

6.5.1. Adaptacyjna eliminacja zakłóceń (AEZ)

Potrzebę adaptacyjnego eliminatora zakłóceń (AEZ) sygnału WA najlepiej wytłumaczyć przywołując wzór (3.2) naszego modelu generacji sygnałów

$$s(r, t, \Theta) = \sum_{i=1}^n h(r_i, t, \Theta) \otimes V_i(t, \Theta) + c(r, t, \Theta) + n(r, t, \Theta) \quad (6.18)$$

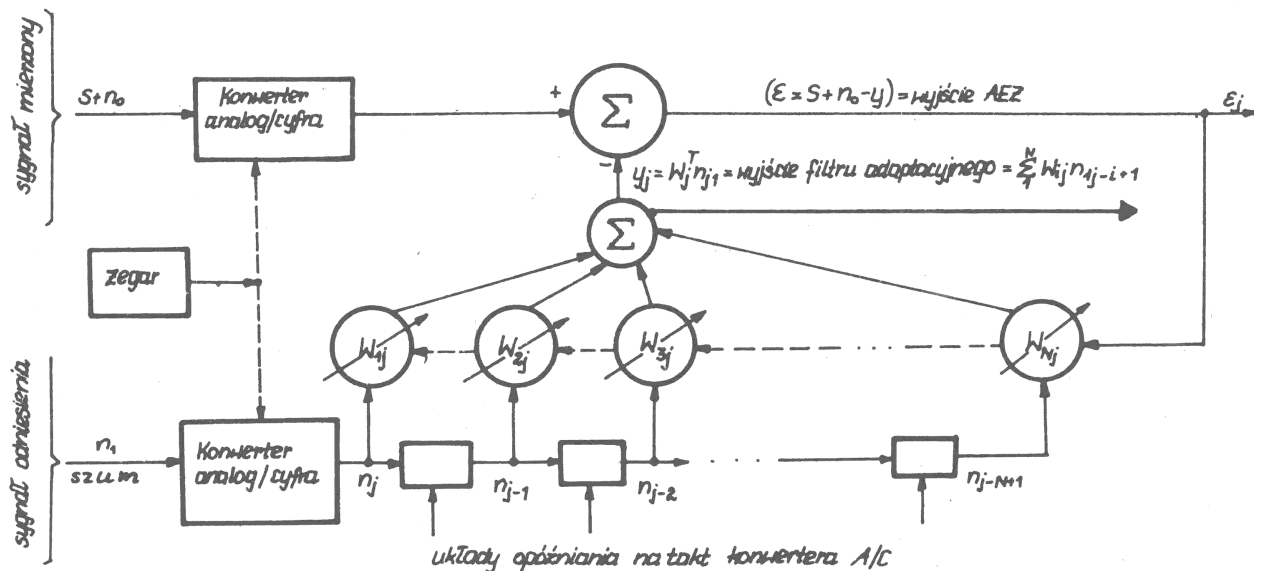
Tutaj pierwotne sygnały uszkodzeń $V_i(\bullet)$ generowane są w miejscach r_i i w splocie z impulsową funkcją przejścia $h(r_i, t, \Theta)$ (od miejsca uszkodzenia do punktu odbioru), dochodzą do punktu odbioru „r”; zmieszane dalej z sygnałem znamionowym maszyny $c(r, t, \Theta)$ i nie skorelowanymi zakłóceniami $n(r, r, \Theta)$. Jeśli przedmiotem naszych badań jest k-ty sposób uszkodzania się i związany z nim sygnał $V_k(t, \Theta)$, to możemy to zapisać następująco:

$$s(r, t, \Theta) = h(r_k, t, \Theta) \otimes V_k(t, \Theta) + \sum_{i=1}^n h(r_i, t, \Theta) \otimes V_i(t, \Theta) + c(r, t, \Theta) + n(r, t, \Theta) = h(r_k, t, \Theta) \otimes V_k(t, \Theta) + m(r, t, \Theta)$$

Działając teraz na nasz sygnał (6.19) idealnym układem adaptacyjnego eliminatora zakłóceń $AEZ(\bullet)$ otrzymamy jakościowe ilustrację zasady jego pracy:

$$AEZ[s(r, t, \Theta)] \cong V_k(t, \Theta) \quad (6.20)$$

Jak widać, nastąpiło tu odrzucenie (eliminacja) wszystkich szumów i zakłóceń oznaczonych łącznie jako $m(r, t, \Theta)$, a nawet deconvolucja impulsowej funkcji przejścia $h(r_k, t, \Theta)$. Wykonanie powyższej idei nie jest takie proste, ale w wielu przypadkach możliwe pod warunkiem, że dysponujemy programowanym cyfrowym analizatorem sygnałów. Ideę takiej operacji w zastosowaniu do diagnostyki zilustrujemy w ślad za pracami Chaturvedi i Thomasa [121,122], a rysunek 6.2 objaśnia schemat przepływu spróbkowanego sygnału.



Rys.6.2. Przykładowa konfiguracja układu adaptacyjnego eliminatora zakłóceń (AEZ) [122]

Jak widać z rysunku są tu dwa wejścia: jedno sygnału pomiarowego z szumem $s(t) + n_o(t)$, a drugie sygnału odniesienia z szumem $n_1(t)$, z którego krok po kroku formowane jest wyjście filtra adaptacyjnego y , za pomoce wag W_{ij} , których efekt ma za zadanie zminimalizować ε tzn. wyjście AEZ. Zakładamy przy tym, że procesy $s(t)$, $n_o(t)$, $n_1(t)$ są stacjonarne o wartości średniej zero oraz, że szумы $n_o(t)$, $n_1(t)$ są nie skorelowane wzajemnie i z sygnałem, tzn. $E_t \{s \cdot n_1\} = 0$, $E_t \{n_1 \cdot n_o\} = 0$.

Wyjście układu AEZ, jak widać z rysunku 6.2, można wyrazić wzorem:

$$\varepsilon = s + n_o - y, \quad (6.21)$$

wtedy:

$$\varepsilon^2 = s^2 + (n_o - y)^2 + 2s(n - y) = s^2 + (n_o - W^T n_1)^2 + 2s(n_o - W^T n_1). \quad (6.22)$$

Biorąc wartość oczekiwaną obu stron i korzystając z założenia o zerowej wartości średniej sygnału $E_t\{S\} = 0$ mamy:

$$E_t[\varepsilon^2] = E_t[s^2] + E_t[n_o - W^T n_1]^2, \quad (6.23)$$

skąd widać, że minimalizując wyjście ε poprzez dobór wektora, wag W uzyskamy niezakłócony sygnał s , jako że

$$\underset{W}{\text{Min}} E_t[\varepsilon^2] = E_t[s^2] + \underset{W}{\text{Min}} E_t[n_o - W^T n_1]^2, \quad (6.23)$$

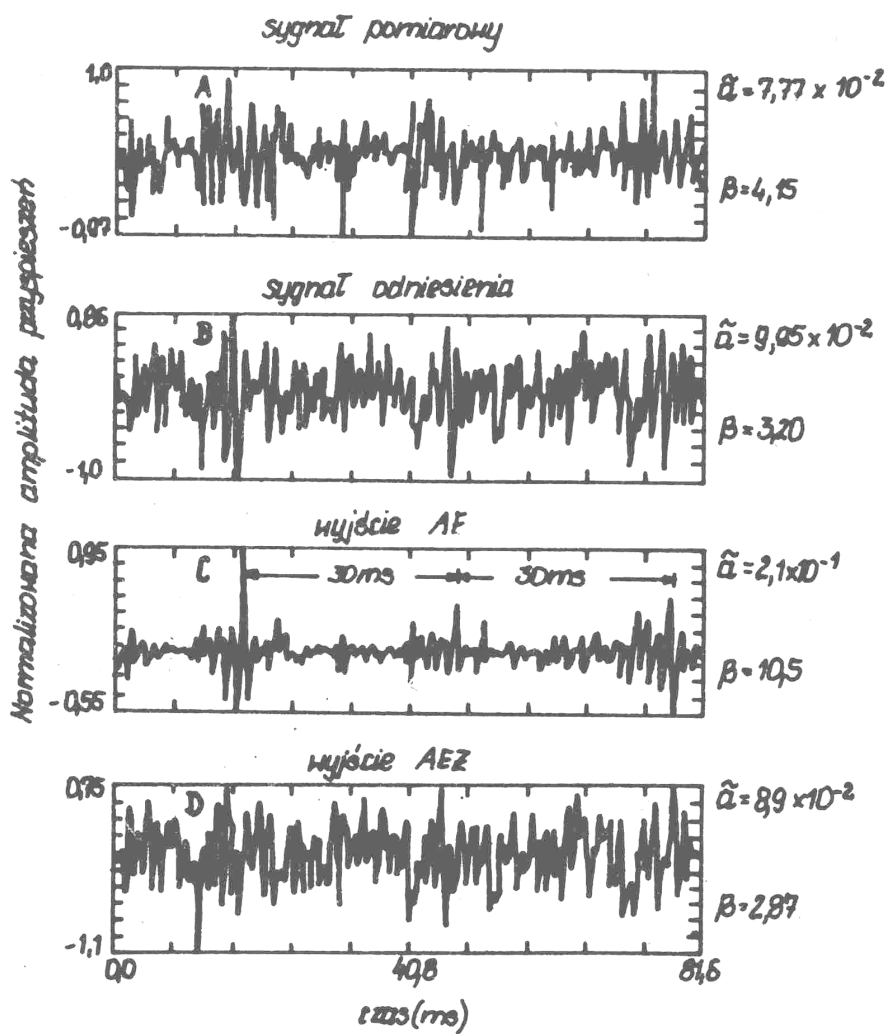
wtedy, jak widać z powyższego, wyjście filtra adaptacyjnego $y = W^T n_1$ jest najlepszym (w sensie średniego kwadratu) oszacowaniem szumu zakłócającego - n_o , a więc najlepszą repliką tych zakłóceń.

Istnieje wiele metod poszukiwania bieżących wartości wektora wag W , lecz odsyłając zainteresowanych do literatury [120 ÷ 122] nie będziemy się tym dalej zajmowali. Pokażemy jedynie na zakończenie efekt działania układu AEZ w zastosowaniu do diagnostyki łożyska tocznego. Tutaj sygnał pomiarowy $= s + n_o$ był zbierany z obudowy łożyska, sygnał odniesienia - n_1 z podstawy stanowiska pomiarowego złożonego z silnika elektrycznego, przekładni zębatej i dwu łożysk tocznych [122]. Dla oceny stanu łożysk tocznych mierzono kurtozę β każdego z sygnałów, jak na rysunku 6.3.

Jak widać z rysunku, sygnał uszkodzenia pojawił się tu nie na wyjściu AEZ lecz na wyjściu adaptacyjnego filtra AF uzyskując wartość kurtozy $\beta = 10,5$, co świadczy o znaczącym uszkodzeniu łożyska. Nasuwają się więc dwa wnioski. Po pierwsze nie można gwarantować miejsca pojawienia się sygnału (ε, y) - co jest niekorzystną cechą. Po drugie

następuje istotne zwiększenie sygnału do szumu rzędu 30 dB, $20 \lg \frac{2,1 \cdot 10^{-1}}{7,7 \cdot 10^{-2}} = 31,3 \text{ dB}$

pozwalające bez przeszkód ocenić stan łożyska za pomocą pomiaru kurtozy. Widać więc tu, że nasze rozważania o wstępnej selekcji sygnałów (patrz p. 3. 4) były jak najbardziej uzasadnione.



Rys.6.3. Ilustracja działania adaptacyjnego eliminatora zakłóceń AEZ w skali znormalizowanej przyspieszeń z podaniem odnośnej wartości kurtozy β [122].