6.5.2. Filtracja ortogonalna sygnałów

W pewnych przypadkach diagnostycznych analizy sygnałów nie dysponujemy tak skomplikowanym sprzętem jak wyżej dla AEZ. Pożądane byłoby jednak choć niewielkie przekształcenie odbieranego sygnału dla wydobycia i ekstrakcji domniemanych cech niezależnych, czyli dyskryminacji uszkodzeń. Referowana już wcześniej w p.6.3.2 ortogonalizacja składowych wektora obserwacji umożliwia bezpośrednie przeniesienie tej metodyki do klasy sygnałów. Zastanawiając się jak wybrać składowe wektora obserwacji nożna dla drgań wybrać kolejne pochodne procesu drganiowego $x(t)=x^{(0)}$, $\dot{x}(t)=x^{(1)}=v(t)$, $\ddot{x}(t)=x^{(2)}=a(t)$, $\dddot{x}(t)=x^{(3)}=j(t)$, tzn. przemieszczenie, prędkość, przyspieszenie i jerk drgań, lub odwrotnie- kolejne całki jerka drgań.

Posługując się wynikami zaczerpniętymi z pracy Kowalskiego [117] można przedstawić dwa ortogonalne układy sygnałów drganiowych. O rosnącym rzędzie pochodnych:

$$
\begin{aligned}
W_o(t) &= x^{(o)}(t)=x(t), \\
W_1(t) &= x^{(1)}(t)=v(t), \\
W_2(t) &= x^{(2)}(t)-\left(\frac{\tilde{a}}{\tilde{v}}\right)^2\cdot x(t)=a(t)-4\pi^2 f_x^2 x(t), \\
W_3(t) &= x^{(3)}(t)-\left(\frac{\tilde{a}}{\tilde{v}}\right)^2\cdot v(t)=j(t)-4\pi^2 f_x^2 v(t),
\end{aligned}
\tag{6.24}
$$

oraz o malejącym rzędzie pochodnych sygnału drganiowego:

$$
\begin{aligned}
W_0(t) &= x^{(3)}(t)=j(t), \\
W_1(t) &= x^{(2)}(t)=a(t), \\
W_2(t) &= x^{(1)}(t)-\left(\frac{\tilde{a}}{\tilde{\gamma}}\right)^2\cdot x^{(3)}(t)=v(t)-\frac{1}{4\pi^2 f_a^2}\gamma(t), \\
W_3(t) &= x^{(0)}(t)-\left(\frac{\tilde{v}}{\tilde{a}}\right)^2\cdot x^{(2)}(t)=x(t)-\frac{1}{4\pi^2 f_v^2}a(t),
\end{aligned}
\tag{6.25}
$$

Przy wyprowadzaniu tych relacji można wziąć za podstawę (6.13) i pewne twierdzenia o współczynnikach korelacji pochodnych procesu [73,117], tzn. że:

$$
\begin{aligned}
&E_t\left[x^{(i)}\cdot x^{(i-2k)}\right]=E_t\left[x^{(i-2k+1)}\right]^2, \\
&E_t\left[x^{(i+1)}\cdot x^{(i)}\right]=E_t\left[x^{(i+k+1)}\cdot x^{(i-k)}\right]=0, \\
&i=1,\dots,n, \quad k=1,\dots,i-k\geq 0,
\end{aligned}
\tag{6.26}
$$

oraz znane nam wzory na częstość Rice'a przyspieszenia $f_a=\frac{\tilde{\gamma}}{2\pi\tilde{a}}$, prędkości $f_v=\frac{\tilde{a}}{2\pi\tilde{v}}$, przemieszczenia $f_x=\frac{\tilde{v}}{2\pi\tilde{x}}$, gdzie fala ~ oznacza wartość skuteczną danej wielkości.

Jak twierdzi autor [117], pierwszy układ sygnałów można użyć do obserwacji diagnostycznej maszyn wolnoobrotowych, zaś drugi do zjawisk wysoko częstościowych, np.

do diagnostyki łożysk tocznych, tworząc w każdym przypadku miary sygnałów opisane w punkcie 3.5. Przedstawione wyżej składowe sygnały wektora obserwacji (6.24) i (6.25) muszą być niezależne w dwu dziedzinach: w. dziedzinie opisu sygnału, czyli w czasie dynamicznym - t oraz w dziedzinie cech obserwowanych obiektów, czyli miar amplitudowych (6.24) i (6.25). Dla wykazania tego w [117] obliczano wartości skuteczne składowych (6.24) z pierwotnych danych $(\tilde{a}, \tilde{v}, \tilde{x})$ 28 tylnych mostów pojazdu BROM. Pierwotna korelacja między zbiorami mierzonych symptomów wynosiła:

$$\rho(\tilde{a}, \tilde{x}) = 0{,}5; \quad \rho(\tilde{a}, \tilde{v}) = 0{,}75;$$

a po ortogonalizacji, w której wg (6.24) tylko a(t) ulega zmianie na $W_2(t)$ mamy:

$$\rho(\tilde{W}_2, \tilde{x}) = -0{,}08; \quad \rho(\tilde{W}_2, \tilde{v}) = -0{,}3;$$

Tak więc dekorelacja miar amplitudowych jest znacząca i warta polecenia do zastosowań nawet w sferze pomiarów symptomów.