

## PROGOWA METODA DIAGNOZOWANIA W SYSTEMIE TRANSMISJI INFORMACJI

Marcin BEDNAREK\*, Lesław BĘDKOWSKI\*\*, Tadeusz DĄBROWSKI\*\*

\*Katedra Informatyki i Automatyki, Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, fax: 017 854 29 10, e-mail: [bednarek@prz.rzeszow.pl](mailto:bednarek@prz.rzeszow.pl)

\*\*Instytut Systemów Elektronicznych, Wydział Elektroniki  
Wojskowa Akademia Techniczna, ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, fax: 022 683 91 25,  
e-mail: [lbedkowski@wel.wat.edu.pl](mailto:lbedkowski@wel.wat.edu.pl), [tdabrowski@wel.wat.edu.pl](mailto:tdabrowski@wel.wat.edu.pl)

### Streszczenie

Przedmiotem rozważań zawartych w artykule jest przykład implementacji odpornej na zakłócenia sygnału diagnostycznego metody diagnostyczno-terapeutycznej opartej na progowych układach pomiarowych do układu, w którym realizuje się przesył komunikatów w systemie dwóch stacji diagnostycznych: lokalnej i odległej połączonych przy pomocy sieci komputerowej.

Słowa kluczowe: system transmisji informacji, progowy układ pomiarowy, diagnozowanie, dozоровanie.

### DIAGNOSIS THRESHOLD METHOD IN DATA TRANSFER SYSTEMS

#### Summary

An example of an implementation of diagnostic-therapeutic method (disturbance-proof of diagnosing signal) based on thresholded measuring systems in a system with messages transmission is presented. System consists of a local diagnostic station and remote one, which are connected by computer network.

Keywords: data transfer system, threshold measurement system, diagnosing, supervision diagnosing.

### 1. WPROWADZENIE

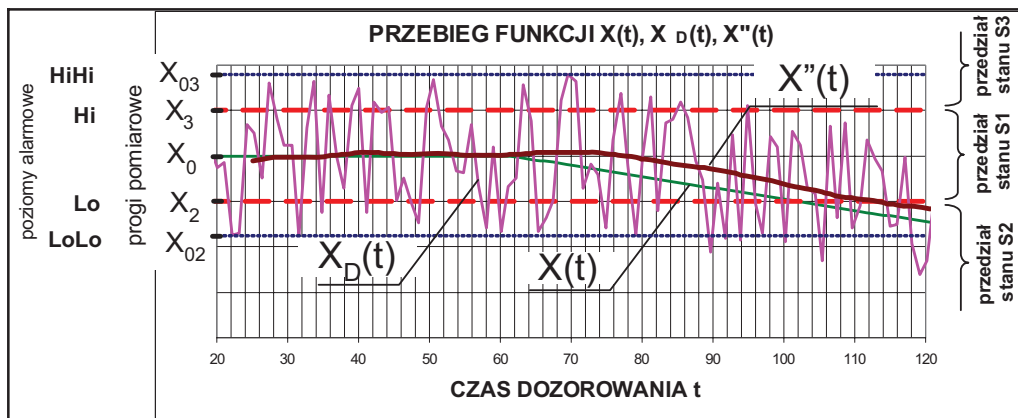
Przedmiot rozważań przedstawionych w artykule charakteryzują poniższe założenia:

- Obiekt poddany dozоровaniu stanu traktowany jest – w celu uproszczenia rozważań – jako jeden niepodzielny diagnostycznie moduł.
- Dozоровanie oparte jest – przykładowo – na obserwacji wartości jednej wielkości diagnostycznej  $X(t)$  opisującej stan modułu.
- Rzeczywisty przebieg wielkości opisującej  $X(t)$  **nie jest znany**; w procesie dozоровania, w efekcie operacji pomiarowo-obliczeniowych tworzony jest przybliżony obraz  $X''(t)$  tej wielkości.
- Informacja o wartościach obrazu  $X''(t)$  wielkości opisującej oraz o trendzie zmian tych wartości w określonym przedziale czasu (w tzw. oknie dozоровania) stanowi podstawę prognozy o ewentualnej tendencji przejścia obiektu do niepożądanego stanu.
- Na podstawie przebiegu funkcji  $X''(t)$  podejmuje się działania terapeutyczne aktywnie utrzymujące wymagany stan obiektu.
- Zakłada się, że w obiekcie i w układzie dozоровająco-terapeutycznym istnieją znaczne zakłócenia, a w konsekwencji [1, 2]:
  - zakłócenia te mogą zaburzać funkcjonowanie układu dozоровająco-terapeutycznego;

- zakłócenia te mogą powodować błędne przerwanie funkcjonowania obiektu (pomimo pozostawania obiektu w stanie zdatności);
- wielkość opisująca  $X(t)$  jest zakłócana nakładającym się na nią symetrycznie sygnałem zakłócającym  $X_Z(t)$  o określonym rozkładzie (np. o rozkładzie równomiernym  $f_z$ );
- wielkość opisująca zakłócona**  $X_D(t)$  monitorowana przez układ pomiarowy ma postać:

$$X_D(t) = X(t) \pm X_Z(t) \quad (1)$$

- W celu uproszczenia układu dozоровającego stosuje się **pomiarowy układ progowy** do monitorowania zakłóconej wielkości diagnostycznej  $X_D(t)$ .
- Nie rozpatruje się ewentualnych zakłóceń w magistrali komunikacyjnej (rys. 2), która zabezpieczona jest przed przejściem w stan niezdatności zadaniowej odpowiednimi działaniami osłonowymi i interwencyjnymi [3].
- Komunikat o stanie obiektu przesyłany jest w postaci informacji o przekroczeniach progów pomiarowych przez wielkość diagnostyczną  $X_D(t)$  przy czym, dla skonkretyzowania rozważań, przyjmuje się, że (rys. 1):



Rys. 1. Ilustracja przebiegu niezakłóconej, rzeczywistej funkcji  $X(t)$  opisującej stan obiektu, zakłóconej wielkości mierzonej  $X_D(t)$ , obrazu  $X''(t)$  funkcji opisującej  $X(t)$  oraz ilustracja progów pomiarowych i proponowanych poziomów alarmowych

- wartość  $X_3$  oznacza „górną” próg pomiarowy **zakłóconej** wielkości  $X_D(t)$  – a zarazem poziom alarmowy wysoki  $Hi$  (ang. *High*) odpowiadający dopuszczalnej „górną” wartości wielkości opisującej  $X(t)$  (a w rzeczywistości jej obrazu  $X''(t)$ ) w przypadku stanu zdadności (tj. stanu  $S_1$ );
  - wartość  $X_2$  oznacza „dolną” próg pomiarowy **zakłóconej** wielkości  $X_D(t)$  – a zarazem poziom alarmowy niski  $Lo$  (ang. *Low*) odpowiadający dopuszczalnej „dolną” wartości wielkości opisującej  $X(t)$  (a w praktyce jej obrazu  $X''(t)$ ) w przypadku stanu zdadności.
- j) W ramach zapasu (rezerwy) czasu może być przesyłana magistralą komunikacyjną także dodatkowa informacja o osiągnięciu przez **zakłóconą** wielkość opisującą  $X_D(t)$ :
- poziomu alarmowego bardzo wysokiego  $HiHi$  (ang. *High High*) oznaczającego fizycznie możliwą maksymalną wartość  $X_{03}$  zakłóconej wielkości opisującej w określonym stanie obiektu (np. w stanie zdadności  $S_1$ );
  - poziomu alarmowego bardzo niskiego  $LoLo$  (ang. *Low Low*) oznaczającego fizycznie możliwą minimalną wartość  $X_{02}$  zakłóconej wielkości opisującej w określonym stanie obiektu.

Dozorowanie stanu obiektu z wykorzystaniem progowych układów pomiarowych [1] opiera się na testowaniu z określoną częstotliwością (zależną od dynamiki procesów funkcjonalnych i ewentualnych procesów destrukcyjnych toczących się w obiekcie) zakłóconej wielkości diagnostycznej  $X_D(t)$  w celu rejestracji ewentualnych przekroczeń przez tę wielkość założonych wartości progowych. Podstawę wnioskowania diagnostycznego stanowi obraz  $X''(t)$ , rzeczywistej **nieznanej** funkcji  $X(t)$ , utworzony w oparciu o następujące zależności [1]:

$$p_2 = \frac{L_2}{L}; \quad p_3 = \frac{L_3}{L} \quad (2)$$

gdzie:

- $L$  – „długość” okna dozorowania (tj. liczba kolejnych pomiarów, na których oparte jest wyznaczanie bieżącej wartości  $X(t)$ );
  - $L_2$  – liczba wyników pomiarów wielkości  $X_D(t)$  (uzyskana w oknie dozorowania o długości  $L$ ) o wartościach zawierających się w przedziale  $[X_{02}, X_2]$  (tj. poniżej „dolnego” progów przedziału stanu zdadności  $S_1$ );
  - $L_3$  – liczba wyników pomiarów wielkości  $X_D(t)$  (uzyskana w oknie dozorowania o długości  $L$ ) o wartościach zawierających się w przedziale  $[X_3, X_{03}]$  (tj. powyżej „górnego” progów przedziału stanu zdadności  $S_1$ ).
- Wskaźniki  $p_2$  i  $p_3$  przekroczeń przez wielkość monitorowaną  $X_D(t)$  wartości progowych  $X_2$  oraz  $X_3$  umożliwiają wyznaczenie **pierwszego** obrazu  $X''(t)$  poszukiwanej funkcji opisującej  $X(t)$ :

$$[p_2 \geq p_3] \Rightarrow \left[ X'(t) = \frac{X_2 f_z - p_2 + a}{f_z} \right] \quad (3)$$

$$[p_2 < p_3] \Rightarrow \left[ X'(t) = \frac{X_3 f_z + p_3 - a}{f_z} \right]$$

gdzie:

$f_z$  – rozkład amplitudowy zakłóceń; dla przyjętego rozkładu równomiernego:

$$f_z = \frac{1}{X_{03} - X_{02}} \quad (4)$$

$a$  – wskaźnik symetryczności rozkładu zakłóceń względem wielkości  $X(t)$ ; dla rozkładu symetrycznego  $a = 0,5$ .

Wyznaczony w ten sposób obraz  $X''(t)$  wykazuje na ogół dość znaczne odchylenia od rzeczywistej funkcji  $X(t)$  opisującej stan obiektu. Dlatego wskazane jest wyznaczenie **drugiego** obrazu  $X''(t)$  funkcji  $X(t)$  poprzez operację uśredniania uzyskanych wartości  $X'(t)$ , np. w przedziale o długości okna dozorowania  $L$ :

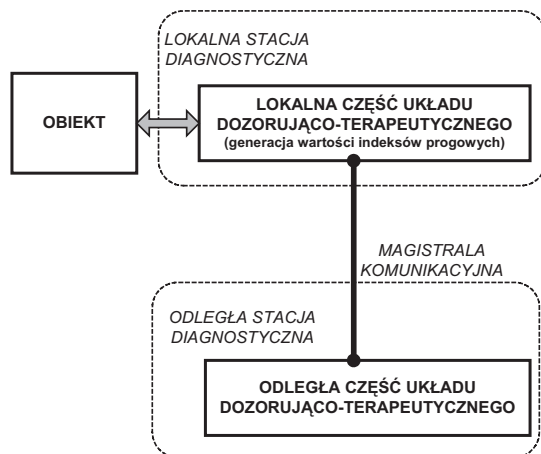
$$X^n(t_k) = \frac{\sum_{t_n=t_p}^{t_n=t_k} X'(t_n)}{L} \quad (5)$$

gdzie:  $t_n$  – kolejny numer wyniku pomiaru;  $t_p$  – pierwszy numer wyniku pomiaru w oknie dozoru o długości  $L$ ;  $t_k$  – ostatni numer wyniku pomiaru w oknie dozoru o długości  $L$ .

## 2. UKŁAD Z SYSTEMEM TRANSMISJI KOMUNIKATÓW

Zastosowanie układu progowego, oprócz wspomnianego uproszczenia układu pomiarowego, ma także pozytywny wpływ na obciążenie magistrali komunikacyjnej w przypadku rozproszonego układu dozoru-terapeutycznego. Przyjmijmy, że taki układ składa się z 2 części:

- lokalnej – odpowiedzialnej za pierwsze dwa ogniwa procesu diagnozowania tj. badanie diagnostyczne i wnioskowanie pomiarowe – umieszczonej w pobliżu dozowanego obiektu;
- odległej – spełniającej pozostałe funkcje łańcucha działań diagnostyczno-terapeutycznych – znajdującej się w oddalonej stacji diagnostycznej, połączonej z lokalną stacją magistralą komunikacyjną (rys. 2).



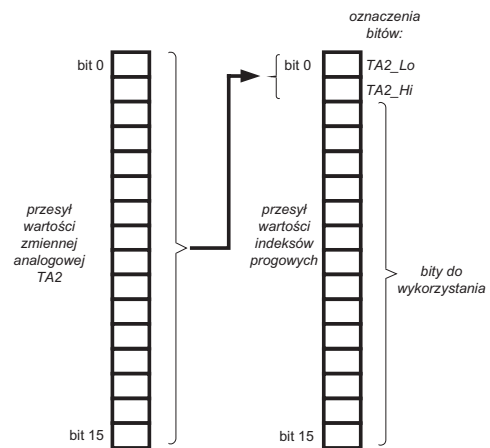
Rys. 2. Układ z systemem transmisji informacji diagnostycznej i decyzyjnych terapeutycznych

W rozproszonym systemie diagnostyczno-terapeutycznym przesyłanie komunikatu-efektu w postaci wartości funkcji opisującej stan obiektu skutkuje znacznie większym obciążeniem magistrali komunikacyjnej niż przesyłanie wartości indeksów funkcji progowej. Wynika to z faktu, że wartość analogowa zajmuje kilka (kilkanaście) bitów części znaczącej komunikatu, natomiast wartość progowa to wartość binarna informująca o przekroczeniu (lub nie) wartości progowych. Korzyści z zastosowania przesyłu wartości binarnych ilustruje rys. 3. Zamiast przesyłu np. jednej wartości dozowanej zmiennej analogowej 16-to bitowej można przesłać informację dotyczącą przekroczenia (lub nie) wartości progowych 8-u innych dozowanych wartości.

Przynosi to istotne korzyści w przypadku dużego obciążenia magistrali, powodując powstanie pewnego zapasu czasu. W przykładzie na rys. 3 pierwsze dwa bity zmiennej 16-to bitowej oznaczają:

- bit 1 (*TA2\_Hi*): wartość 1 – przekroczenie przez funkcję opisującą  $X''(t)$  górnego dopuszczalnego poziomu  $H_i$  ( $X_3$ ); wartość 0 – brak przekroczenia;
- bit 0 (*TA2\_Lo*): wartość 1 – przekroczenie przez funkcję opisującą  $X''(t)$  dolnego dopuszczalnego poziomu  $L_o$  ( $X_2$ ); wartość 0 – brak przekroczenia.

Pozostałe niewykorzystane bity (3÷15) można wykorzystać do umieszczenia w nich wartości indeksów progowych kolejnych funkcji (dozorowanych wielkości) opisujących np. inne dozowane moduły obiektu.



Rys. 3. Porównanie przesyłu wartości zmiennej dozowanej (wartości funkcji opisującej) i wartości indeksów progowych

## 3. CHARAKTERYSTYKA APLIKACJI UKŁADU PROGOWEGO W PAKIECIE INTOUCH

Oprogramowanie *InTouch* służy m.in. do wizualizacji zachodzącego procesu na stacji operatorskiej oraz oddziaływania operatorskiego. Jest częścią składową większego pakietu *WonderWare Factory Suite*. Może być zainstalowane zarówno w części lokalnej (realizacja układu progowego) rozproszonego układu diagnozowania jak i odległej (wizualizacja, oddziaływanie diagnozera, terapia i zwrotna informacja do części lokalnej). Za pomocą funkcji oraz pól zmiennych oferowanych przez oprogramowanie zrealizowano odpowiednie skrypty generujące wartości indeksów progowych. Do tego celu wykorzystano m.in. pola [4]:

- *HiLimit* – monitoring pierwszej górnej wartości progowej funkcji diagnostycznej;
- *HiStatus* – detekcja przekroczenia górnej wartości progowej;

- *.LoLimit* – monitoring pierwszej dolnej wartości progowej funkcji diagnostycznej;
- *.LoStatus* – detekcja przekroczenia dolnej wartości progowej.

Utworzone skrypty dla układów progowych realizują następnie wysyłanie odpowiednio „upakowanych” danych poprzez magistralę komunikacyjną. Należy pamiętać o zachowaniu determinizmu czasowego poprzez zastosowanie odpowiedniego protokołu sieci przemysłowej. Możliwy jest także przesył informacji niezbędnej dla określenia odpowiednich „pieczęci czasowych” odczytanych wartości zmiennych. Ten ostatni zabieg zwiększa jednak znacznie obciążenie magistrali.

#### 4. PODSUMOWANIE

Należy podkreślić pewne aspekty implementacji progowej metody pomiarowej w rozproszonych systemach z transmisją efektu w postaci komunikatów diagnostyczno-terapeutycznych:

1. Koszt układu przekształcającego wartość zmierzoną na wartości progowe nie zwiększa kosztu lokalnej stacji diagnostycznej pod warunkiem stosowania jej (i oprogramowania) także w tradycyjnym układzie pomiarowym. Realizację funkcji niezbędnych dla procesu dozoru progowego przeprowadza się wykorzystując możliwości już istniejącego oprogramowania stacji.
2. Dużo ważniejsze od kosztu układu pomiarowego (z punktu widzenia telekomunikanta) dla układów z transmisją efektu jest zaoszczędzenie czasu i zmniejszenie obciążenia magistrali komunikacyjnej. Odbywa się to m.in. poprzez przesył wartości progowych (1-no bitowych) zamiast kilku lub kilkunastu bitów reprezentujących wartość zmiennej.
3. Zwolnione dzięki przedstawionym tu procedurom bity można wykorzystać i zdefiniować jako progi dla kolejnych dozorowanych funkcji opisujących.
4. Zamiast przesyłu wartości analogowej zmiennej istnieje możliwość zawarcia w komunikacie kilku wartości indeksów progowych. Tym samym otwiera się możliwość zastosowania wyżej przedstawionych rozważań nie tylko do metody 2-progowej ale i wieloprogowej. Wprowadzając liczbę progów należy zawsze konfrontować ją z liczbą bitów zajmowanych przez zmienną analogową przesyłaną przy dozowaniu „tradycyjnym” (opłacalność operacji).
5. W układzie zaproponowanym w pracy (por. rys. 3) można też wprowadzić dodatkowe działania osłonowe np. detekcję błędu układu progowego lub komunikacji poprzez rejestrację przez układ osłony pojawienia się np. dwóch „jedynek” na polach oznaczonych indeksem górnym i dolnym.

#### LITERATURA

- [1] Będkowski L., Dąbrowski T.: *Aktywne utrzymywanie niezawodności efektu 2-progową metodą diagnostyczno-terapeutyczną*. XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 7÷12.01.2008, ss. 38÷49.
- [2] Bednarek M., Będkowski L., Dąbrowski T.: *Wybrane aspekty implementacji aktywnego utrzymywania niezawodności efektu metodą 2-progową*. XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 7÷12.01.2008, s. 29÷37.
- [3] Bednarek M., Będkowski L., Dąbrowski T.: *Wieloprogowe ujęcie eksploatacji układu komunikacji*, Diagnostyka, nr 34/2005.
- [4] Dokumentacja techniczna pakietu *Wonderware InTouch*.



wieloprogowym bezpieczeństwu.

Prof. dr hab. inż. **Lesław BĘDKOWSKI** pracuje na Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Jest specjalistą w zakresie teorii diagnostyki technicznej, diagnostyki systemów antropotechnicznych, teorii użytkowania w ujęciu oraz diagnostyki systemów



zagadnieniach diagnostyki technicznej obiektów i systemów antropotechnicznych.

Dr hab. inż. **Tadeusz DĄBROWSKI** jest profesorem nadzwyczajnym i pełni funkcję dyrektora Instytutu Systemów Elektronicznych Wydziału Elektroniki WAT. Zainteresowania naukowe koncentruje w obszarze teorii eksploatacji - a w tym głównie na



Dr inż. **Marcin BEDNAREK** jest adiunktem w Katedrze Informatyki i Automatyki Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Specjalizuje się głównie w diagnostyce systemów komunikacji oraz w przemysłowych sieciach komputerowych.