,
- maksymalna szybkość
- Próbkowania – 1 Mpróbek/s,
- 4 liczniki 32-bitowe



Przykłady komputerowych kart pomiarowych (4)

PCI 6120 (National Instruments)

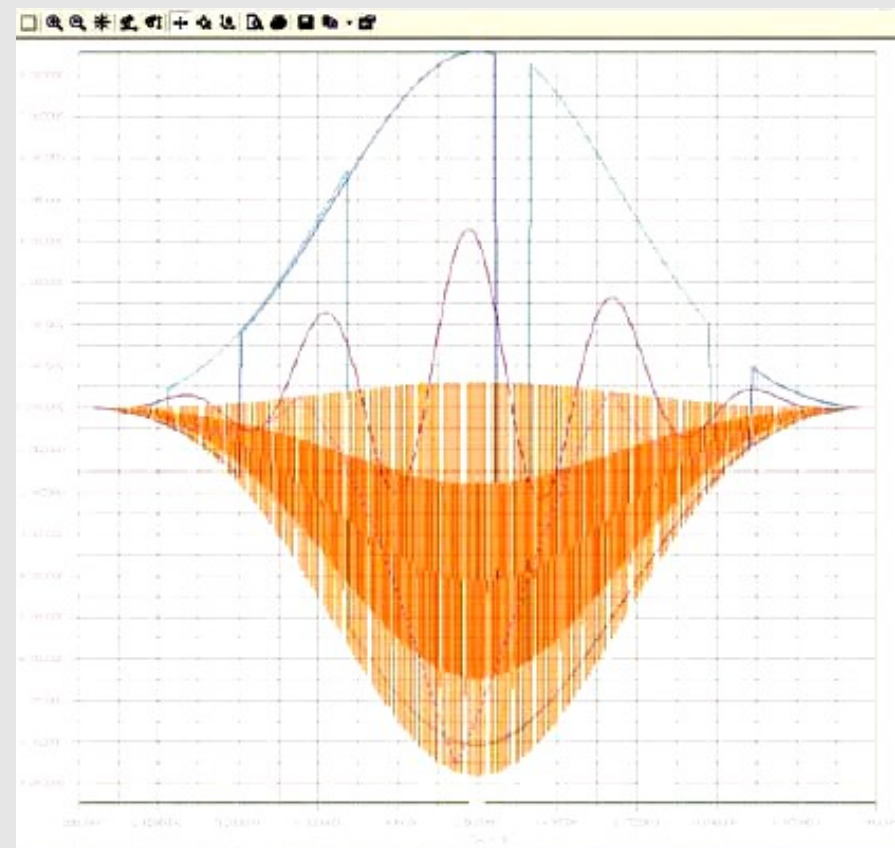
- 4 wejścia analogowe,
- zakres napięć wejściowych – do 42 V,
- 2 wyjścia analogowe,
- 8 cyfrowych linii wejścia/wyjścia,
- dedykowany przetwornik A/C dla każdego kanału (16-bitowy),
- 2 liczniki 24-bitowe,
- przerzutniki analogowe i cyfrowe



Oprogramowanie komputerowych kart pomiarowych (1)

DaqVIEW – „bezpłatne” oprogramowanie firmy IO-tech, obsługujące wszystkie karty pomiarowe tego producenta

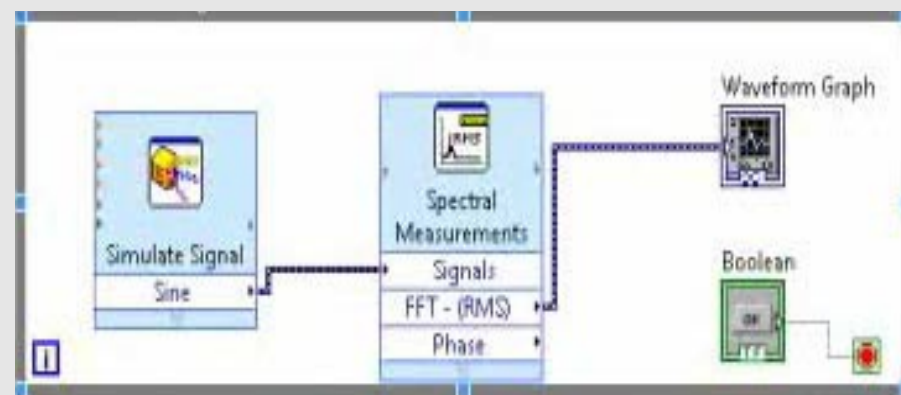
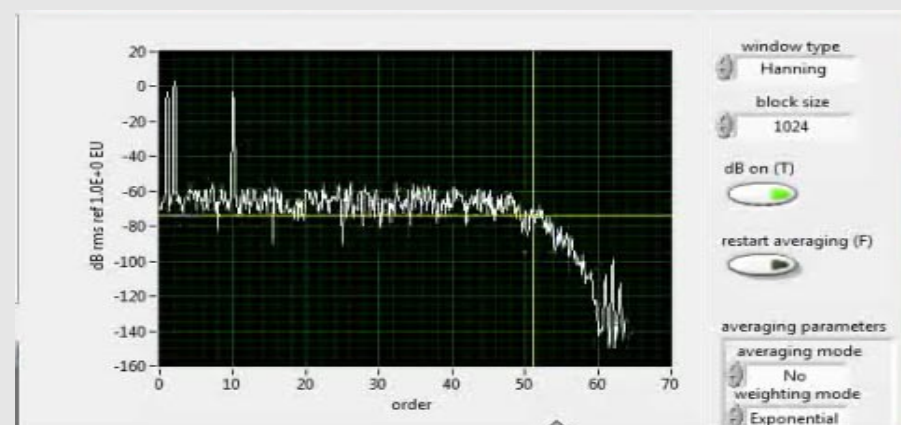
- wbudowane analizatory różnego typu, oscyloskop,
- wyświetlanie w czasie rzeczywistym,
- funkcje skalujące,
- współpraca z Matlabem, Excelem



Oprogramowanie komputerowych kart pomiarowych (2)

LabVIEW - graficzne środowisko pomiarowe i programistyczne opracowane przez firmę National Instruments

- graficzny język programowania,
- łączenie bloków graficznych, odpowiadających za realizację różnych funkcji,
- uruchomienie programu determinuje przepływ sygnałów/danych pomiędzy blokami



Podsumowanie

- Komputerowe karty pomiarowe są głównym ogniwem wirtualnych przyrządów pomiarowych.
- Umożliwiają wielokanałowy pomiar sygnałów doprowadzanych do wejść analogowych, a także generują żądane sygnały analogowe/cyfrowe na odpowiednich portach wyjściowych.
- Zależnie od trybu pracy, ta sama karta może pełnić różne funkcje (multimetru, generatora funkcyjnego, oscyloskopu).
- Oferują najlepsze parametry przetwarzania, jak chodzi o rozdzielczość pomiarową oraz szybkość próbkowania.
- Niektórych zadań pomiarowych nie sposób wykonać inaczej lub lepiej niż przy zastosowaniu komputerowych kart pomiarowych.

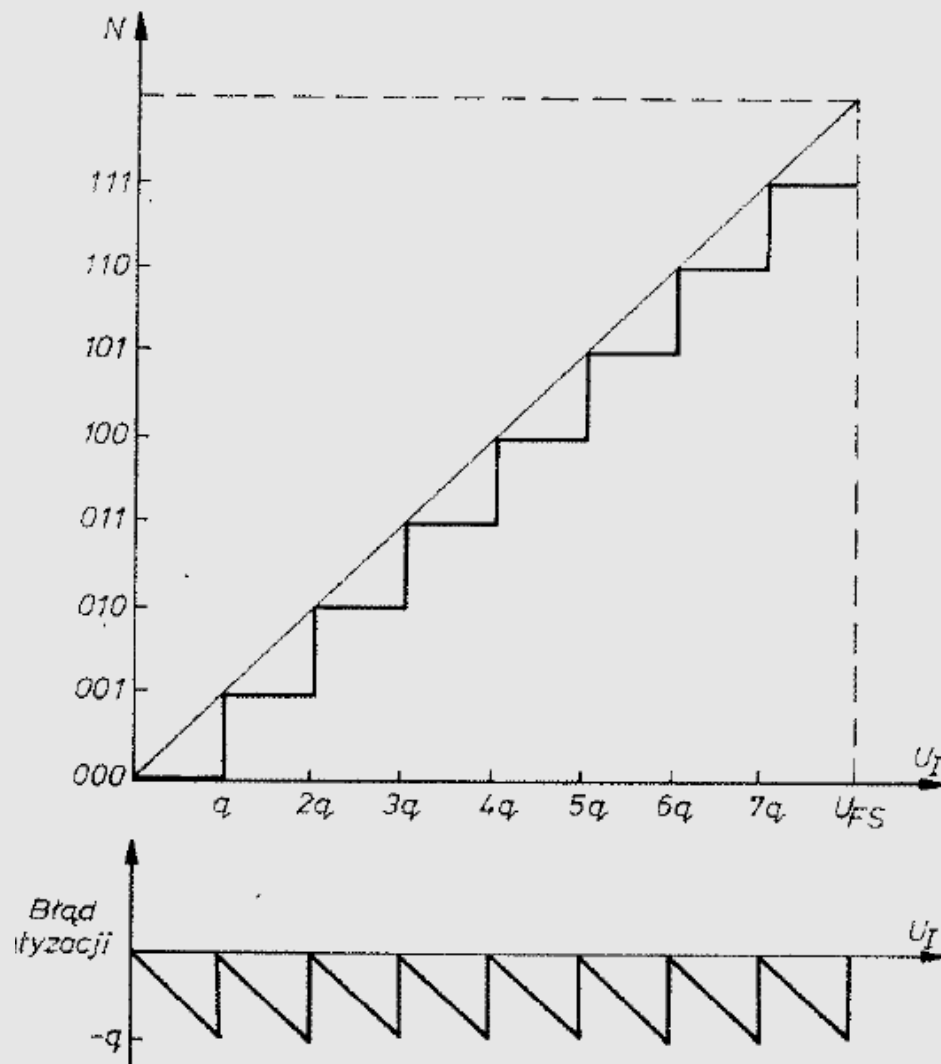
Parametry przetworników analogowo cyfrowych

Podstawowe parametry przetworników wpływające na ich dokładność i szybkość przetwarzania (statyczne i dynamiczne):

- Rozdzielczość (determinuje błąd kwantyzacji)
- Błędy analogowe (nieliniowości, przesunięcia i wzmocnienia)
- Czas przetwarzania
- Częstotliwość przetwarzania
- Współczynniki cieplne
- Współczynniki tłumienia wpływu zmian zasilania

Błąd dyskretyzacji (kwantyzacji)

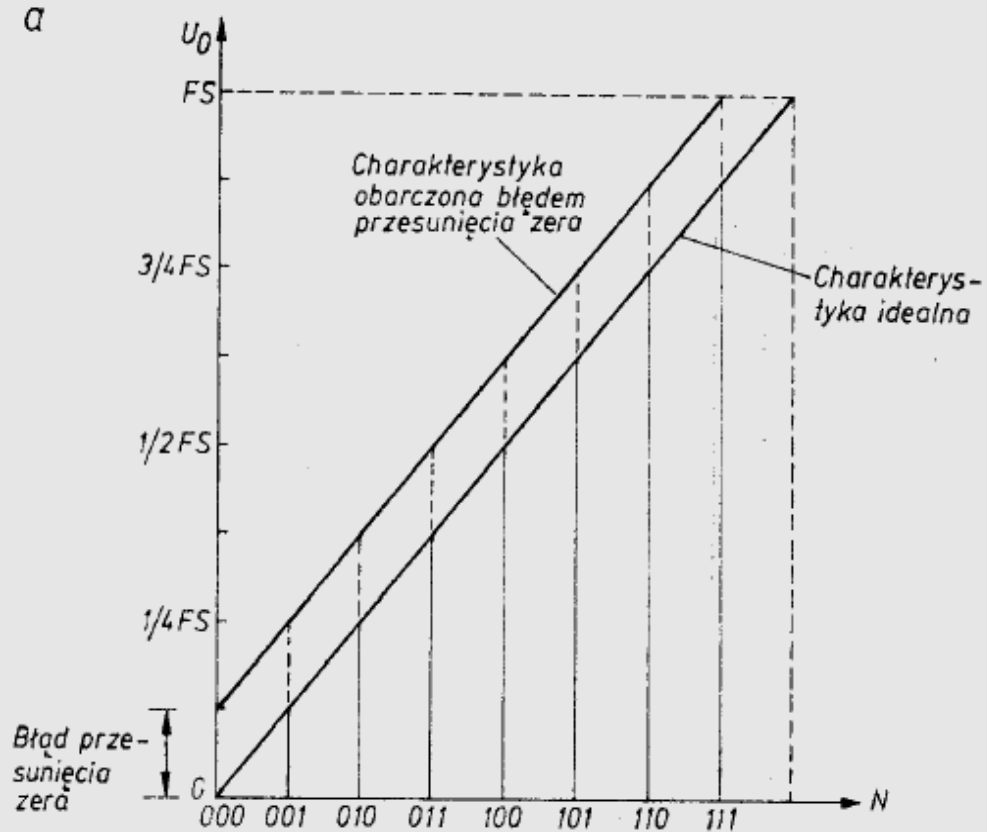
Błąd wynika z samej istoty procesu kwantowania sygnału analogowego przy przetwarzaniu go na postać cyfrową.



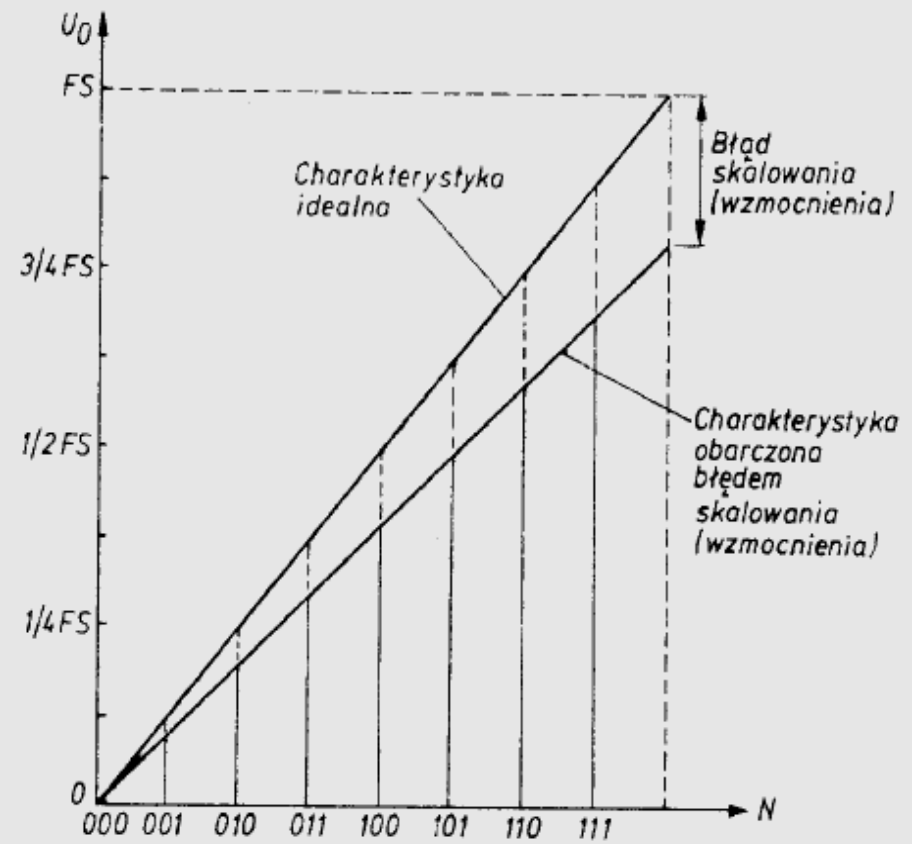
<i>Bity</i>	<i>Liczba poziomów</i>	<i>S/N [dB]</i>	<i>Przedział kwantowania [mV], fs=10V</i>
8	256	58,9	39,1
12	4096	72,2	2,44
16	65536	107,1	0,15

Błędy przetwarzania A/C

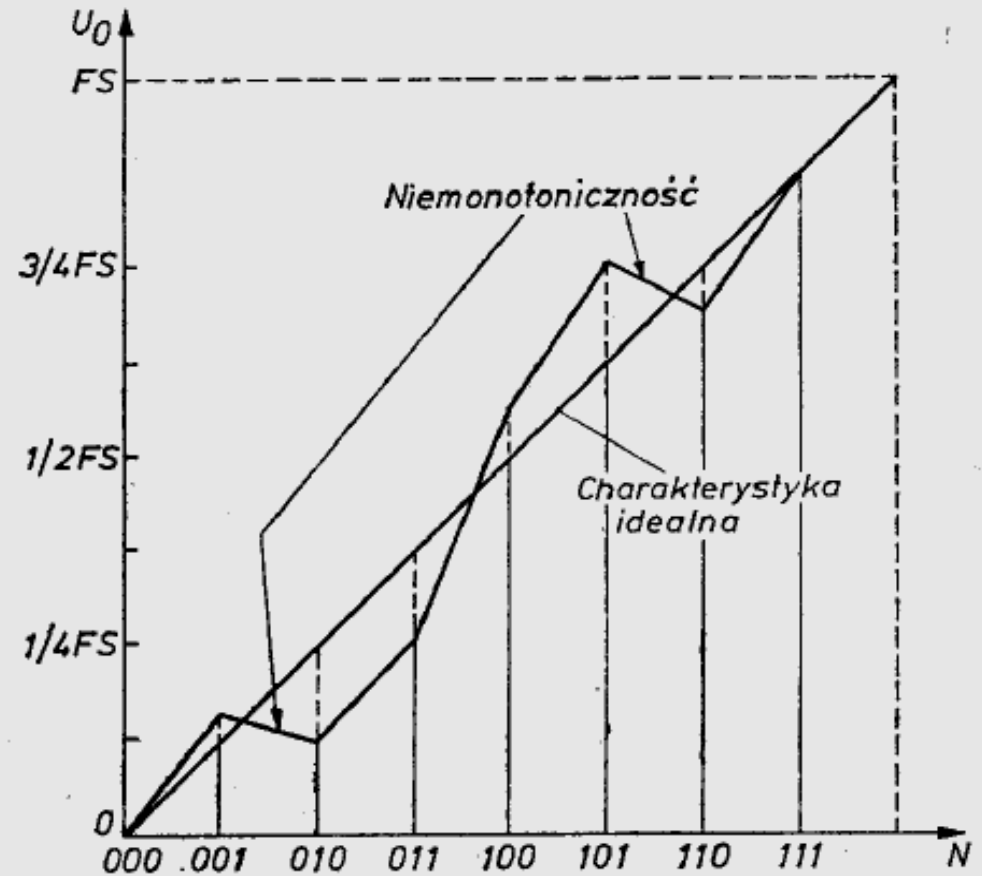
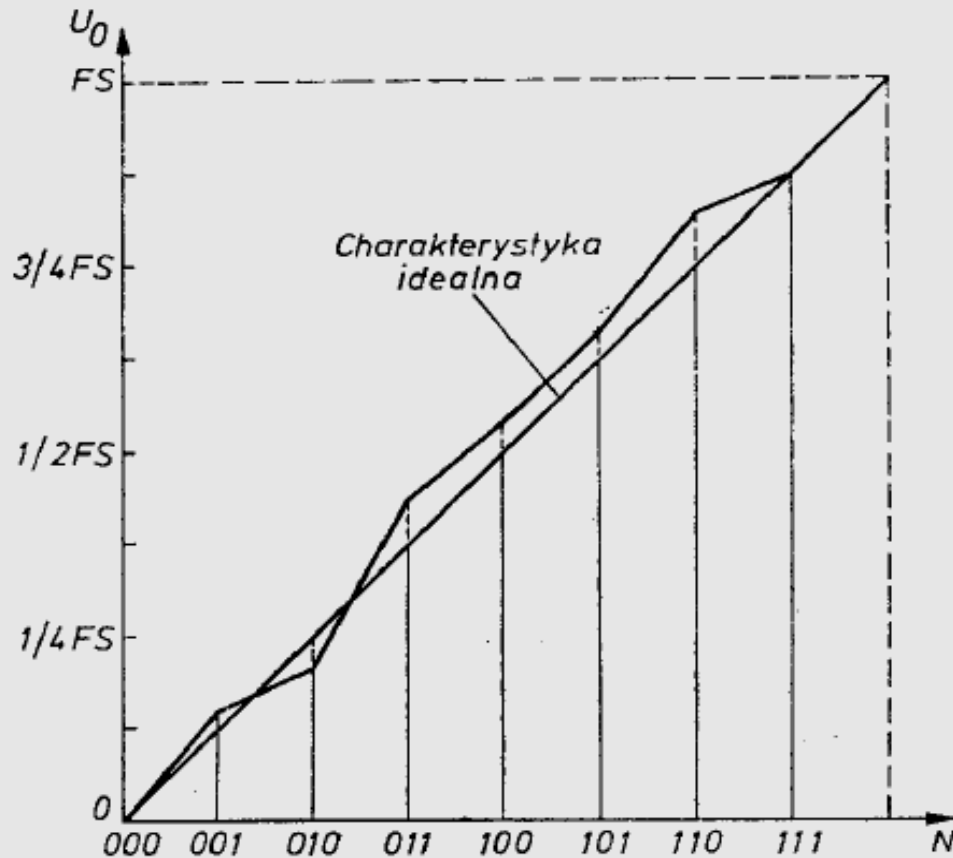
Błąd przesunięcia zera



Błąd skalowania (wzmocnienia)

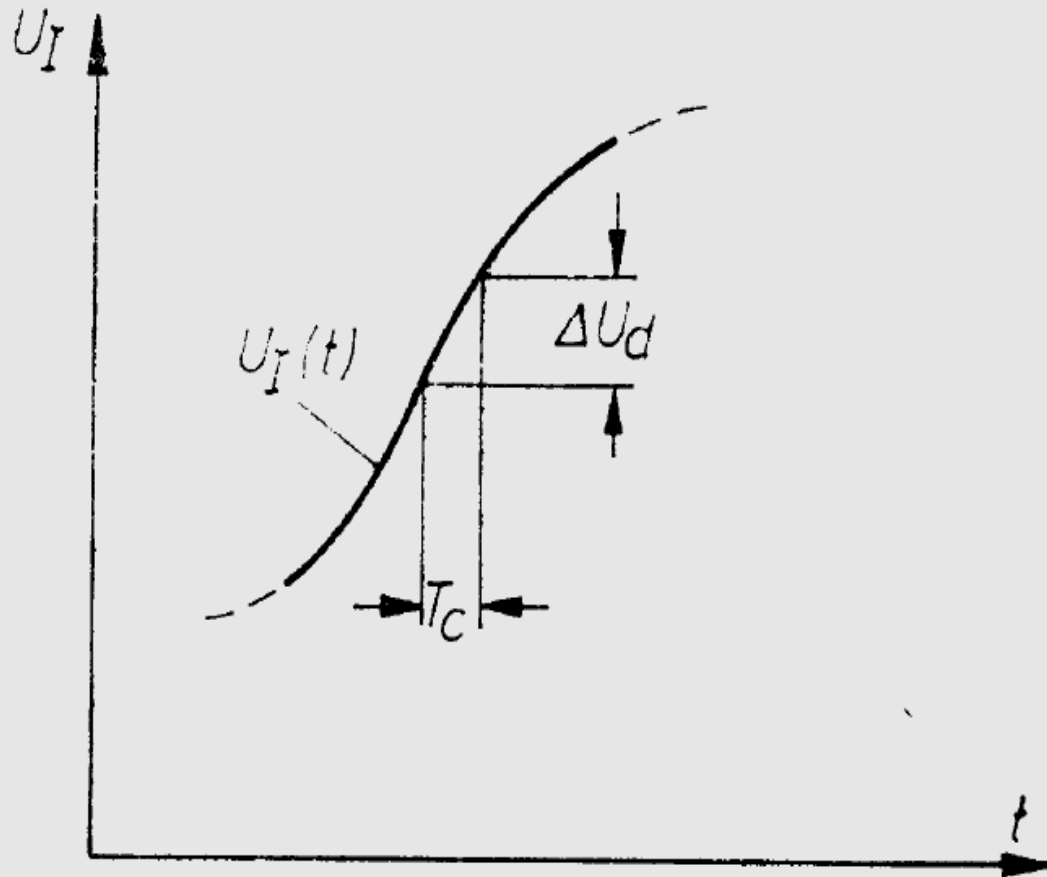


Błędy przetwarzania A/C



Charakterystyka przetworników z mniejszym i większym błędem nieliniowości różniczkowej. W drugim przypadku doszło już do zaburzenia monotoniczności przetwornika, co w wielu zastosowaniach może być nie do przyjęcia.

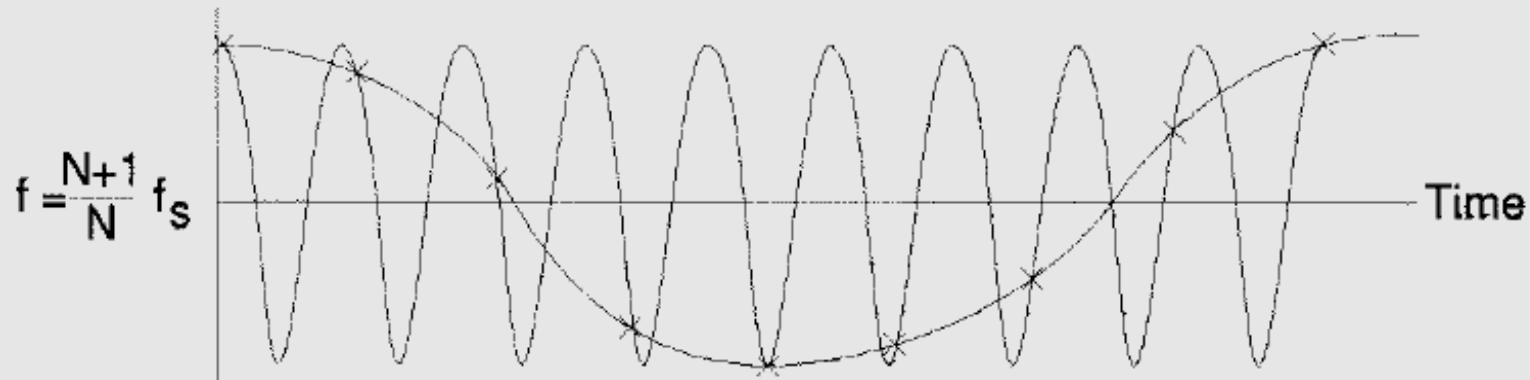
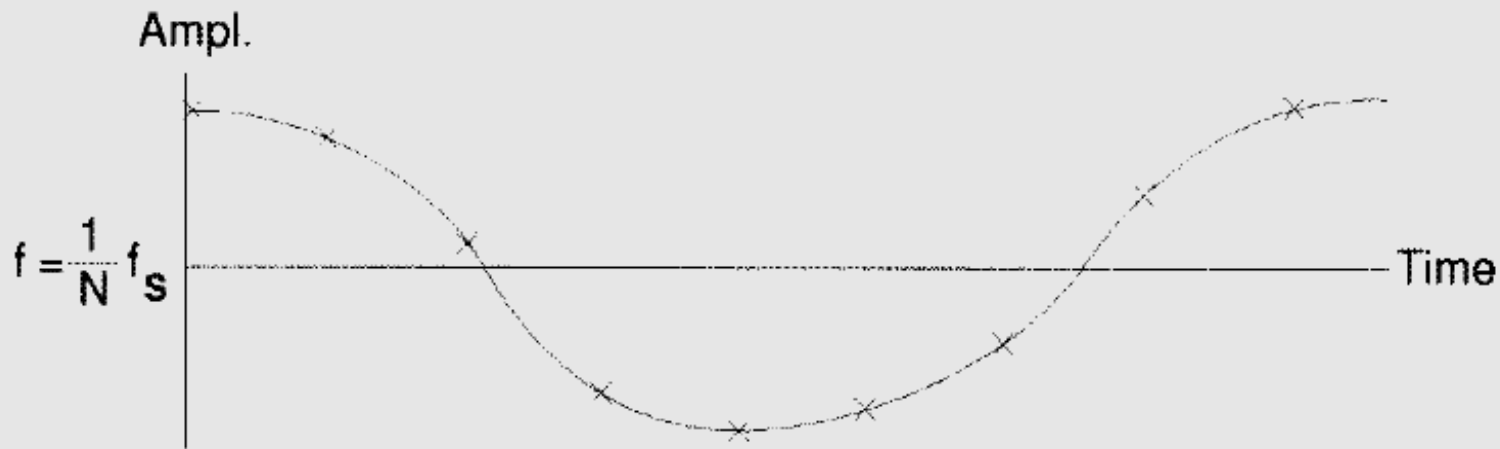
Błąd dynamiczny



Jeżeli podczas przetwarzania zmienia się wartość sygnału wejściowego, to Podczas przetwarzania przez przetworniki reagujące na wartość Chwilową sygnału powstaje błąd Dynamiczny, będący funkcją szybkości zmian przebiegu wejściowego i czasu przetwarzania.

Błąd aliasingu

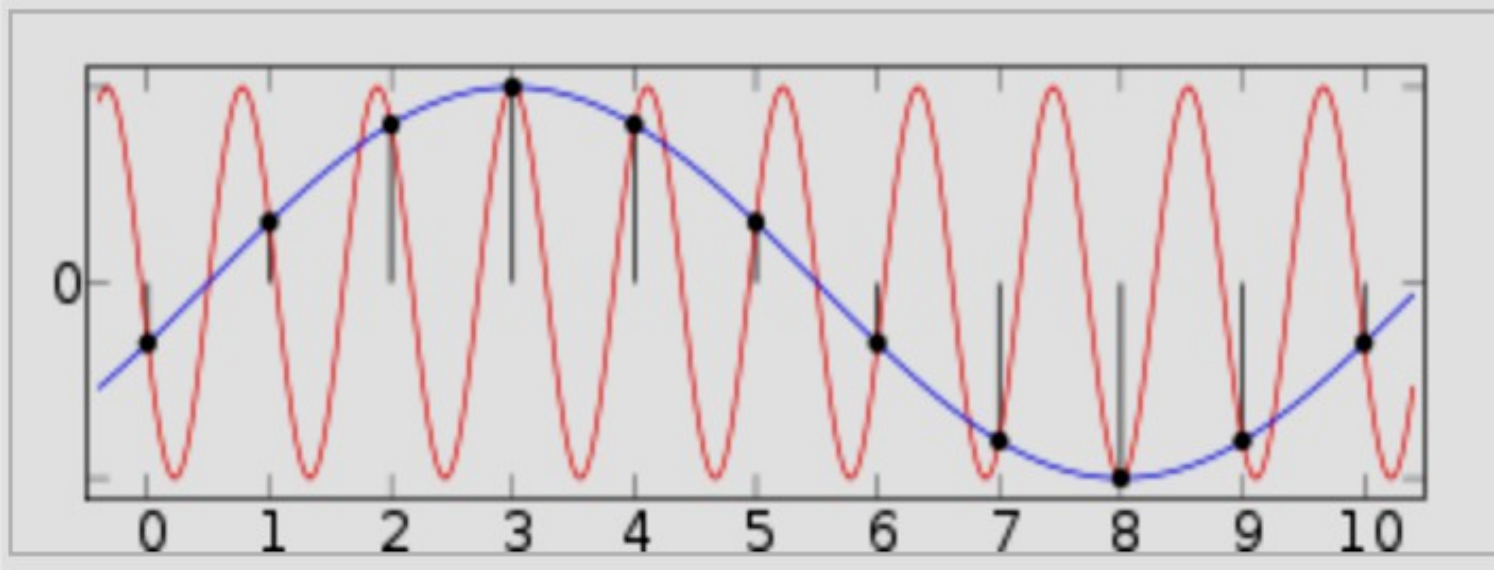
Błąd aliasingu nie jest błędem samego przetwornika, ale skutkiem błędnego doboru częstotliwości przetwarzania.



Minimalna częstotliwość przetwarzania powinna być dwa razy większa od maksymalnej częstotliwości harmoniczných obecnych w sygnale wejściowym.

Błąd aliasingu

By uniknąć aliasingu konieczne jest stosowanie wejściowych filtrów dolnoprzepustowych.



Zadanie może być bardzo ułatwione gdy zastosujemy zwiększoną częstotliwość przetwarzania, nadpróbkiwanie (oversampling).

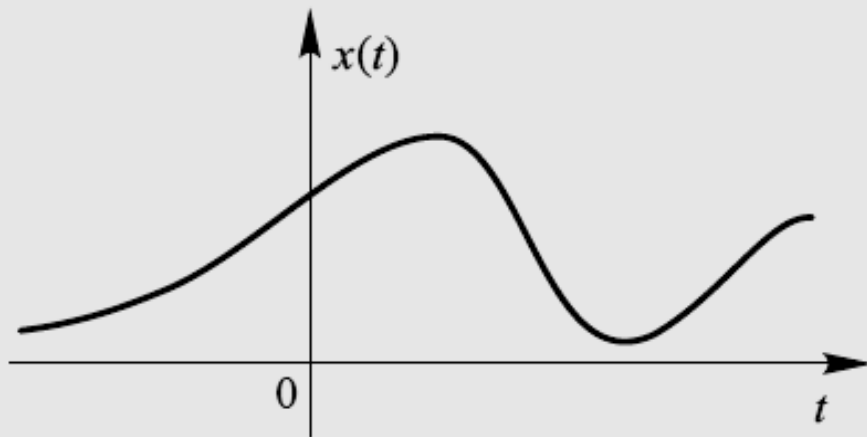
Klasyfikacja sygnałów

Kryterium jest związane ze zdolnością do przewidywania wartości Sygnału w dowolnej chwili t . Prowadzi ono podziału sygnałów na Deterministyczne i stochastyczne (losowe). Jeżeli w każdej chwili potrafimy przewidzieć wartość sygnału, a jego zachowanie opisać jednoznacznie formułą matematyczną, przedstawić za pomocą wykresu lub tablicy jego wartości, to sygnał uważamy za deterministyczny. Jeżeli prognozy takiej nie możemy dokonać, a znamy jedynie ogólne prawa statystyczne, według których sygnał ewoluuje w czasie, to traktujemy go jako losowy.

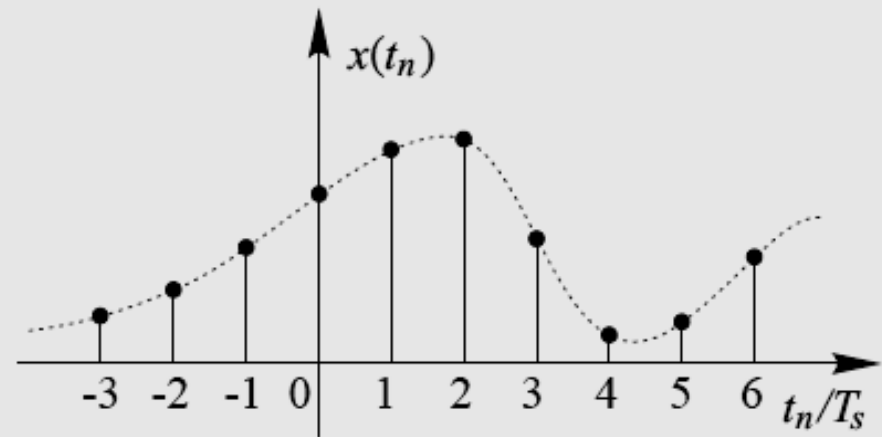
Klasyfikacja sygnałów

Ważna linia podziału sygnałów dotyczy dziedziny ich określoności. Sygnały określone w zbiorze ciągłym osi czasu są nazywane sygnałami ciągłymi w czasie lub krótko sygnałami ciągłymi (rys. 1.1). Najczęściej dziedziną takich sygnałów jest cała oś $(-1, 1)$, dodatnia półoś $[0, 1)$ lub odcinek $[t_1, t_2]$ osi czasu.

Sygnały określone w dyskretnym (przeliczalnym lub skończonym) zbiorze punktów osi czasu $(\dots, t_{-1}, t_0, t_1, t_2, \dots)$ i nieokreślone w pozostałych punktach są nazywane sygnałami dyskretnymi w czasie lub krótko sygnałami dyskretnymi (rys. 1.2).



Rys. 1.1. Sygnał ciągły w czasie



Rys. 1.2. Sygnał dyskretny w czasie

Parametry sygnałów

Najprostszymi charakterystykami sygnałów są ich parametry. Do najczęściej używanych należy: wartość średnia, energia oraz moc.

Wartość średnia analogowego impulsowego sygnału deterministycznego $x(t)$ określonego w przedziale $[t_1, t_2]$ jest całka z tego sygnału w przedziale $[t_1, t_2]$ odniesiona do szerokości tego przedziału:

$$\langle x \rangle = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} x(t) dt.$$

szczególnym przypadku, gdy sygnał o nieskończonym czasie trwania jest sygnałem okresowym o okresie T_0 , uśrednianie w czasie nieskończonym jest równoważne uśrednianiu za okres:

$$\langle x \rangle = \frac{1}{T_0} \int_{t_0}^{t_0+T_0} x(t) dt,$$

Energia analogowego sygnału deterministycznego $x(t)$ nazywamy wielkość:

$$E_x = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t) dt.$$

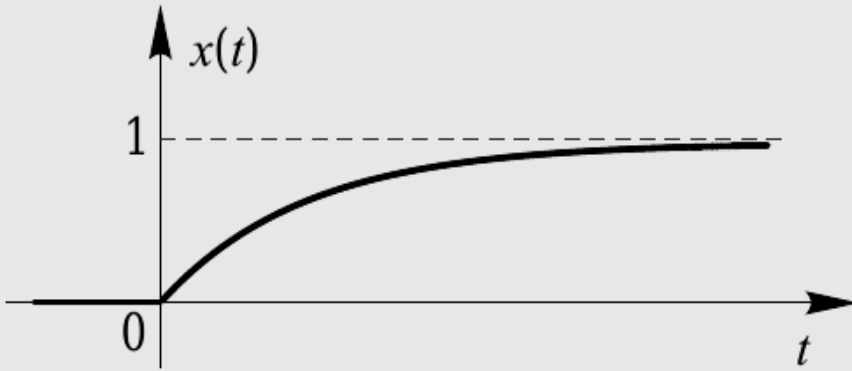
Mocą (średnią) analogowego sygnału deterministycznego $x(t)$ nazywamy wielkość graniczną:

$$P_x = \frac{1}{T_0} \int_{t_0}^{t_0+T_0} x^2(t) dt,$$

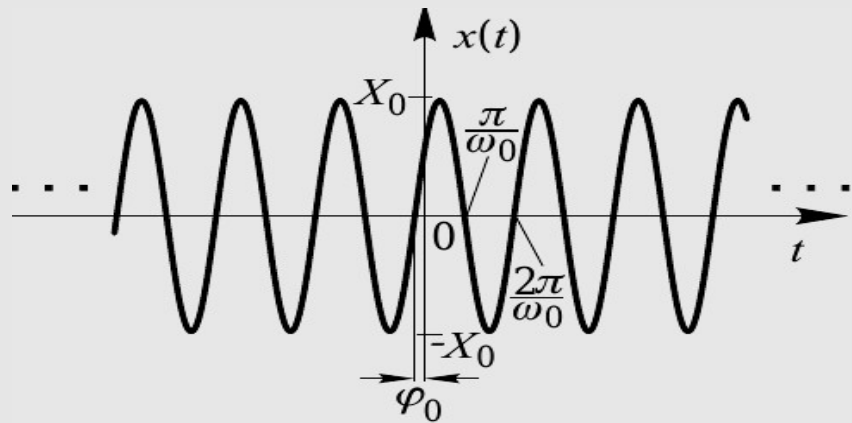
Wartością skuteczną sygnału jest nazywany pierwiastek z jego mocy.

$$x_{sk} = \sqrt{P_x}$$

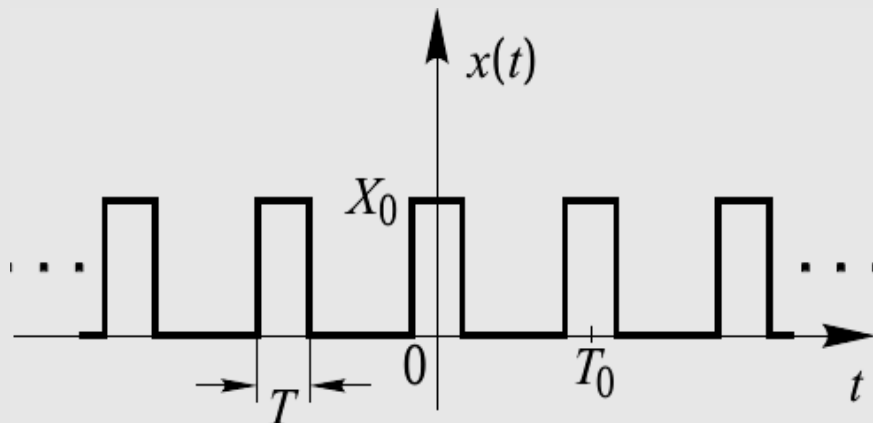
Przykłady typowych sygnałów



Sygnał wykładniczy narastający



Sygnał harmoniczny



Fala prostokątna unipolarna