

## DEMODULACJA DRGAŃ MASZYN PRZY ZMIANACH PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

Piotr KRZYWORZEKA

Katedra mechaniki i Wibroakustyki AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, krzyworz@agh.edu.pl

### Streszczenie

Jak wewnętrzna skala czasu wpływa na działanie demodulatora kąta?. Czy liniowa aproksymacja monotonicznych zmian cyklu nośnego może poprawić odtwarzanie nieznanego niskoenergetycznego sygnału modulującego obserwowalne procesy drganiowe maszyny? Autor podejmuje próbę odpowiedzi wykorzystując jako demodulator pętlę synchronizacji fazy PLL. Badania symulacyjne przeprowadzane dla założonego modelu fazy wskazują potencjalnie duże możliwości rozpoznania i selekcji składowej informacyjnej. Przynajmniej, jeśli chodzi o wartość skuteczną i harmonikę prędkości obrotowej, obciążenia estymat wyjściowych okazują się akceptowalne.

Słowa kluczowe: diagnostyka, decymacja, demodulacja, synchronizm.

### MACHINE VIBRATIONS DEMODULATION – CASE OF VARIABLE ROTATION SPEED

#### Summary

Taking into account some particularities of machine modulation the paper is concerned with the possibility of Phase-locked Loop (PLL) output biasing elimination. Especially rotating speed fluctuations or trend can affect demodulation procedure. Proposed time scale transformation aims to reduce demodulation error due to monotonic trend of carrier frequency. VCO clock is now controlled by short time mean cycle of reference rotation speed, supposed carrier. Some simulated examples are discussed.

Key words: diagnostics, decimation, demodulation, synchronism.

## 1. ZEGARY UŻYTECZNE

### Nie ma jednego czasu

Lokalne i globalne skale czasu wyznaczane są przez ciągi zdarzeń referencyjnych – zegary  $\odot$ . Rola zegara, to generowanie zdarzeń porządkujących, organizujących inne ciągi zdarzeń. Regularny i nieregularny bieg czasu zależy od wyboru zegara, stąd celowym bywa poszukiwanie zegara reprezentatywnego dla pewnego podzbioru zdarzeń np. procesu wibroakustycznego zawierającego informacje diagnostycznie cenną.

### Celowość zmiany

Skala czasu, w której:

- opis zmienności staje się prostszy,
- zachowane są istotne cechy zmienności informacyjnej,
- zmienność nieinformacyjna ulega redukcji,

może ułatwiać diagnozowanie w zmiennych warunkach pracy. Może, ale nie musi. W każdym przypadku coś się zyskuje i coś traci. Stopień złożoności realizacji praktycznej, wrażliwość metody na wybór odpowiednich parametrów konwersji, elastyczność w dopasowaniu do obiektu – wreszcie określenie, co w danym przypadku jest poszukiwana zmiennością informacyjną,

rozstrzygną o użyteczności proponowanej skali czasu.

## 2. CZAS CYKLU

Rozważmy obiekty, w których ma miejsce powtarzanie oddziaływań elementów, lub mediów w ruchu. Sekwencja wybranego ciągu zdarzeń realizacji celu podstawowego [4, 6], powtarza się w interwałach czasowych określanych mianem cyklu chwilowego  $\Theta_k$ . Kolejne realizacje  $\Theta_k$  nie są identyczne nawet w dobrym stanie technicznym i ustalonych warunkach pracy maszyny, (stąd ruch cykliczny nie stanowi tu synonimu okresowego).

Ruch cykliczny stwarza interesującą możliwość wyróżnienia oprócz upływających według rytmu zegara uniwersalnego czasów eksploatacyjnego  $\mathcal{S}$  i dynamicznego  $t$ , różniących się jedynie mnożnikiem skali, także trzeciej kategorii – skali czasu względnego ‘.’, którego rytm wyznacza cykl  $\Theta$  – interwał czasowy kolejnych sekwencji. [8] Łączy go z czasem dynamicznym  $t$  zależność aproksymowana formułą (1).

$$\eta = n - 1 + \frac{t - \sum_{j=1}^{n-1} \Theta_j}{\Theta_n} \quad (1)$$

Dla przedziału  $T$  03, 2001 obejmującego  $1, \dots, n, \dots, M$  cykli:  $\eta \in [0, mM]$ ,  $t \in [0, T]$ ,  $m$  – ilość rozróżnialnych momentów cyklu.

Zastąpienie w formule transformacji (1) cyklu chwilowego  $\Theta$  przez jego charakterystykę  $\varphi_k(\Theta)$  może ułatwić adaptację skali 'η' dla danej kategorii metod odtwarzania zmienności wartościowej (por. rys. 3.. b. i c.). Zależność (1) przyjmuje wówczas postać (2)

$$\eta = n - 1 + \frac{t - \sum_{k=1}^{n-1} \varphi_k(\Theta)}{\varphi_k(\Theta)} \quad (2)$$

Jeśli  $\varphi_k(\Theta)$  reprezentuje operacje uśredniania, ma miejsce aproksymacja skali cyklu chwilowego, realizująca:

- dla uśredniania przedziałowego przybliżenie łamaną;
- dla średniej ruchomej wygładzanie.

Zasadę tworzenia skali 'η(Θ)' z aproksymacją liniową w obrębie  $\Theta_k$  przedstawia rys.1.

Warto zauważyć, że liczba obserwowalnych momentów η jest w praktyce skończona. Jej

zwiększanie, nie zawsze uzasadnione rzeczywistością, potrzebą, utrudnia pomiar i przetwarzanie jego wyników. Potwierdzają to m.in. eksperymenty autora [8].

Zatem rozważanie ciągłej natury η droga interpolacji nie wydaje się celowe, choć teoretycznie możliwe, jeśli cykl chwilowy, lub jego charakterystykę φ opisuje funkcja Γ(t) ciągła w przedziale obserwacji T zgodnie z równaniem (3)

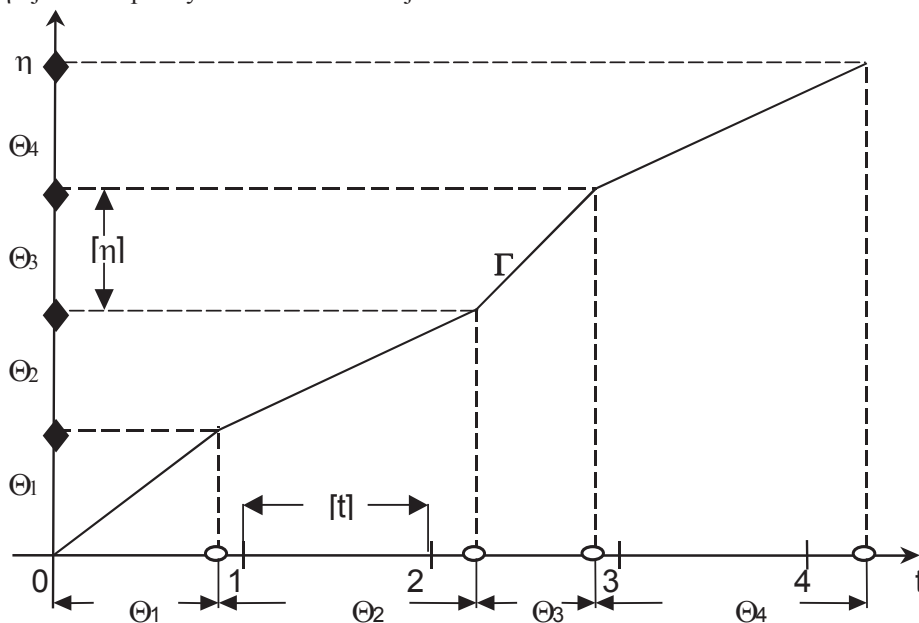
$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{1}{\Gamma(t)} \quad (3)$$

Zasadę tworzenia skali 'η(Θ)' z aproksymacją liniową w obrębie  $\Theta_k$  przedstawia rys.1.

Na osi rzędnych równe interwały odpowiadające charakterystykom  $\varphi_k(\Theta)$  stają się referencyjne dla zegara 'η' odpowiadając np. jego „sekundom” bądź ich wielokrotnościom.

Krzywa konwersji Γ może być w przedziale T sklejka funkcji  $\varphi_k$  (na rys. 2.1. łamaną). Jeśli:

$$\varphi_k(\Theta) = \varphi(\Theta) \text{ dla każdego } k, \text{ to } \varphi = \Gamma$$



Rys. 1. Graficzna interpretacja konwersji skali czasu 't' ⇒ 'η'

Warte zainteresowania okazują się dwa przypadki:

Gdy  $\varphi(\Theta)$  odpowiada cyklowi chwilowemu  $\Theta$ , opis sygnału w dziedzinie częstotliwości przedstawia widmo rzędów wykorzystywane również w diagnozowaniu [12].

Widma rzędów cechuje dobra rozdzielczość i dynamika. Ich estymacja natomiast wymaga złożonych obliczeń i precyzyjnego pomiaru fazy (położenia) [ibidem]. Ponadto w tak zdefiniowanej skali 'η' tracona jest informacja o fluktuacjach cyklu, które mogą być wynikiem modulacji drgań

przez dynamiczne procesy resztkowe, cenne źródło wczesnej informacji diagnostycznej.

Niedogodności powyższej pozwala w wielu przypadkach uniknąć liniowa aproksymacja monotonicznych zmian cyklu. Wówczas w przedziale T:

$$\varphi(t) = \Theta_{ref} \left( 1 + \frac{\Delta_{\Theta}}{\Theta_{ref}} t \right). \quad (4)$$

### 3. DEMODULACJA KĄTA DRGAŃ MASZYN CYKLICZNYCH

#### 3.1. Trudności

Wiele badań szczegółowych [1,2,3] wskazuje na występowanie modulacji kąta i jej impulsowej wersji PPM już we wczesnych stadiach ewolucji uszkodzeń, natomiast dopiero zaawansowane zużycie (np. ciernie i luz dla przekładni) dają zauważalny ogólny wzrost mocy widma całego sygnału drgań [10]. Nie wnikając w szczegóły, w każdym przypadku rezultaty demodulacji mogą stanowić wiarygodną bazę oceny stanu technicznego 4), jedynie wówczas, jeśli jej procedura PDSM będzie estymatorem nieobciążonym] i to w różnych stanach eksploatacyjnych.

Jednakże, jeśli prędkość obrotowa, a zatem i częstotliwość nośna nie są stałe, nieskuteczne okazują się metody demodulacji kąta opracowane i optymalizowane dla sygnałów nośnych określonej formy i stałej częstotliwości. Źródeł obciążenia należy szukać w odtwarzaniu niewłaściwych składowych fazy chwilowej –  $\text{Arg}[y(t)]$ .

#### 3.2. Pętla synchronizacji fazy PLL

Potencjalnie duże możliwości adaptacji do specyficznych wymagań PDSM prezentuje układ śledzący fazę (*Tracking filter*), znany jako pętla synchronizacji fazy PLL, powszechnie od lat stosowany w telekomunikacji i technice pomiarowej przede wszystkim dla różnego rodzaju demodulacji *on-line*. Pomijając obszernie opisywaną zasadę działania układu PLL i analizę jego dynamiki [1,3,9,13] warto rozważyć wpływ sposobu odtwarzania przez podukład zwany tradycyjnie VCO, chwilowej fazy sygnału  $y$  (por. rys. 2).

#### 3.3. Model fazy maszynowej modulacji kąta

Spróbujmy rozważyć, jakie warunki powinna spełniać transformacja skali czasu dynamicznego by na wyjściu dominowała zmienność informacyjna?. Otóż o poprawności interpretacji

rezultatów demodulacji oprócz metody decyduje przyjęty model fazy sygnału  $y$ .

Rzeczywisty MSDM jest ciągiem niepowtarzalnych impulsów o zmodulowanym położeniu [1,3]. Model PPM [1,10] wskazuje na odtwarzanie przez modulację kąta każdej ze składowych harmoniki ciągu impulsów. Dalsze rozważania dotyczyć, zatem będą fazy chwilowej składowej harmonicznej PPM, z reguły pierwszej.

Właściwe modelowanie dotyczy, zatem samej fazy, w której należy generalnie wyróżnić cztery składowe (5) o różnej jakościowo zmienności i odmiennej, choć nie zawsze jednoznacznej interpretacji:

$$\text{Arg}[Y(jt)] = \Phi(t) = \Phi_C(t) + \Phi_X(t) + \Phi_F(t) + \Phi_T(t) \quad (5)$$

gdzie:

1.  $\Phi_C(t)$  – faza sygnału nośnego przy ustalonym cyklu  $\Theta_C$ ;
2.  $\Phi_T(t)$  – rezultat monotonicznej zmiany cyklu nośnego;
3.  $\Phi_X(t)$  – składowa informacyjna, tu odtworzenie zmienności, DPR;
4.  $\Phi_F(t)$  – nieinformacyjne fluktuacje związane ze stanem eksploatacyjnym.

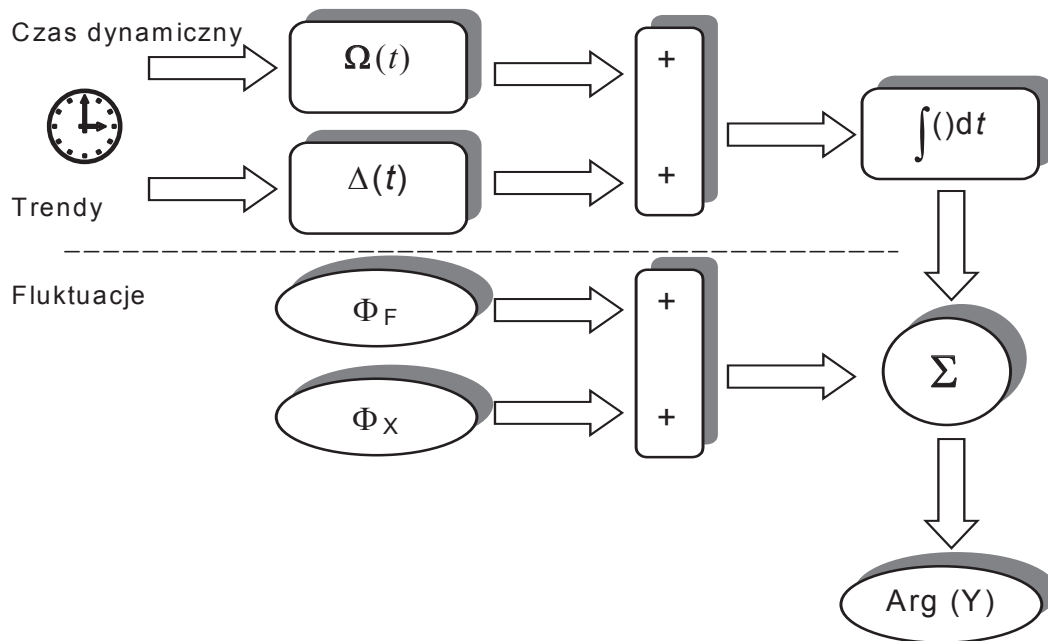
Jak je odróżnić i rozróżnić? Które stanowią zakłócenie utrudniające diagnozowanie? Jak ograniczyć działanie zakłócające skuteczne odtworzenie fazy informacyjnej, bezpośrednio nieobserwowalnej?

W perspektywie czasu dynamicznego postępy procesów zużycia nie są na ogół mierzalne, zatem monotoniczny wypadkowy trend fazy  $\Phi_C + \Phi_T$  można przypisać nieinformacyjnej zmianie częstości nośnej.

Pętla synchronizacji fazy umożliwia aproksymację rzeczywistej fazy nośnej niestacjonarnego sygnału  $y$  (np. przy zmiennej prędkości obrotowej) Działanie takie sprowadza demodulację do usunięcia wypadkowego nieliniowego trendu fazy  $\Phi_C + \Phi_T$ . Można je interpretować jako wynik transformacji skali czasu doprowadzającej proces nośny do stacjonarności w sensie stałości cyklu –  $\Theta_C = \text{const}$ .

Rozróżnienie fluktuacji  $\Phi_X$  od  $\Phi_F$  wymaga potraktowania indywidualnego. Wierne odtwarzanie  $\Phi_X(t)$  nie zawsze jest konieczne i możliwe brak, bowiem referencji kształtu, a także przesłanek powtarzalności kolejnych realizacji, ze względu na losową naturę procesu DPR [3].

Reasumując, bazę użytecznej transformacji skali czasu 't'  $\Rightarrow$  'η' powinien stanowić cykl nośny  $\Theta_C$ . Niestety w ogólnym przypadku nie istnieje postać drgań generowana specjalnie w tym celu. Drganiaowy sygnał nośny  $y_0$  nie musi być tożsamy z kinematycznym, dynamicznym, lub innym elementem realizacji celu podstawowego maszyny.



Rys 2. Odtwarzanie fazy chwilowej w układzie PLL

### 3.4. Aproksymacja krótkoterminowych trendów $\Theta_c$

W zastosowaniach praktycznych liniowy trend cyklu występuje rzadko, służy natomiast skutecznie jako model aproksymujący monotoniczną zmianę  $\Delta\Theta_c$  w przedziale obserwacji  $T$  [1,3,4].

Testowaną alternatywę stanowi wykorzystanie średniej przedziałowej cyklu chwilowego dla liniowej aproksymacji zmian częstotliwości nośnej przedziałami monotonicznymi. (4), także rys. 3.c. Linia konwersji jest łamaną jak na rys. 1.

Rozwiązanie takie wiąże się z ryzykiem tworzenia fluktuacji pasożytniczych deformujących oryginalną PPM, (co w przypadku wąskopasmowego sygnału nośnego odpowiada fazie  $\Phi_F$ ).

Dla wstępnego rozróżnienia składowych  $\Phi$  można rozważyć selekcję częstotliwościową przynajmniej części udziału DPR (por. rys. 4, pasmo  $F_X$ ).

Do redukcji trendu  $\Omega_c$  prowadzić też może transformacja skali czasu ' $t$ '  $\Rightarrow$  ' $\mathcal{G}$ ' poprzez proporcjonalną selekcję próbek, jaką oferuje. znana w literaturze procedura liniowej decymacji – PLD.[1, 4, 6].

Obszar wspólny  $F_F$  i  $F_X$  powinien być minimalizowany przez właściwy dobór bazowej charakterystyki cyklu, [3] Jeśli filtr pasmowy okaże się mało skuteczny trzeba poszukać innych czynników różnicujących. W rezultacie jako pasmo symptomatyczne demodulacji należy uznać takie,

w którym dominuje zmienność wywołana zmianą stanu technicznego a nie stanu eksploatacyjnego.

## 4. BADANIA SYMULACYJNE

### 4.1. Cel i zakres

Proponowany model argumentu zmodulowanego sygnału drgań (3) pozwala prześledzić przetwarzanie składowych fazy w procesie demodulacji i ocenić wstępnie trafność kryteriów podziału, i możliwości selekcji fazy uznanej za informacyjną.

Badana obejmowały:

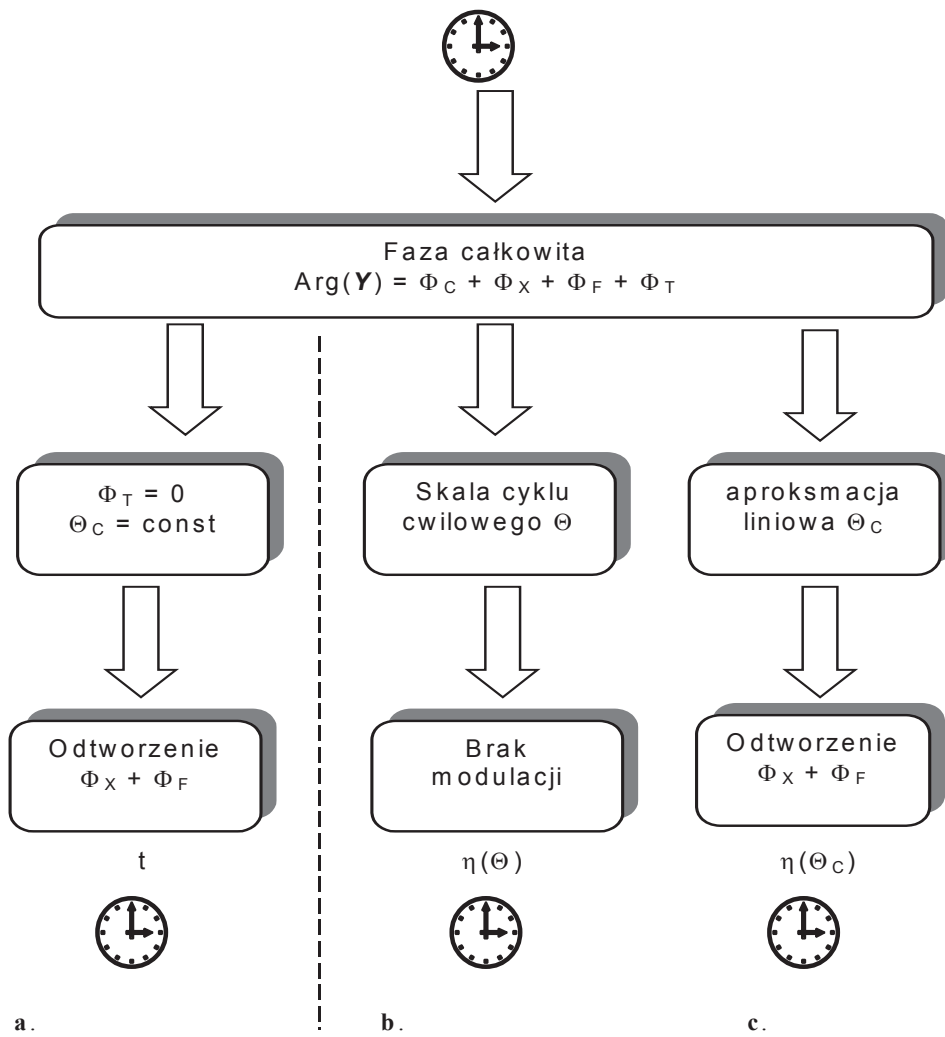
- adaptacje i dostrojenie modelowego demodulatora PLL;
- zakres i skuteczność aproksymacji cyklu nośnego;
- wpływ rodzaju sygnału modulującego.

Jako ilościowe kryterium oceny przyjęto błąd względny odtworzenia wartości skutecznej sygnału modulującego –  $x$ . Dla fali prostokątnej porównywano także odtworzenie pierwszych siedmiu harmonicznych widm RMS przez sygnał wyjściowy PLL –  $x_p$  oraz po filtracji pasmowej –  $x_{pf}$ .

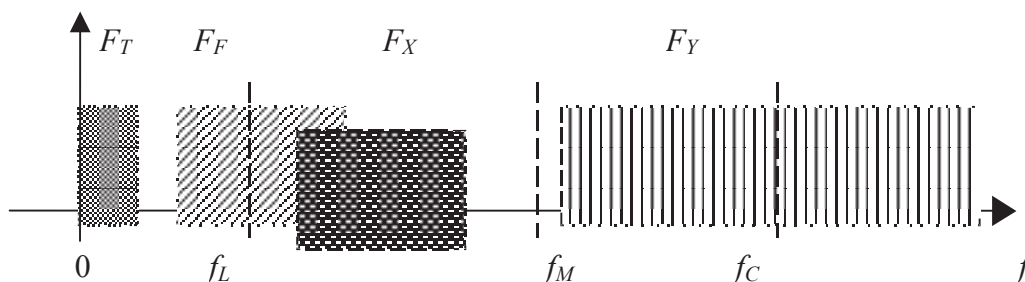
Alternatywna metoda demodulacji wykorzystująca argument sygnału analitycznego

$$x_h = \text{detrend}\{\text{Arg}\{Y(t)\}\}$$

okazała się w danym obszarze badań nieprzydatna.



Rys. 3. Możliwości demodulacji kąta sygnału drgań w zależności od skali czasu odtworzonej nośnej:  
 a) skala czasu dynamicznego 't',  
 b) skala czasu rzędów, lub cyklu chwilowego,  
 c) aproksymacja o stałym przyroście cyklu



Rys. 4. Modulacja fazy – zakresy częstotliwości sygnałów przy wąskopasmowej fali nośnej  
 $F_T$  – trend częstotliwości obrotowej (i nośnej  $\Rightarrow f_c$ ) w przedziale  $T$ ,  
 $F_F$  – pasmo częstotliwości odpowiadające zakłócającym fluktuacjom fazy  $\Phi_F$ ,  
 $F_X$  – pasmo częstotliwości sygnału modulującego  $\Phi_X$ ,  
 $F_Y$  – pasmo częstotliwości modulacji (maksymalne użyteczne)

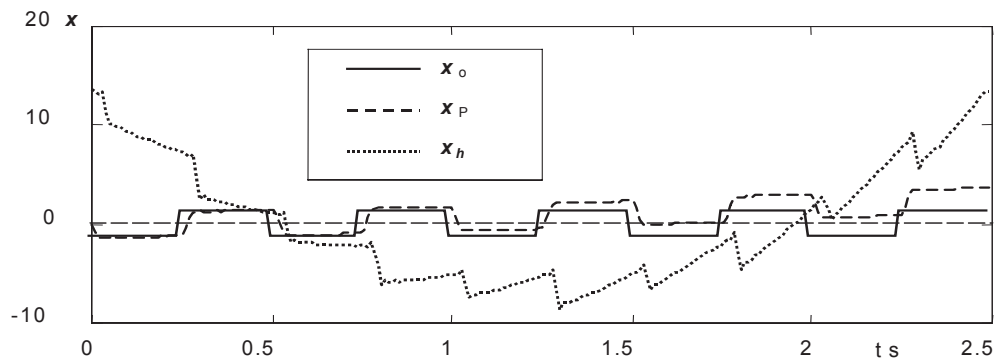
#### 4.2. Przykłady

Przy wybiegu, lub rozbiegu maszyny zmiany prędkości obrotowej przybliża krzywa wykładniczą, a w mniejszym przedziale czasu odcinek prostej. W obu przypadkach aproksymacja liniowym przyrostem cyklu nie będzie dokładna. Czy jednak okaże się zadawalająca?

Rozważmy dwa przypadki:

1. aproksymacji liniowego przyrostu częstości nośnej o 10% liniowym spadkiem cyklu nośnego  $\Theta_C$ .

$$\Omega_C(t) = \Omega_{CO} \left( 1 + b \frac{t}{t_M} \right) \Rightarrow \frac{\Omega_{VCO}}{1 - \frac{t}{ct_M}}$$



Rys. 5. Wpływ modulatora na odtwarzanie  $x_0$  – liniowy wzrost częstości nośnej

Dla przyjętego przedziału aproksymacji demodulacja PLL okazuje się znacznie obciążona w obu przypadkach (rys. 6.c i rys.7.c) przez fluktuacje wywołane różnicą zmienności rzeczywistego i odtworzonego cyklu nośnego. Nie dyskwalifikuje to jednak ani metody, ani wyniku.

W modulacjach niezamierzonych postać sygnału modulującego nie jest na ogół znana dokładnie. Dotyczy to także ewolucji kształtu. Symptomatyczne okazują się zmiany charakterystyk statystycznych pojedynczych impulsów np. skoszenia, lub kurtozy [2].

Otóż na rys. kształt fali prostokątnej odtworzony został poprawnie. Podobnie widmo

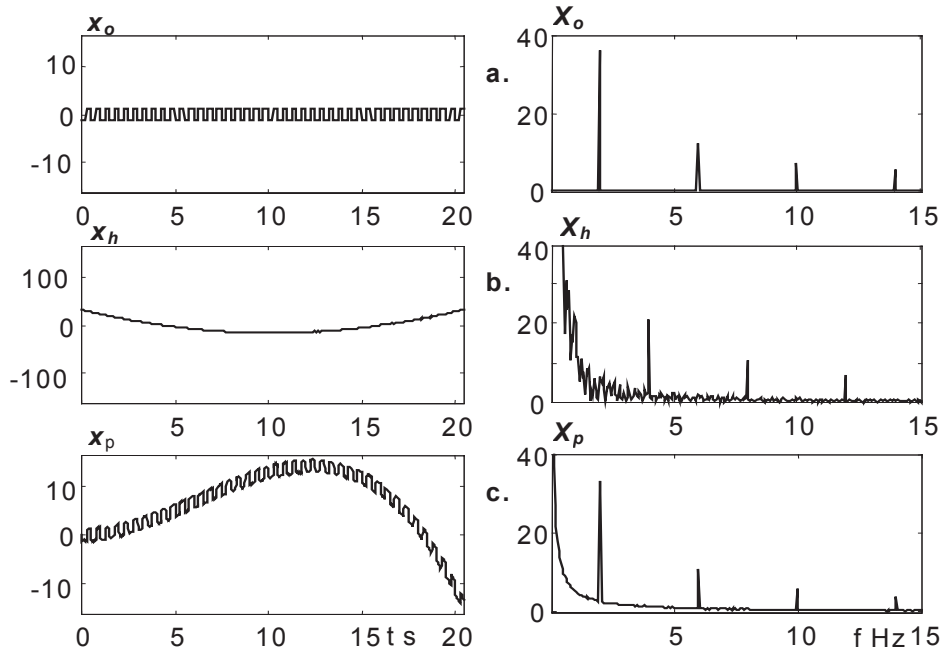
2. aproksymacji wykładniczego spadku częstości nośnej o 10% liniowym spadkiem cyklu nośnego  $\Theta_C$ .

$$\Omega_C(t) = \Omega_{CO} \left[ 1 - \exp\left(-a \frac{t}{t_M}\right) \right] \Rightarrow \frac{\Omega_{VCO}}{1 + \frac{t}{ct_M}}$$

W obu przypadkach zmiana skali czasu eliminuje jedynie liniowo-odcinkową zmianę cyklu nośnego. Jej wpływ na kształt i widmo rezultatów demodulacji przedstawiają rys. 5, 6 i 7.

RMS w zakresie harmoniki 1 – 7. Wolnozmiennie fluktuacje dają się łatwo odfiltrować, co usuwa obciążenie (rys. 7. b) odtwarzając poprawnie wartość skuteczną  $x_0$  – również potencjalny nośnik zmienności innowacyjnej.

Symulacje pozwalają także wyznaczyć przedziały czasowe akceptowalnych rezultatów aproksymacji przy zadanej względnej zmianie częstości nośnej sygnału  $y$ . Powinny zatem poprzedzać każdorazowo badanie rzeczywistych sygnałów drgań, jako procedury skalujące demodulator synchroniczny.



A.

B.

Rys. 6. Rezultaty demodulacji dla liniowego przyrostu częstotliwości nośnej

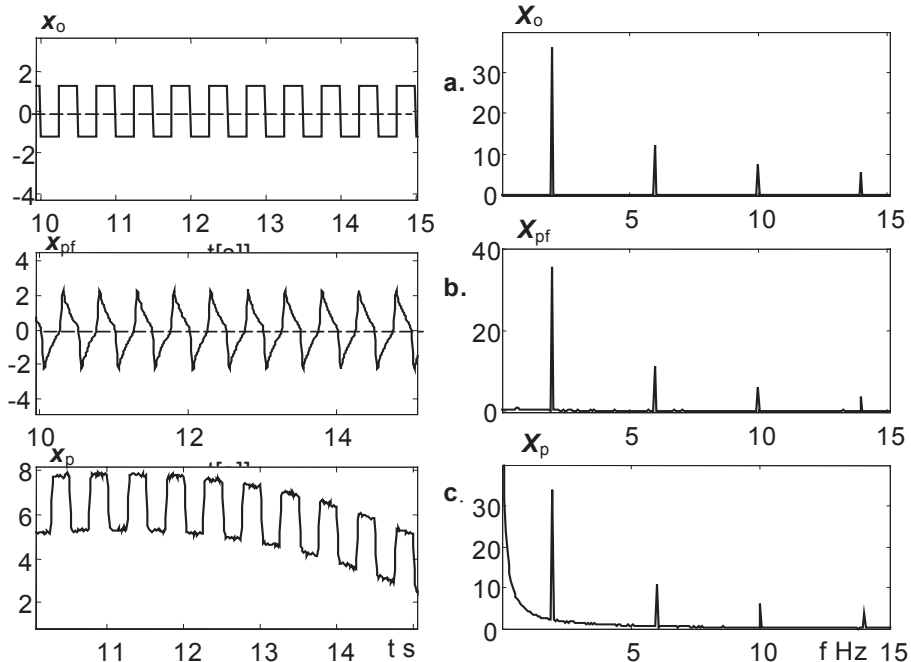
A - realizacje czasowe, B - widma RMS

a) sygnał modulujący

b)  $\Phi_T + \Phi_F + \Phi_X$

c) na wyjściu PLL

$\delta x_{pf} = -4.8\%$   $\delta x_p = 634\%$



A.

B.

Rys. 7. Rezultaty demodulacji dla wykładniczego spadku częstotliwości nośnej:

A - realizacje czasowe (fragment), B - widma RMS

a) sygnał modulujący

b) PLL i filtr pasmowy

c) na wyjściu PLL

$\delta x_{pf} = -4.85\%$   $\delta x_p = 302\%$

## 5. UWAGI I WNIOSKI

- Wybór skali czasu pozwala akcentować pewne cechy zmienności i redukować inne.
- Wskaznikiem stopnia dopasowania skali czasu generatora PLL do rzeczywistego cyklu nośnego jest podobieństwo pewnych cech jakościowych i ilościowych (tu kształtu i wartości skutecznej kształtu i wartości skutecznej modelowego i odtworzonego sygnału  $\Phi_x$ ).
- Odtwarzając sygnał nośny o stałym przyroście cyklu jednoczesne spełnienie obu warunków nie zawsze okazało się możliwe.
- W przypadku nieokreśloności lub nieznanowości a priori kształtu fazy informacyjnej bardziej przydatne mogą okazać się jej uśredniane charakterystyki energetyczne RMS, PSD, SNR.
- W doborze skali czasu odtwarzania nośnej celowy wydaje się kompromis, tak by możliwie szybka i stabilna procedura demodulacji odtwarzała wybrane cechy zmienności i informacyjnej z niezbędną dokładnością.
- Rozróżnienie informacyjnych i zakłócających fluktuacji fazy nie zawsze jest możliwe drogą prostej filtracji pasmowej.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1]. Adamczyk J., Krzyworzecka P., Łopacz H.: Systemy synchronicznego przetwarzania sygnałów diagnostycznych. Kraków, Collegium Columbianum, 1999
- [2]. Bigret R., Feron J. L.: *Diagnostic – maintenance disponibilite des machines tournantes*. Paris, Masson, 1995
- [3]. Cioch W., Krzyworzecka P.,: *Modulacje niezamierzone w diagnozowaniu głośnika*. Diagnostyka, vol. 28, 2003, 29 – 36
- [4]. Cioch W., Krzyworzecka P.,: *Dynamiczna kompensacja wpływu zmian długości cyklu na sygnał drganiowy*. Mat XXVII Sympozjum Diagnostyka Maszyn, z. 1, 1999, 55 – 68
- [5]. Krzyworzecka P.: *Application of phase locked loop circuit to on-line phase demodulation of Narrow-band Diagnostic Signal*. W-wa, Machine Dynamics Probl. n. 2, 1999, 55 – 68
- [6]. Krzyworzecka P.: Synchroniczne wspomaganie odwzorowań diagnostycznych. Kraków. Mon. AGH, n. 103, 2001
- [7]. Kudrewicz J.: *Dynamika pętli fazowej*. W-wa, WNT, 1991.
- [8]. Radkowski St.: *Wibroakustyczna diagnostyka uszkodzeń niskoenergetycznych*. W-wa, Radom, WITE, 2002
- [9]. Sobkowski J.: *Częstotliwościowa analiza sygnałów*. W-wa, Wyd. MON, 1975

- [10]. Piotrowski A., Stankiewicz A., Balunowski J., Solbut A.: *Diagnostics symptoms forming in the rotating machine monitoring based on the order tracking analysis*. II International Congress of Technical Diagnostics, Diagnostyka'2000, Poland, Warsaw 19-22 September 2000.
- [11]. Trees van H.L.: *Detection, Estimation and Modulation Theory v. 2*. N.Y., John Wiley, 1974.

## 7. WAŻNIEJSZE OZNACZENIA I SKRÓTY

- DFM – demodulacja częstotliwości  
 DPM – demodulacja fazy  
 DPR – dynamiczny proces resztkowy  
 PDSM – procedura demodulacji sygnału maszyny  
 PLL – *Phase-locked loop*, pętla synchronizacji fazy  
 PPM – *Pulse-Position Modulation*, modulacja położenia impulsów  
 SNR – *Signal to noise ratio*, stosunek mocy sygnału I szumu  
 VCO – *Voltage controlled oscillator*, generator sterowany napięciem

- $\delta$  – błąd względny  
 $\Phi_C$  – faza nośna  
 $\Phi_x$  – faza wartościowa  
 $\Phi_F$  – faza fluktuacji  
 $\Phi_T$  – faza trendu  
 $\Omega_C$  – częstość nośna  
 $\Theta_C$  – cykl nośny  
 $x_0$  – referencyjny sygnał modulujący  
 $x_2$  – wysokoczęstotliwościowy sygnał wymuszenia (modulowany)  
 $x_p$  – rezultat demodulacji fazy PLL  
 $x_h$  – rezultat demodulacji fazy jako argumentu sygnału analitycznego  
 $y$  – zmodulowany sygnał drganiowy  
 $y_C$  – sygnał nośny

Pracę zrealizowano w ramach projektu KBN nr 4 T07B 05426

---

Informacje o Autorze na str. 20.