

### 3.2.3. Miary sygnałów WA - symptomy, dyskryminanty

Jak wielokrotnie już podkreślano, diagnostyka to w pierw określenie stanu technicznego; jak na razie stan ten jest zakodowany w szybkozmiennym sygnale  $WA = s(r, t, Y)$ . Jak widać, ma on trzy dziedziny określoności:  $r, t, Y$  iż racji składowej szumowej - przypadkowej  $n(r, t, Y)$  w każdej z nich należy uznać proces (sygnał) za przypadkowy. W dziedzinie przestrzeni  $r$  jest to proces o skończonej wartości średniej i skończonej wariancji, a w dziedzinie czasu dynamicznego -  $t$  jest to stacjonarny proces przypadkowy o zerowej wartości średniej i skończonej wariancji. Natomiast w dziedzinie czasu eksploatacji -  $Y$  jest to losowy proces wzrostu (regresji liniowej lub nieliniowej), odzwierciedlający sumaryczny charakter zużywania się (degradacji) obiektu. Widać z powyższego, że do celu odwzorowania zużycia i jego wartościowania - czyli określenia stanu, należy do sygnału (3.2) zastosować odpowiednie miary, czyli estymaty. W ogólności zgodnie z [81] możemy wyróżnić dwa rodzaje estymat: symptomy i dyskryminanty, aczkolwiek lepiej jest przyjąć, że dyskryminanta jest szczególnego typu symptomem. Symptom jest ogólnego typu miarą zdefiniowaną następująco:

$$\begin{aligned} S(r, \Theta) &= E_t \{ \Phi(s) \} = \frac{1}{T} \int_0^T \Phi[s(r, t, \Theta)] dt = \\ &= \Phi_0 \left[ \sum a_i(r) V_i(\Theta) + c(r, \Theta) \right] + n(r, \Theta) \\ V_i(\Theta) &= E_t \{ V_i(t, \Theta) \}, \quad i = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (3.3)$$

gdzie:  $E_t(\cdot) = \frac{1}{T} \int_0^T (\cdot) dt$  Jest operatorem uśrednienia po czasie dynamicznym  $t$  z czasem

obserwacji (uśredniania) -  $T$ , zaś  $\Phi(\cdot)$  jest operacją przeprowadzone na sygnale dla wydobywania informacji, oraz operator  $\Phi_0(\cdot)$  wskazuje na funkcyjne zależności symptomu od wskazanych argumentów z funkcją wagi  $a(r)$  zamiast operacji splotu, wreszcie  $N(r, Y)$  jest zakłóceniem losowym symptomu zależnym od  $r$  i  $Y$ .

Jak widać z powyższego, symptom sygnału WA wg (3.3) stanowi odwzorowanie wszystkich procesów zużyciowych w obiekcie, czyli mówi o ogólnym stanie obiektu. W praktycznych badaniach diagnostyki WA podobną rolę dla ogółu maszyn spełnia pomiar szczytowej wartości prędkości drgań, natomiast pomiar szczytowej wartości przyspieszenia korpusu jest tym samym dla przemysłowych przekładni zębatych itp. (bliżej patrz rozdział 3.5 a także [7]).

Dyskryminanta ma natomiast własności selektywne wybierając z ogółu pierwotnych WA sygnałów uszkodzeń np.  $k$ -ty zgodnie z relacją ogólną

$$\begin{aligned} D_k(r, \Theta) &= E_t \{ \varphi(s) \} = \frac{1}{T} \int_0^T \varphi[s(r, t, \Theta)] dt = \\ &= \varphi_0 [a_k(r) V_k(\Theta)] + N(r, \Theta) \end{aligned} \quad (3.4)$$

gdzie: podobnie jak poprzednio:  $E_t(\cdot)$  jest operatorem uśredniania po czasie.  $\varphi(\cdot)$  - operatorem przekształcenia sygnału,  $\varphi_0(\cdot)$  - wskazuje jedynie zależność funkcyjne, zaś  $N(r, Y)$  jest przypadkowym zakłóceniem losowym.

Najprostszym przykładem takiej dyskryminanty jest uśredniona amplituda drgań w paśmie obrotowym jako wskaźnik niewyrównoważenia. Bardziej zaś skomplikowanym jest kurtoza  $\beta$  jako miara spłaszczenia gęstości rozkładu amplitudy drgań w zastosowaniu do wartościowania zużycia łożysk tocznych. Będziemy jeszcze o tym mówić obszerniej w rozdziale 3.5.3.

Mając zdefiniowane miary sygnału WA możemy powrócić do naczelnej kwestii diagnostyki WA, mianowicie WA odwzorowania zaawansowania zużycia. Tworząc nasz model obserwacji diagnostycznej założyliśmy, że krzywe życia  $F_i(Y)$  - będące obrazem zaawansowania i-tego uszkodzenia - modulują pierwotny sygnał uszkodzenia  $V_i(Y)$ , czyli po uśrednieniu istnieje założona pełna proporcjonalność

$$F_i(Y) \sim E_i\{V_i(t, Y)\} \quad i = 1, \dots, n. \quad (3.5)$$

W świetle tego założenia możemy symptomowi (3.3) przypisać proporcjonalność do całkowitego zaawansowania procesów zużyciowych

$$S(r, \Theta) = F_0 \left[ \sum_{i=1}^n a_i(r) V_i(\Theta) + c(r, \Theta) \right] + N(r, \Theta) \sim \sum_{i=1}^n a_i F_i(\Theta) + N(r, \Theta). \quad (3.6)$$

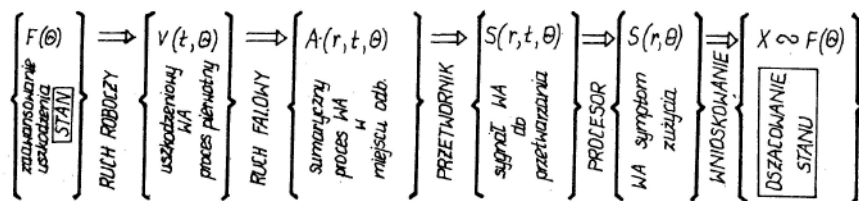
Zgodnie zaś z (3.4) i (3.5) dyskryminanta odwzorowuje jedno k-te uszkodzenie, gdyż

$$D_k(r, \Theta) = \varphi_0 [a_k(r) V_k(\Theta)] + N(r, \Theta) \sim a_k F_k(\Theta) + N(r, \Theta) \quad (3.7)$$

Mając na uwadze powyższe możemy wreszcie nakreślić krąg działania i sposób rozumowania stosowany w diagnostyce WA maszyn. Rzecz by można paradygmat stojący za diagnostyką WA maszyn.

„Podczas ruchu maszyny i-te uszkodzenie, którego zaawansowanie odzwierciedla krzywa życia -  $F_i(Y)$ , modeluje jego WA pierwotny proces -  $V_i(t, Y)$ . Proces ten rozchodząc się ruchem falowym w konstrukcji maszyny, i zmieszany z innymi procesami i zakłóceniami, tworzy wypadkowy proces WA w miejscu odbioru  $A(r, t, Y)$ . Ten proces sumaryczny przetworzony na sygnał  $s(r, t, Y)$  poddany jest następnie obróbce prowadzącej do utworzenia miary i kompresji zakłóceń dając w efekcie WA symptom zużycia  $S(r, Y)$ , z którego przy założeniu proporcjonalności do zużycia typu (3.6) lub (3.7) wyciągamy ostateczne wnioski o stanie maszyny  $X \in (z, n)$ ”.

Paradygmat ten można odwzorować w ciąg relacji implikacyjnych jak na rysunku 3.3.



Rys.3.3. Podstawowy ciąg przyczynowo-skutkowy wykorzystywany w WA diagnostyce maszyn

Zważywszy zaś na składowe zakłócenia symptomów (3.3) i dyskryminant (3.4), nasz wybór sygnału diagnostycznego, miejsca jego odbioru „r” (rys. 3.3) i rodzaj zastosowanego symptomu winien być taki, by maksymalizować trafność wnioskowania diagnostycznego. Jest to główny problem diagnostyki WA maszyn do końca nierozwiązalny jednoznacznie, gdyż zawsze końcowa informacja jest oszacowaniem stanu (domniemaniem stanu), a nie informacją o rzeczywistym stanie obiektu.