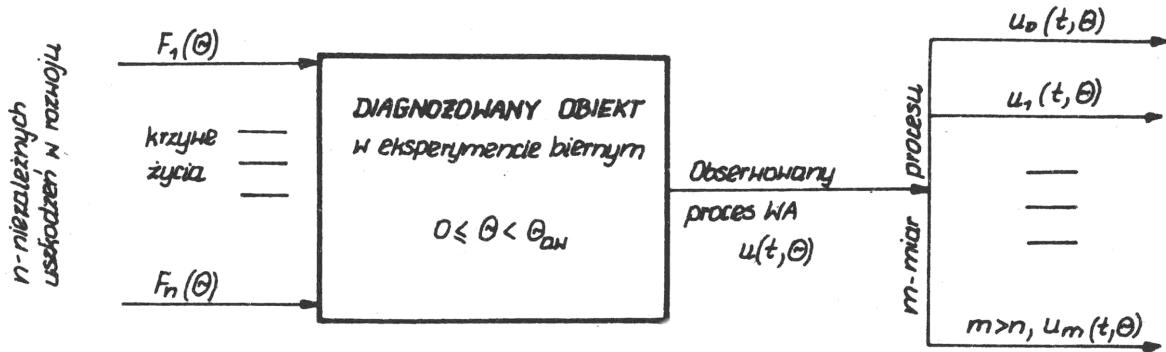


6.5.3. Filtracja diagnostyczna sygnałów

Po zreferowaniu korzystnych własności dyskryminacji cech i zakłóceń w dziedzinie symptomów, a także adaptacyjnej filtracji sygnałów uszkodzeń nasuwa się myśl połączenia obu walorów w sferze symptomów i sygnałów, w biernym eksperymencie diagnostycznym. Najprostszy model diagnostycznej obserwacji obiektu z pomiarem drgań w jednym uprzednio wybranym punkcie „r” może mieć postać tak jak na rysunku 6.4.



Rys.6.4. Model diagnostycznej obserwacji obiektu mechanicznego za pomocą m-miar sygnału drganiowego [124]

Zgodnie z niepublikowanym rękopisem referatu autora z października 83r. miary sygnału drganiowego $u_s(\theta)$ definiujemy [124] w dziedzinie częstotliwości za pomocą widma $G_u(f, \Theta)$ oraz, w dziedzinie amplitud za pomocą gęstości rozkładu $p(u, \Theta)$, (patrz również [51,73]). Tak więc mamy alternatywnie:

$$u_s(\Theta) = \begin{cases} \int_0^{\infty} f^{2s} G_u(f, \Theta) df = E_t \left[u^{(s)}(t, \Theta) \right]^2 & \text{-- obserwacja widmowa,} \\ \int_{-\infty}^{\infty} |u|^{s+1} p(u, \Theta) du = E_t \left| u(t, \Theta) \right|^{s+1} & \text{-- obserwacja amplitudowa} \end{cases} \quad s = 0, 1, 2, \dots, m > n \quad (6.27)$$

Kolejne realizacje składowych wektora obserwacji $u_s(\Theta_j)$, $s = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, l > m$ dadzą nam wiersze dwu alternatywnych macierzy obserwacji $Q_c = [U_{sj}]$, jako wejście procedury BEDIND (patrz p. 6.3.1). Oznaczając zaobserwowane cechy uszkodzeniowe (składowe główne) w alternatywie widmowej przez ${}^W D_r^2(\Theta)$ zgodnie z (6.6) oraz (6.27) możemy napisać:

$${}^W D_r^2(\Theta) = \sum_{s=0}^m b_{rs} {}^W u_s(\Theta) = \sum_{s=0}^m b_{rs} \int_0^{\infty} f^2 G_u(f, \Theta) df, \quad r = 1, \dots, p_w < n, \quad (6.28)$$

Podobnie dla alternatywy amplitudowej obserwacji składowe główne eksperymentu będą:

$${}^A D_r^2(\Theta) = \sum_{s=0}^m d_{rs} {}^A u_s(\Theta) = E_t \left\{ \sum_{s=1}^m d_{rs} |u(t, \Theta)|^{s+1} \right\} \quad r = 1, \dots, p_A < n, \quad (6.29)$$

gdzie p_w i p_A - ilość cech istotnych na zadanym poziomie istotności.

Można się domyślać z powyższego, że w obu wariantach eksperymentu, widmowym (W) i amplitudowym (A) rozróżniamy te same cechy, gorzej będzie jednak z ich wzajemnym zasobem zmienności i uporządkowaniem, stąd wynikającym.

Zapomnijmy na chwilę o tej niejednoznaczności i popatrzmy twórczo na cechy znalezione z eksperymentu widmowego (6.28). Przypominając sobie zasady przejścia sygnału

o znanej gęstości widmowej $G_u(f, \Theta)$ przez układ liniowy możemy potraktować wyrażenie stojące niżej przy widmie jako kwadrat modułu transmitancji $\Phi(if)$ układu (fitru) Φ liniowego, gdyż:

$${}^w D_r^2(\Theta) = \int_0^{\infty} \left(\sum_{s=0}^m b_{rs} f^{2s} \right) G_u(f, \Theta) df = \int_0^{\infty} |\Phi_r(if)|^2 G_u(f, \Theta) df \quad r=1, \dots, p_w, \quad (6.30)$$

Wyrażenie powyższe jest relacją konstytutywną r -tego filtra ukierunkowanego na r -te uszkodzenie w dziedzinie widma i jak widać jest niczym innym jak uśrednionym kwadratem sygnału r -tej cechy $D_r(t, \Theta)$, gdyż

$${}^w D_r^2(\Theta) = E_t \{ D_r(t, \Theta) \}^2 = \int_0^{\infty} |\Phi_r(if)|^2 G_u(f, \Theta) df, \quad (6.31)$$

co wynika bezpośrednio z twierdzenia Parsewala [51, rozdz. 3.5]. Synteza filtra przy zadanej transmitancji jest kwestią projektowania obwodów elektronicznych, nie będziemy się więc w to wglębiać przyjmując do wiadomości, że jako wynik eksperymentu biernego i dyskryminacji cech widmowych możemy uzyskać zakłócony sygnał r -tego sposobu uszkodzania się

$$D_{rc}(t, \Theta) = D_r(t, \Theta) + N_r(t, \Theta) \quad (6.32)$$

gdzie $N_r(t, \Theta)$ jest zakłóceniem sygnału po filtracji dyskryminacyjnej.

Dalsze polepszenie stosunku szumu do szumu, $\frac{D_r(\Theta)}{N_r(\Theta)}$, można uzyskać przez

zapomnianą na chwilę alternatywę amplitudową eksperymentu biernego wg wzoru (6.29) stosowaną szeregowo po filtracji widmowej.

Dla jakościowej ilustracji przedstawionej wyżej idei sprzężonej filtracji widmowo - amplitudowej sygnałów WA weźmy pod uwagę analityczny przykład obserwacji widmowej średniego kwadratu prędkości i przyspieszenia obiektu w punkcie reprezentatywnym

$\left\{ \overline{v^2(\Theta)}; \overline{a^2(\Theta)} \right\}$ oraz obserwacji amplitudowej pierwszego i drugiego momentu prędkości

drgań $|v(\Theta)| = \overline{v(\Theta)}$; $|\overline{v(\Theta)}|^2 = \overline{v^2(\Theta)}$.

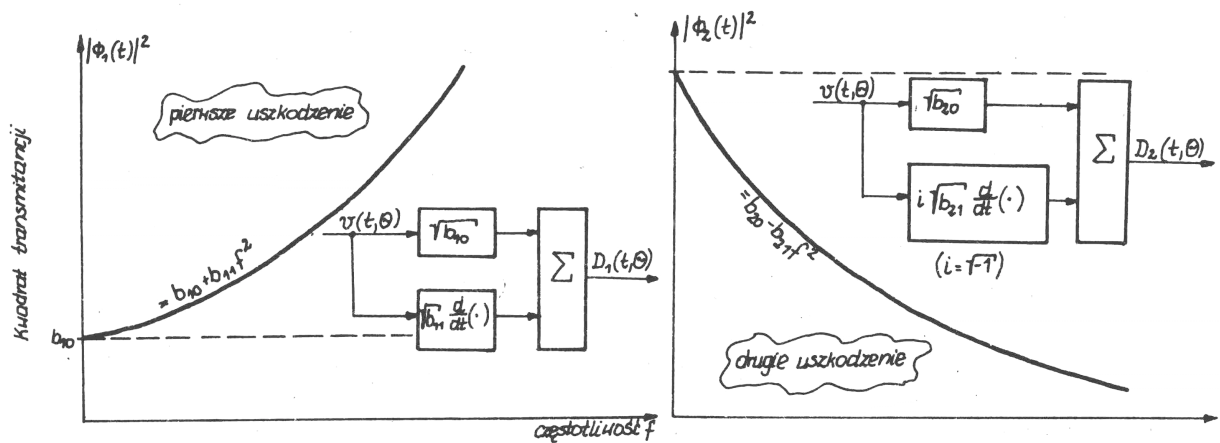
BEDIND zastosowany do dziedziny widma dał następujące składowe główne:

$${}^w D_1^2(\Theta) = b_{10} \overline{v^2(\Theta)} + b_{11} \overline{a^2(\Theta)}; \quad {}^w D_2^2(\Theta) = b_{20} \overline{v^2(\Theta)} - b_{21} \overline{a^2(\Theta)}; \quad b_{ij} > \Theta \quad (6.33)$$

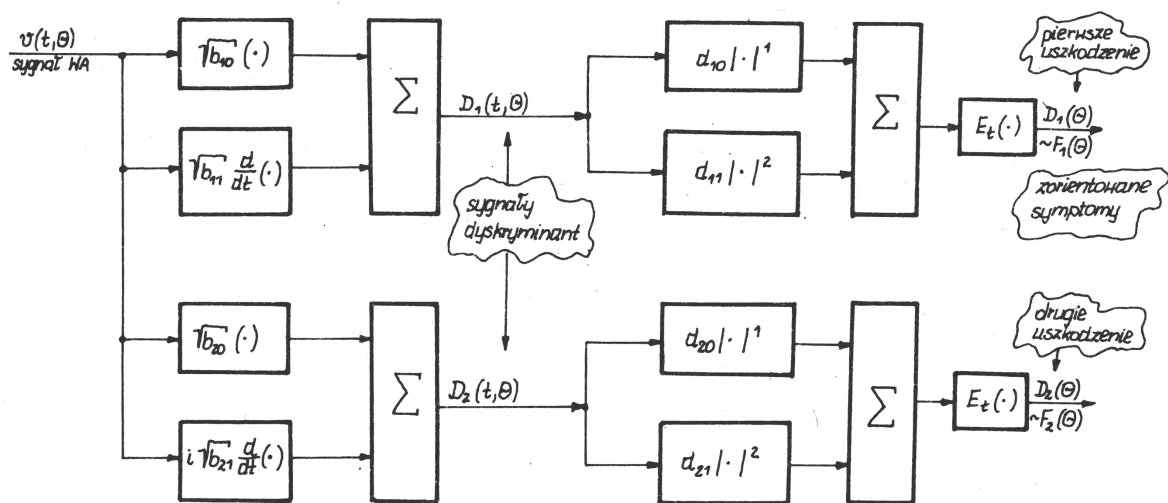
czyli

$${}^w D_1^2(\Theta) = \int_0^{\infty} (b_{10} + b_{11} f^2) G_v(f, \Theta) df; \quad {}^w D_2^2(\Theta) = \int_0^{\infty} (b_{20} - b_{21} f^2) G_v(f, \Theta) df;$$

Realizacja widmowa i sygnałowa obu składowych głównych jest przedstawiona na rysunku 6.5. Dokonując obecnie syntezy filtra amplitudowego i łącząc je szeregowo uzyskany sprzężony sposób dyskryminacji sygnałów uszkodzeń naszej hipotetycznej maszyny tak jak na rysunku 6.6.



Rys.6.5. Kwadrat transmitancji i najprostsza struktura filtrów zorientowanych diagnostycznie [124]



Rys.6.6. Sprzężona filtracja widmowo - amplitudowa sygnału prędkości drgań hipotetycznej maszyny dla uchwycenia dyskryminant uszkodzeń $D_1(\Theta)$, $D_2(\Theta)$ [124]

Ten sposób sprzężonej filtracji możemy nazwać filtracją diagnostyczną. Teoretycznie jest to bardzo elegancko, lecz brakuje jednego ogniwa wspomnianego wcześniej, tzn. przyporządkowania uszkodzeń w dziedzinie widma i amplitud. Można to np. wykonać badając podobieństwo krzywych życia ${}^w D_r^2(\Theta)$ oraz ${}^A D_r^2(\Theta)$ dla $r=1, \dots$.

Jak dotąd, powyższa koncepcja nie została w pełni zweryfikowana eksperymentalnie [124]. Autor jednak ma nadzieję, że jej przedstawienie pobudzi kreatywność czytelników w tej i innej mierze.