



# Kompresja Informacji

## Część 2

Kodowanie przyrostowe (DPCM) - część I.  
Adaptacyjna modulacja delta (ADM), kodeki  
CFDM oraz CVSDM (2 h)

Robert Hossa, Katedra Teorii Sygnałów



# Kodowanie przyrostowe (DPCM - Differential PCM) - koncepcja

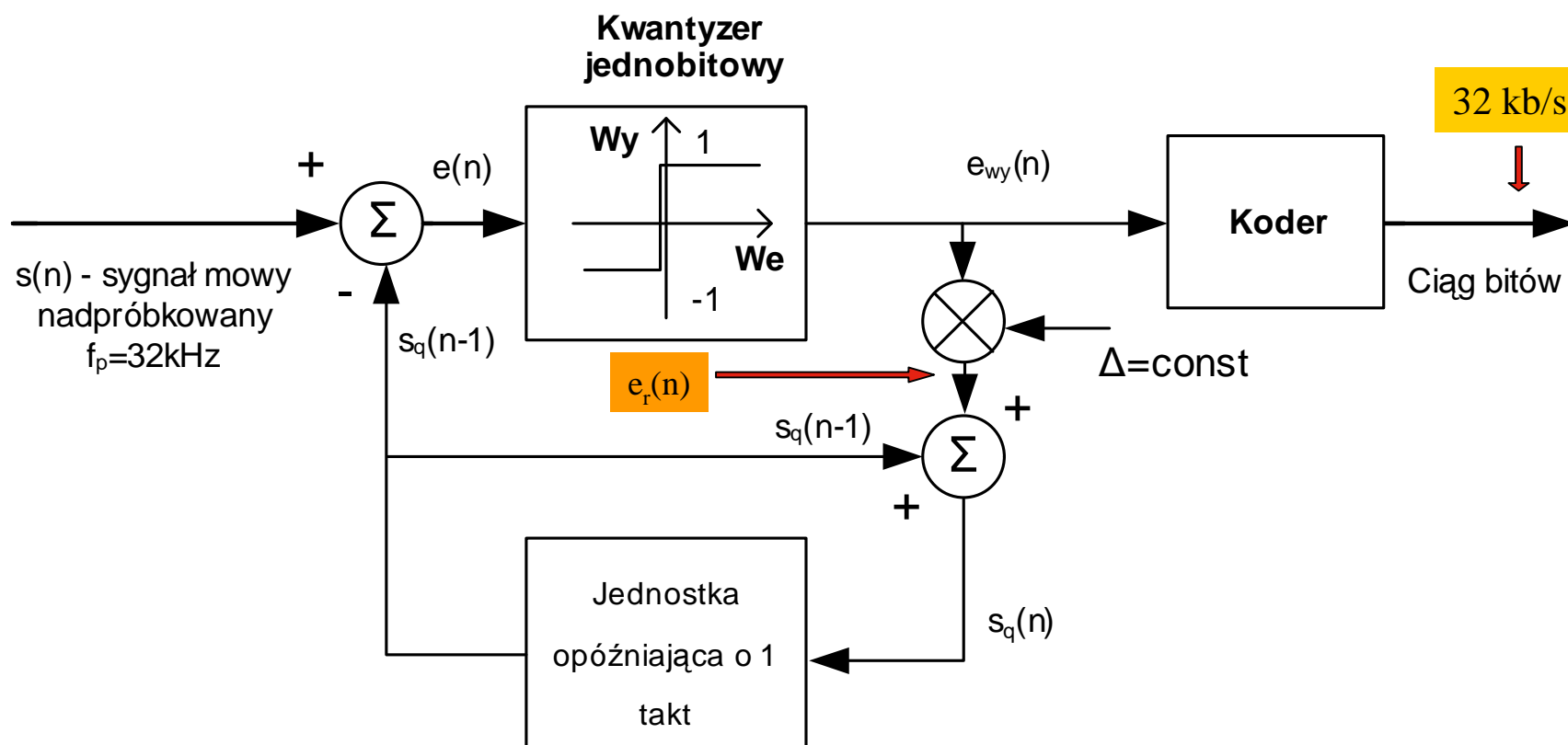
Przy niewielkiej szybkości zmian amplitudy sygnału źródłowego (np. sygnał mowy nadpróbkowany) warto rozważyć kodowanie jedynie przyrostów pomiędzy kolejnymi próbkami

W ten sposób unikamy kodowania nadmiarowej informacji (dużych wartości składowej stałej), co w efekcie prowadzi do redukcji bitowej reprezentacji dla kolejnych próbek sygnału oryginalnego.

Klasycznym przykładem praktycznej realizacji koncepcji kodowania przyrostowego jest Modulacja Delta (DM – Delta Modulation)



# Modulacja Delta - schemat kodera





# Modulacja Delta - opis matematyczny

## Opis matematyczny kodera

$$s(n) = s_q(n-1) + e(n) \quad \text{węzeł sumacyjny 1}$$

$$e_{wy}(n) = e(n) + q(n) \quad \text{kwantyzator jednobitowy}$$

$$e_r(n) = \Delta \cdot e_{wy}(n) \quad \text{człon mnożący}$$

$$s_q(n) = e_r(n) + s_q(n-1) \quad \text{węzeł sumacyjny 2}$$



# Modulacja Delta - reguła akumulatora,

Równania węzła sumacyjnego 2 oraz członu mnożącego pozwalają zapisać

$$s_q(n) = e_r(n) + s_q(n-1) = \underbrace{\Delta \cdot e_{wy}(n)}_{e_r(n)} + s_q(n-1)$$

Podsumowanie

$$s_q(n) = s_q(n-1) + \Delta \cdot e_{wy}(n)$$

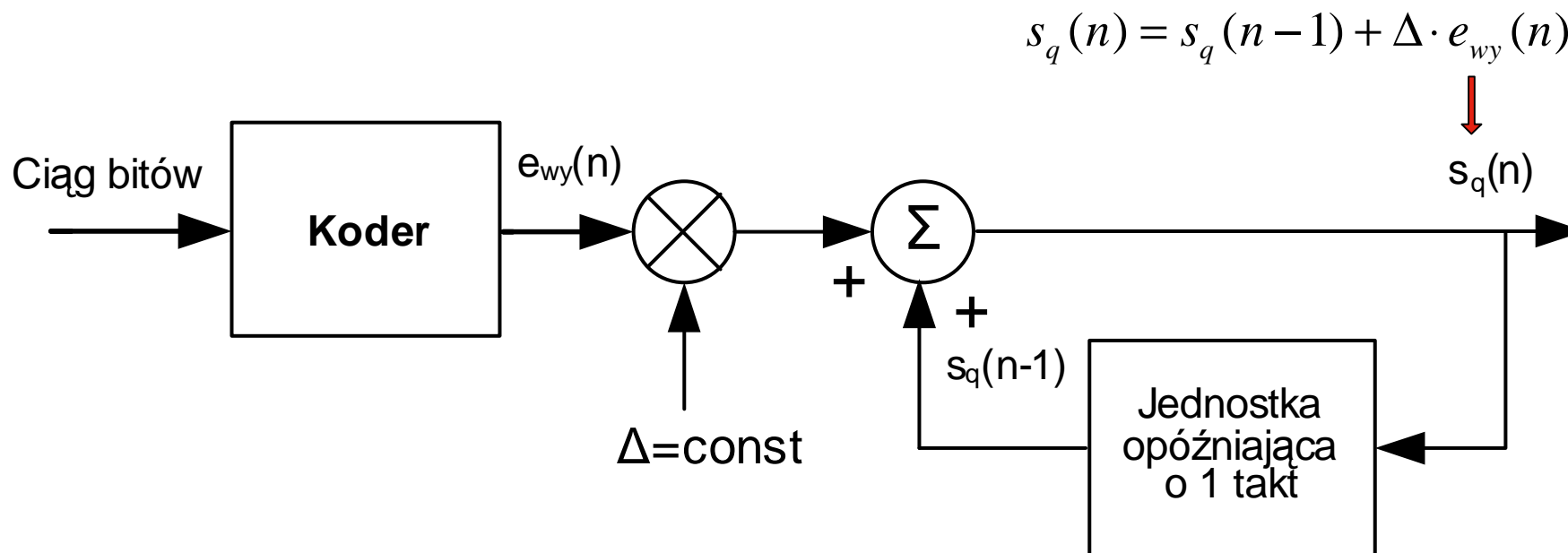


Reguła akumulatora – sposób rekonstrukcji sygnału w dekodерze, sygnał odtwarzany może się zmieniać z taktu na takt o wartość  $\pm\Delta$



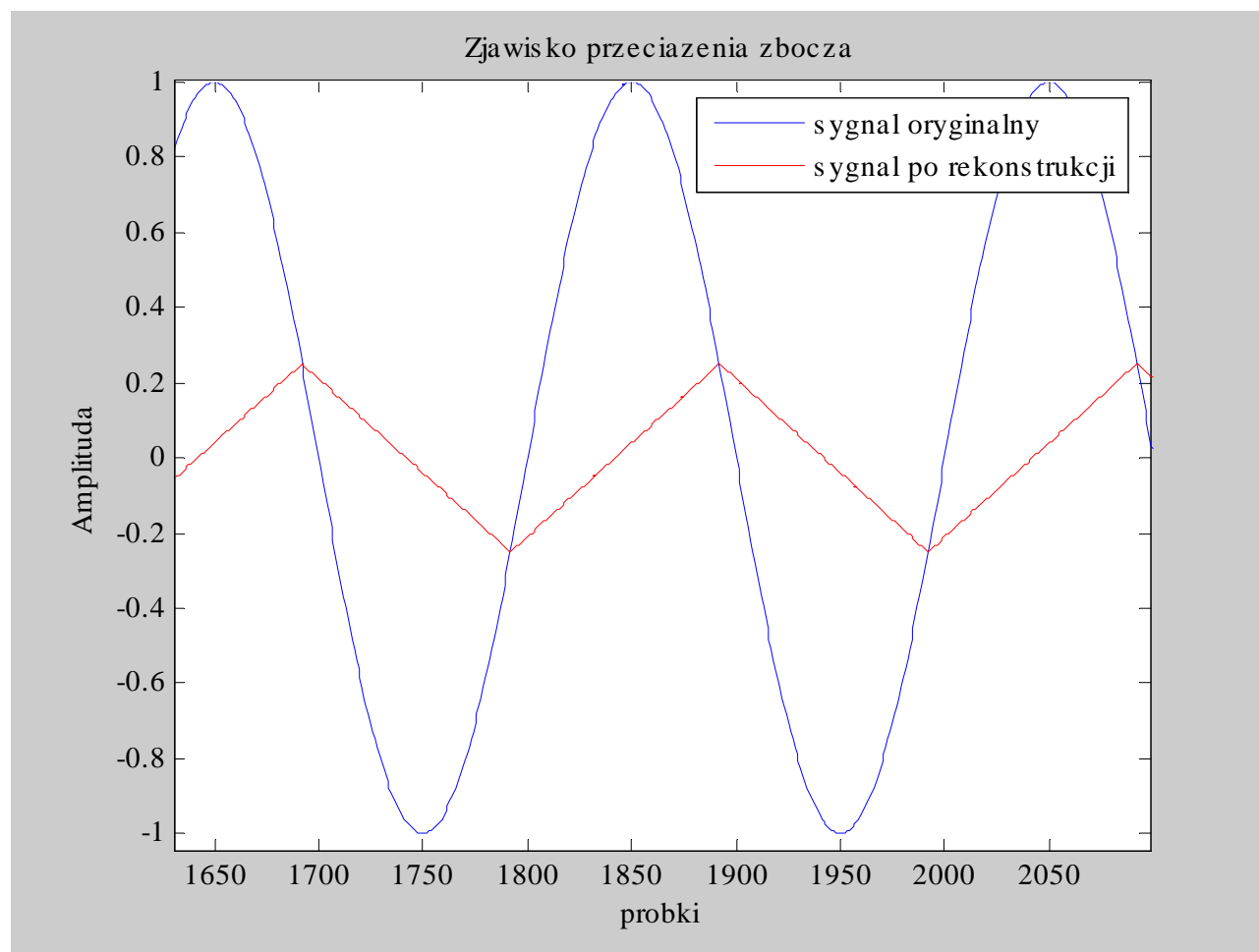
# Modulacja Delta -schemat dekodera

Reguła akumulatora – rekonstrukcja sygnału w dekodерze



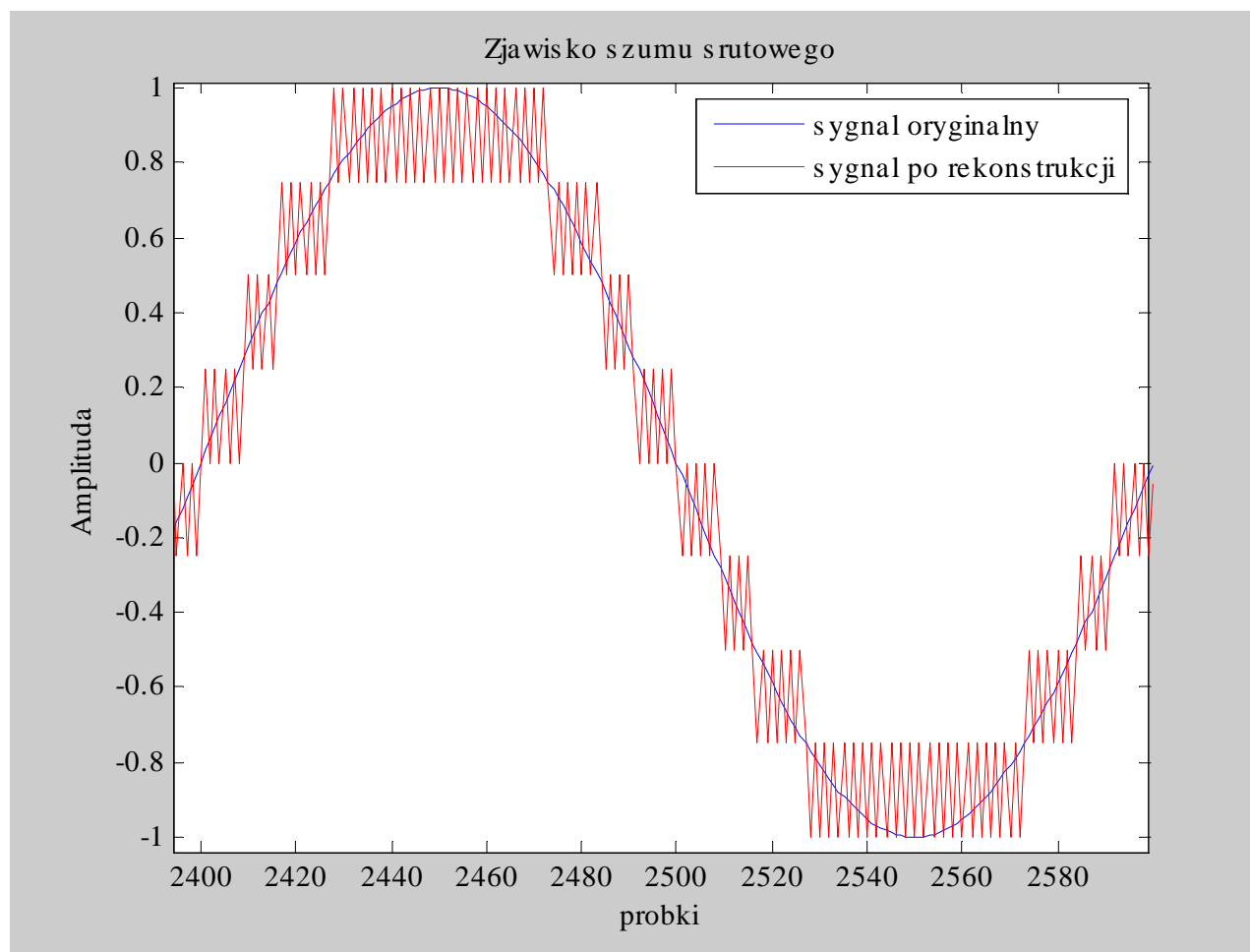


# Niepożądane zjawiska w działaniu kodera - efekt przeciążenia zbocza





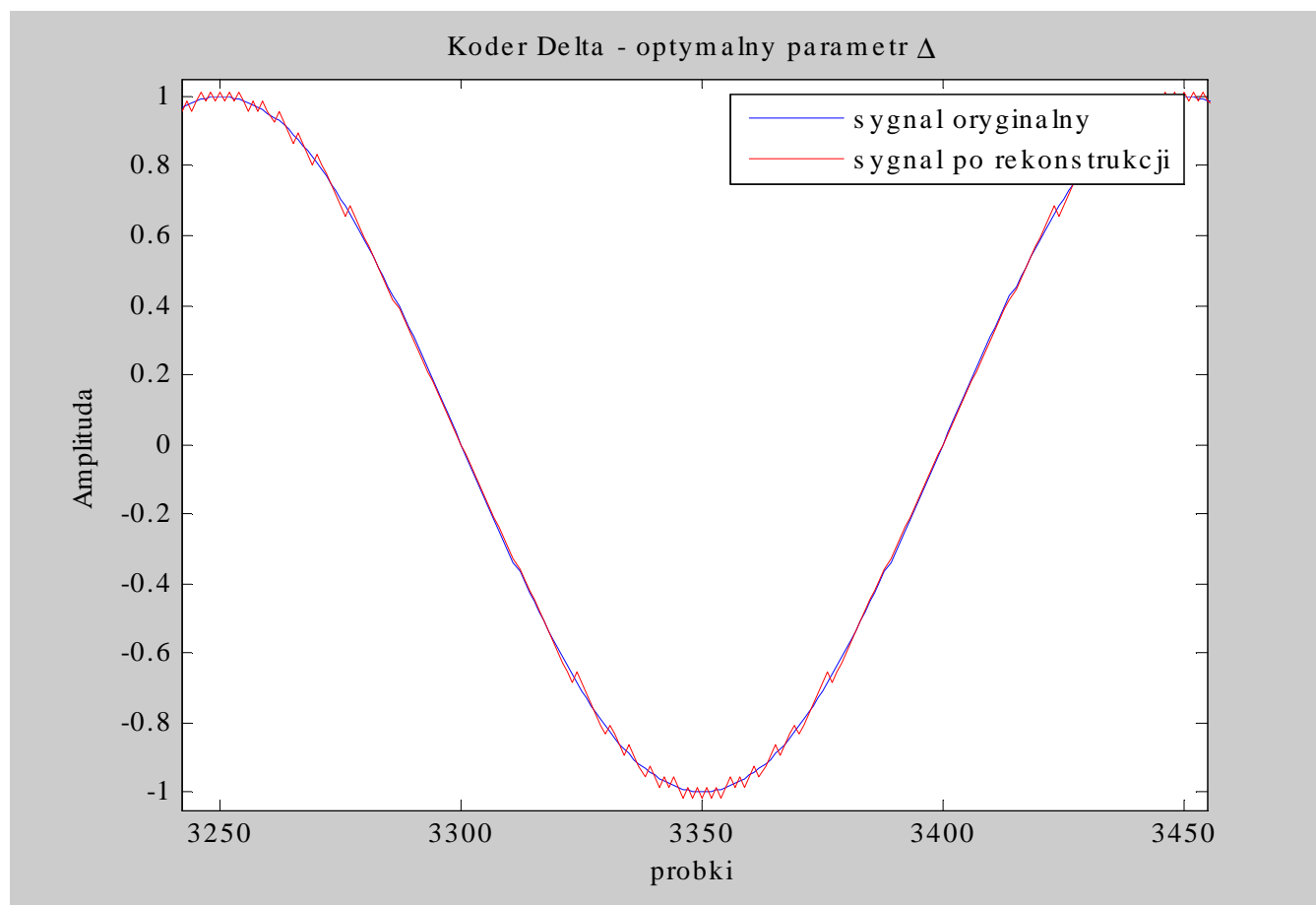
# Niepożądane zjawiska w działaniu kodera - efekt szumu śrutowego







# Koder Delta - działanie przy optymalnej wartości parametru $\Delta$





# Adaptacyjna Modulacja Delta (ADM - Adaptive Delta Modulation)

## Sposoby uniknięcia zjawisk niepożądanych w działaniu Koder Delta

duży stopień nadpróbkowania sygnału (zmniejszenie niepożądanych dużych zmian w kolejnych próbkach sygnału, wolnozmiennność)

adaptacyjna formuła zmian parametru  $\Delta$  – uzmiennienie w czasie wartości parametru skoku w zależności od dynamiki sygnału

Istnieje wiele różnych reguł aktualizacji parametru  $\Delta$ . Najpopularniejszą z nich jest poniższa formuła

$$\Delta(n) = \Delta(n-1) K^{e_{wy}(n)e_{wy}(n-1)}, \quad \Delta(0) > 0, \quad K > 1$$



nowa  
wartość



poprzednia  
wartość



# Adaptacyjna Modulacja Delta - analiza poprawności działania algorytmu

$$\Delta(n) = \Delta(n-1) K^{e_{wy}(n)e_{wy}(n-1)}, \quad \Delta(0) > 0, \quad K > 1$$

## 1. Dla przypadków

$$e_{wy}(n) > 0 \text{ i } e_{wy}(n-1) > 0$$

Sygnał oryginalny  $s(n)$  ma zbyt szybko narastające zbocze

$$e_{wy}(n) < 0 \text{ i } e_{wy}(n-1) < 0$$

Sygnał oryginalny  $s(n)$  ma zbyt szybko opadające zbocze

wartość parametru  $\Delta$  jest za mała i należy ją zwiększyć. Jak łatwo zauważyć, w obu nadmienionych powyżej sytuacjach mamy spełniony warunek:

$$e_{wy}(n) e_{wy}(n-1) = 1$$

a zatem nastąpi aktualizacja postaci

$$\Delta(n) = \Delta(n-1) K^1 > \Delta(n-1) \quad \text{czyli wartość parametru } \Delta \text{ wzrasta, zachowując się w sposób przez nas pożądanym}$$



# Adaptacyjna Modulacja Delta - analiza poprawności działania algorytmu

$$\Delta(n) = \Delta(n-1) K^{e_{wy}(n)e_{wy}(n-1)}, \quad \Delta(0) > 0, \quad K > 1$$

## 2. Dla przypadków

$$e_{wy}(n) > 0 \text{ i } e_{wy}(n-1) < 0$$

$$e_{wy}(n) < 0 \text{ i } e_{wy}(n-1) > 0$$

Sygnał oryginalny  $s(n)$  ma charakter wolnozmienny

wartość parametru  $\Delta$  jest zbyt duża i należy ją zmniejszyć.

Jak łatwo zauważyć, w obu rozpatrywanych sytuacjach mamy tym razem spełniony warunek

$$e_{wy}(n) e_{wy}(n-1) = -1$$

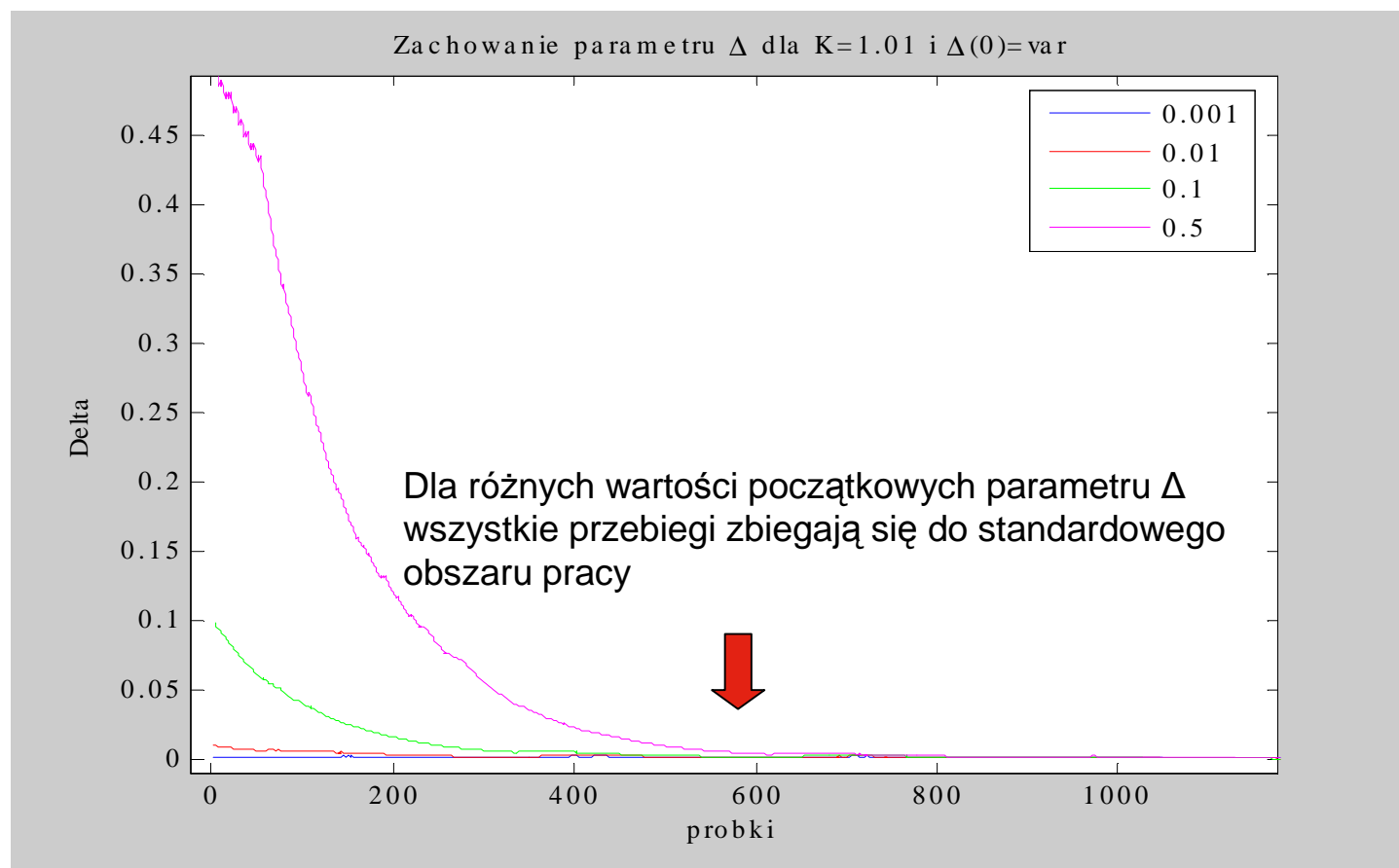
a zatem nastąpi aktualizacja postaci

$$\Delta(n) = \Delta(n-1) K^{-1} < \Delta(n-1)$$

czyli wartość parametru  $\Delta$  maleje, zachowując się ponownie w sposób przez nas pożądany

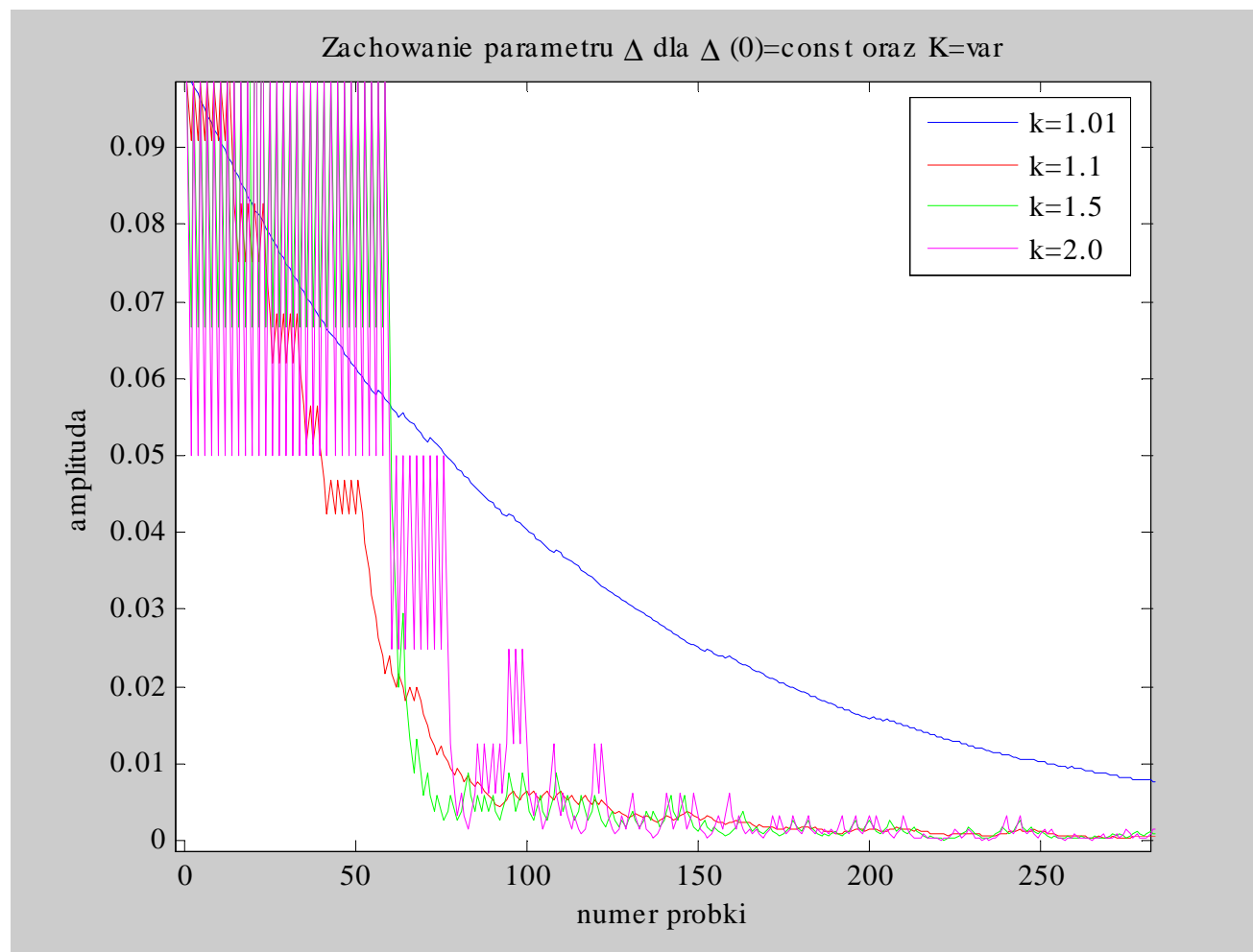


# Adaptacyjna Modulacja Delta - przykładowe zmiany parametru $\Delta$



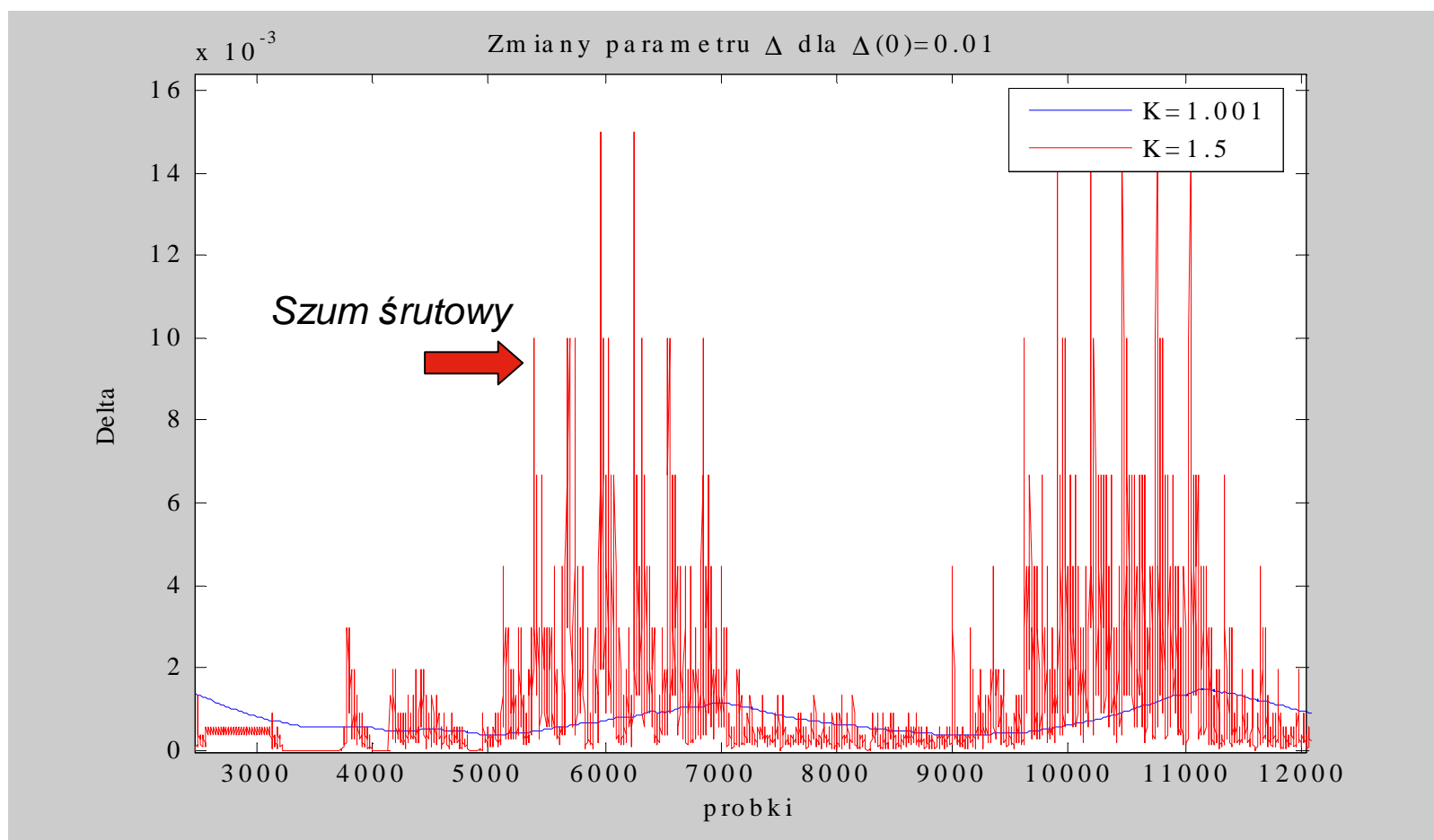


# Adaptacyjna Modulacja Delta - przykładowe zmiany parametru $\Delta$





# Adaptacyjna Modulacja Delta - przykładowe zmiany parametru $\Delta$





# Adaptacyjna Modulacja Delta - alternatywna postać formuły aktualizacji $\Delta$

Klasyczną postać formuły adaptacji

$$\Delta(n) = \Delta(n-1) K^{e_{wy}(n)e_{wy}(n-1)}, \quad \Delta(0) > 0, \quad K > 1$$

można zapisać w innej równoważnej postaci

$$\Delta(n+1) = \Delta(n) M(n), \quad \text{gdzie} \quad M(n) = \begin{cases} K & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1); \\ 1/K & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1). \end{cases}$$

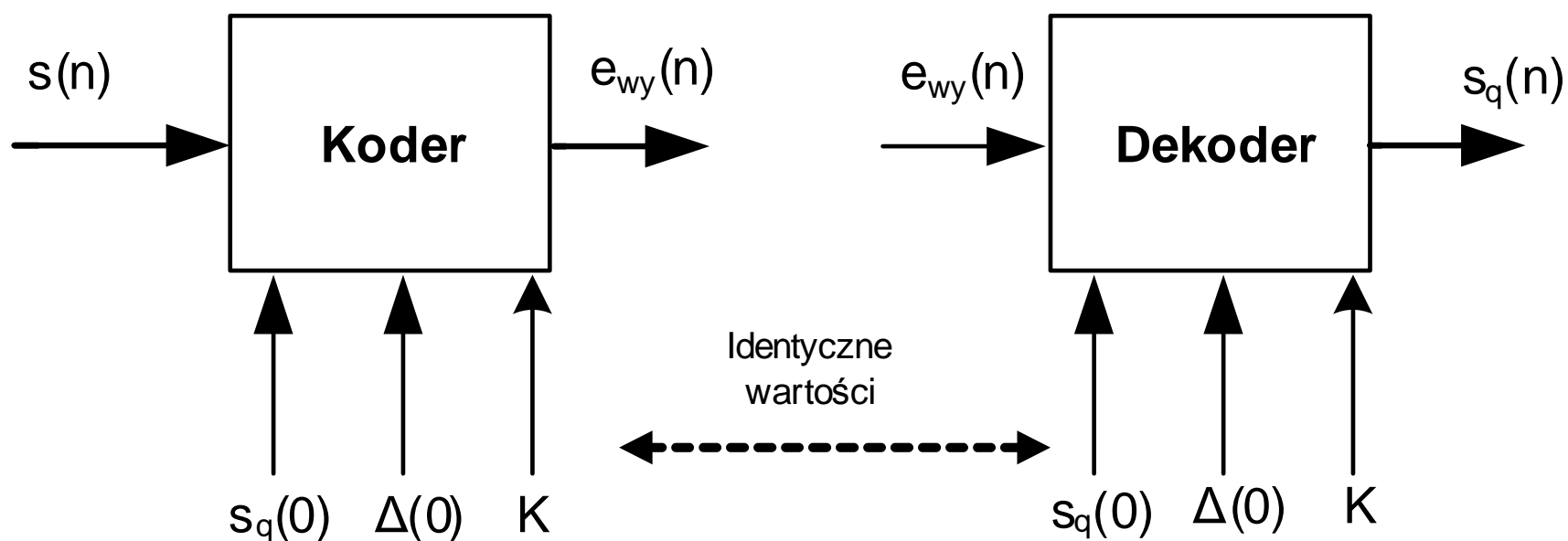
Kod Matlab – 1 porównanie

```
if e_wy(n)==e_wy(n-1)
    M=K;
else
    M=1/K;
end;
delta=delta*M;
```





# Adaptacyjna Modulacja Delta - koncepcja transmisji danych



$$\Delta(n) = \Delta(n-1) K^{e_{wy}(n) e_{wy}(n-1)}, \quad \Delta(0) > 0, \quad K > 1$$

$$s_q(n) = s_q(n-1) + \Delta(n) \cdot e_{wy}(n)$$



# Kodek CFDM - Constant Factor Delta Modulation

Reguła aktualizacji wartości parametru  $\Delta$  (rozwinięta forma formuły ADM)

$$\Delta(n+1) = \Delta(n) M(n), \quad \text{gdzie}$$

$$M(n) = \begin{cases} 0.5 & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1) \quad i \quad e_{wy}(n-1) \neq e_{wy}(n-2); \\ 0.66 & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1) \quad i \quad e_{wy}(n-1) = e_{wy}(n-2); \\ 1.5 & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1) \quad i \quad e_{wy}(n-1) \neq e_{wy}(n-2); \\ 2.0 & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1) \quad i \quad e_{wy}(n-1) = e_{wy}(n-2). \end{cases}$$



# Kodek CFDM - Constant Factor Delta Modulation

$$M(n) = \begin{cases} 0.5 & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1) \quad i \quad e_{wy}(n-1) \neq e_{wy}(n-2); \\ 0.66 & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1) \quad i \quad e_{wy}(n-1) = e_{wy}(n-2); \\ 1.5 & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1) \quad i \quad e_{wy}(n-1) \neq e_{wy}(n-2); \\ 2.0 & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1) \quad i \quad e_{wy}(n-1) = e_{wy}(n-2). \end{cases}$$

## Analiza formuły aktualizacji parametru $\Delta$ :

w wierszu 1 mamy podwojony warunek ( $K=2$ ) dla szumu śrutowego,

w ostatnim wierszu jest podwojony warunek ( $1/K=2$ ) przeciążenia zbocza,

warunek 2 jest ostrożnym krokiem ( $K=2/3$ ) w warunkach niepewności co do zaistnienia faktu przejścia układu w stronę zjawiska szumu śrutowego,

warunek 3 jest ostrożnym krokiem ( $(1/K)=3/2$ ) w warunkach niepewności co do zaistnienia zdarzenia przejścia układu w stronę zjawiska przeciążenia zbocza.



# Kodek CFDM - reguła aktualizacji parametru $\Delta$

Kod Matlab – 2 porównania

```
if e_wy(n)==e_wy(n-1)
    if e_wy(n-1)==e_wy(n-2)
        M=2.0;
    else
        M=1.5;
    end;
else
    if e_wy(n-1)==e_wy(n-2)
        M=0.66;
    else
        M=0.5;
    end;
end;
delta=delta*M;
```



# Kodek CVSDM - Continuously Variable Slope Delta Modulation

Kodek CVSDM – przykładowe zastosowania praktyczne



MOTOROLA SECURE NET – 12kb/s



MILITARY DIGITAL PHONES – 16kb/s

Reguła aktualizacji wartości parametru  $\Delta$

$$\Delta(n+1) = \beta \Delta(n) + \alpha(n) \cdot \Delta_c, \quad \beta = 1 - (1/\gamma), \quad \gamma > 1$$



współczynnik zapominania

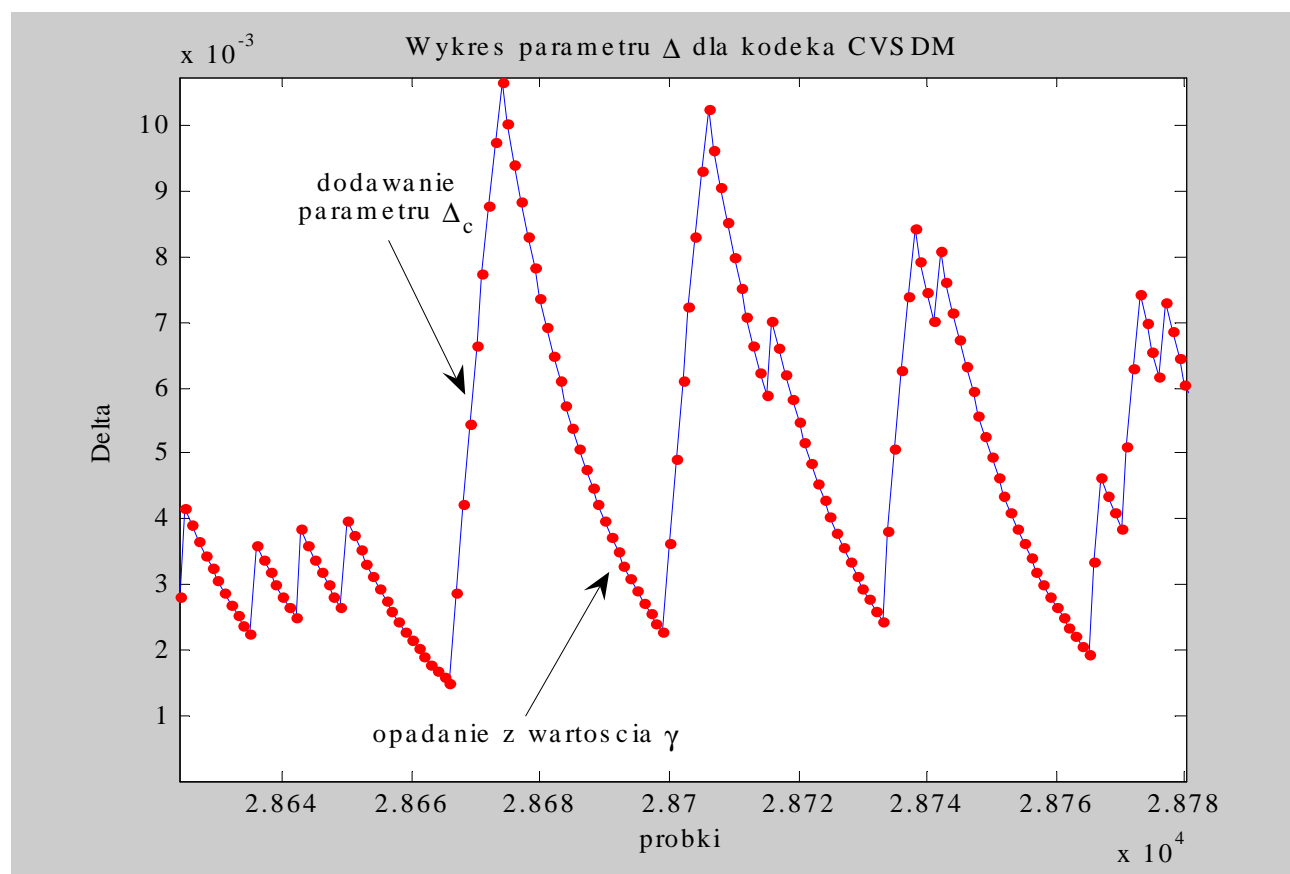
$$\alpha(n) = \begin{cases} 1 & J \text{ z } K \text{ znaków były takie same;} \\ 0 & \text{w przypadku przeciwnym.} \end{cases}$$



Typowe wartości:  
 $J = 3, K = 3$

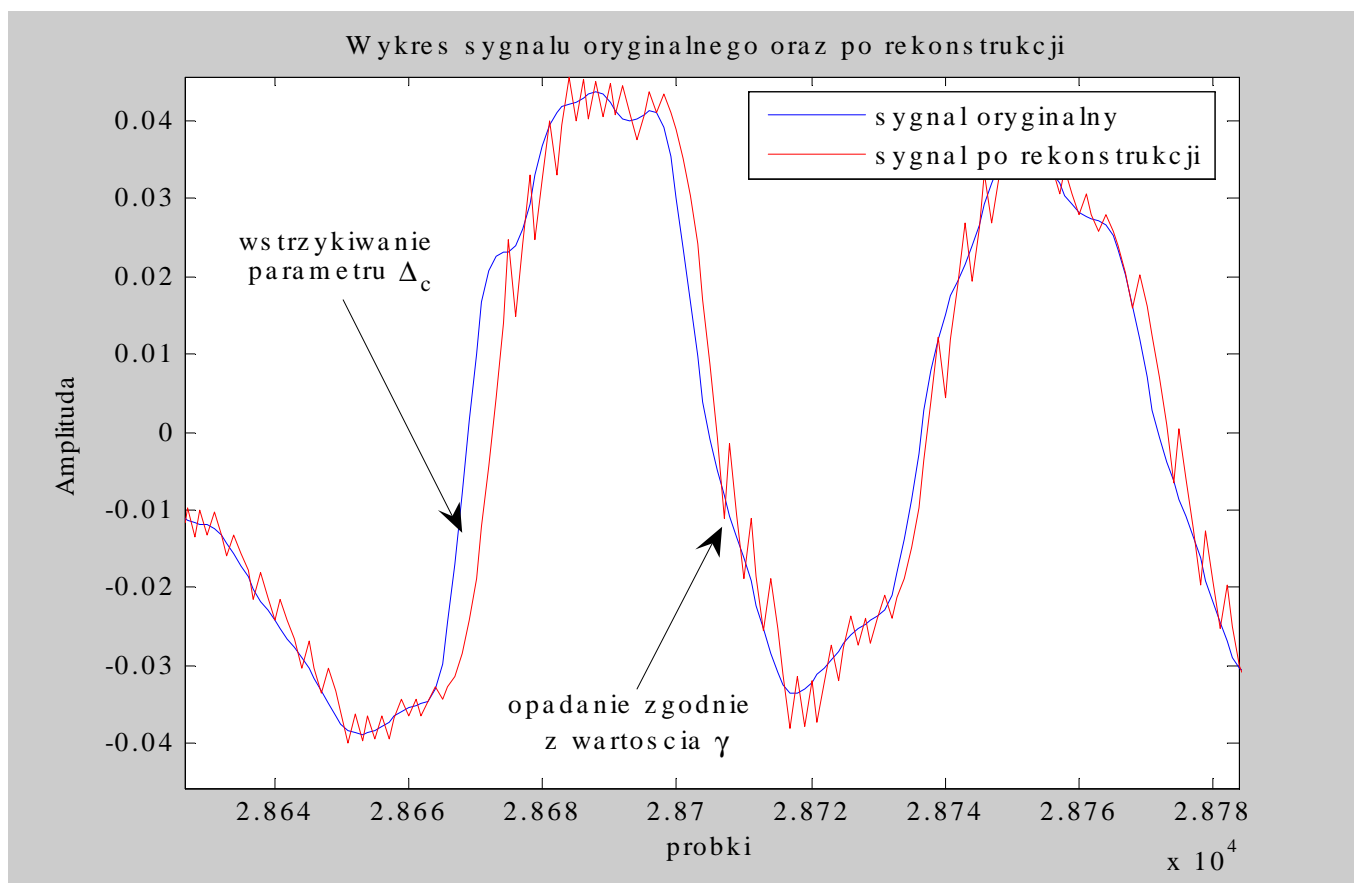


# Kodek CVSDM - analiza przykładowego przebiegu dla parametru $\Delta$





# Kodek CVSDM - analiza przykładowego przebiegu dla sygnału oryginalnego i po rekonstrukcji





# Adaptacyjna Modulacja Delta ze stopniem pamięciowości 3 - propozycja własna

$$M(n) = \begin{cases} 1/2 & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1), e_{wy}(n-1) \neq e_{wy}(n-2) \text{ i } e_{wy}(n-2) \neq e_{wy}(n-3); \\ 2/3 & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1), e_{wy}(n-1) \neq e_{wy}(n-2) \text{ i } e_{wy}(n-2) = e_{wy}(n-3); \\ 3/4 & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1), e_{wy}(n-1) = e_{wy}(n-2) \text{ i } e_{wy}(n-2) \neq e_{wy}(n-3); \\ 4/5 & \text{dla } e_{wy}(n) \neq e_{wy}(n-1), e_{wy}(n-1) = e_{wy}(n-2) \text{ i } e_{wy}(n-2) = e_{wy}(n-3); \\ 5/4 & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1), e_{wy}(n-1) \neq e_{wy}(n-2) \text{ i } e_{wy}(n-2) \neq e_{wy}(n-3); \\ 4/3 & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1), e_{wy}(n-1) \neq e_{wy}(n-2) \text{ i } e_{wy}(n-2) = e_{wy}(n-3); \\ 3/2 & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1), e_{wy}(n-1) = e_{wy}(n-2) \text{ i } e_{wy}(n-2) \neq e_{wy}(n-3); \\ 2/1 & \text{dla } e_{wy}(n) = e_{wy}(n-1), e_{wy}(n-1) = e_{wy}(n-2) \text{ i } e_{wy}(n-2) = e_{wy}(n-3); \end{cases}$$





Politechnika Wroclawska

