RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **TŁUMACZENIE PATENTU EUROPEJSKIEGO**

(19) **PL** (11) **PL/EP 3505903**

(13) **T3**

(51) Int.Cl.
***G01M 17/04 (2006.01)***
***F16F 9/32 (2006.01)***

(96) Data i numer zgłoszenia patentu europejskiego:
**30.12.2017 17211260.9**

(97) O udzieleniu patentu europejskiego ogłoszono:
**14.10.2020 Europejski Biuletyn Patentowy 2020/42**
**EP 3505903 B1**

(54) Tytuł wynalazku:

**Sposób wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych oraz urządzenie do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych**

(30) Pierwszeństwo:

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**03.07.2019 w Europejskim Biuletynie Patentowym nr 2019/27**

(45) O złożeniu tłumaczenia patentu ogłoszono:

**19.04.2021 Wiadomości Urzędu Patentowego 2021/08**

(73) Uprawniony z patentu:

**EMT-SYSTEMS Sp. z o.o., Gliwice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PIOTR CZOP, Gliwice, PL**
**DAMIAN BRASKA, Gliwice, PL**
**MARIUSZ HETMANCZYK, Gliwice, PL**
**JAKUB SLONIEWSKI, Gliwice, PL**
**GRZEGORZ WSZOLEK, Gliwice, PL**

(74) Pełnomocnik:
**rzecz. pat. Jerzy Lampart**
**KANCELARIA PATENTOWA**
**ul. Wyzwolenia 1 B**
**42-624 Ossy**

**PL/EP 3505903 T3**

**Uwaga:**

W ciągu dziewięciu miesięcy od publikacji informacji o udzieleniu patentu europejskiego, każda osoba może wnieść do Europejskiego Urzędu Patentowego sprzeciw dotyczący udzielonego patentu europejskiego. Sprzeciw wnosi się w formie uzasadnionego na piśmie oświadczenia. Uważa się go za wniesiony dopiero z chwilą wniesienia opłaty za sprzeciw (Art. 99 (1) Konwencji o udzielaniu patentów europejskich).

**Sposób wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych oraz urządzenie do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych**

Przedmiotem wynalazku jest sposób oraz urządzenie do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych, umożliwiający klasyfikację stanu, a szczególnie w przypadku jednokrotnego suwu trzpienia tłoka tłumika hydraulicznego. Wynalazek umożliwia detekcję uszkodzeń prowadnicy tłoczyska, uszczelnienia tłoczyska, zaworu podstawy, tłoka, zaworów płytkowych, płytek zaworowych. Wynalazek znajduje zastosowanie dla amortyzatorów hydraulicznych jednorurowych oraz dwururowych.

Dotychczas znane metody badania amortyzatorów, których przykładami są rozwiązania z aplikacji patentowych EP 86302935 A2, EP 86402253 B1, EP 86402254 B1, EP 89907781 B1, EP 94102441 B1, EP 94115944 A2, EP 95930380 B1, EP 98122896 B1, KR100745356 B1, CN 103018056 A można podzielić na dwie podstawowe grupy, obejmujące następujące kategorie:

- stanowiskowe metody badawcze amortyzatorów zabudowanych w zawieszeniu pojazdu:
    - metoda drgań wymuszonych,
    - metoda drgań swobodnych:
        - o zmiennej amplitudzie drgań,
        - o stałej amplitudzie drgań,
    - metoda płyt najazdowych,
    - metody analizy drgań jako miary stanu technicznego elementów zawieszenia pojazdu,
- metody badania amortyzatorów niezabudowanych w samochodzie:
    - na stanowiskach indykatorowych,
    - na maszynach serwohydraulicznych,
    - na stanowiskach z ręcznym wymuszaniem ruchu amortyzatora.

Rozwiązania służące do badań amortyzatorów zabudowanych w zawieszeniach pojazdu posiadają liczne ograniczenia, które powodują, że nie nadają się one do zastosowania jako urządzenia przeznaczone do kontroli amortyzatorów na liniach produkcyjnych. Przede wszystkim są one przeznaczone do testów diagnostyczno-kontrolnych informujących o ogólnej

zdolności amortyzatora do tłumienia drgań, nie są w stanie informować o rodzaju uszkodzenia amortyzatora i wadach produkcyjnych badanego amortyzatora. Urządzenia potrafią mierzyć parametry informujące o stanie eksploatacyjnym amortyzatora. Ponadto w przypadku urządzeń tego typu informacja o stanie amortyzatora ma charakter głównie jakościowy. Pomiary na urządzeniach tego typu silnie zależą od wartości ciśnienia w oponach, które ma wpływ na wyznaczane charakterystyki oraz charakteryzują brakiem dostosowania parametrów testu do zmiennych właściwości badanych amortyzatorów. Urządzenia tego typu ze względu na sposób realizacji pomiaru nie mogą być wykorzystane na liniach produkcyjnych amortyzatorów.
Na etapie projektowania i produkcji amortyzatorów hydraulicznych do określenia charakterystyki oraz stanu technicznego tłumików hydraulicznych stosowane są metody badania amortyzatorów niezabudowanych w zawieszeniu pojazdu. Wykorzystują one siłowniki wymuszające kompresję i dekompresję amortyzatora mechaniczne z napędem elektrycznym, elektromechaniczne wzbudniki drgań lub maszyny serwohydrauliczne.

Typowe badania amortyzatorów niezabudowanych w zawieszeniu pojazdu obejmują:

1. wyznaczenie charakterystyk eksploatacyjnych (siły tłumienia w funkcji prędkości tłoczyska amortyzatora, siły tłumienia w funkcji przemieszczenia tłoczyska amortyzatora),
2. wyznaczanie referencyjnych charakterystyk drganiowych,
3. detekcji wad powstałych w wyniku błędów produkcyjnych,
4. sprawdzenie niezawodności i trwałości tłumików, w warunkach maksymalnie zbliżonych do warunków eksploatacji.

Do istotnych wad ujawnionych metod badań stanowiskowych amortyzatorów niezabudowanych w samochodach, w przypadku kolejnych metod, należą:

5. na stanowiskach elektromechanicznych:
    - wysoki stopień złożoności konstrukcyjnej stanowiska,
    - brak możliwości szybkiej oceny stanu amortyzatorów hydraulicznych,
    - długi czas montażu oraz demontażu badanego elementu,
    - długi czas pomiaru,
    - konieczność zaangażowania pracowników o wysokich kwalifikacjach,
    - długi czas przygotowania testu,
    - wysoki koszt badań,
6. na maszynach serwohydraulicznych:
    - wysoki stopień złożoności konstrukcyjnej stanowiska,

- brak możliwości szybkiej oceny stanu amortyzatorów hydraulicznych,
- wysoki koszt stanowiska,
- długi czas montażu oraz demontażu badanego elementu,
- długi czas pomiaru,
- konieczność zaangażowania pracowników o wysokich kwalifikacjach,
- wysoki koszt badań,

7. wymuszanie ręczne ruchu amortyzatora (dedykowane stanowiska badawcze na liniach produkcyjnych kontroli jakości):
    - wymuszenie trzpienia amortyzatora hydraulicznego o niepowtarzalnej wartościach siły oraz czasu,
    - brak zautomatyzowanego przetwarzania wyników pomiarów,
    - klasyfikacja stanu zależna od wiedzy operatora stanowiska.

We wszystkich z przedstawionych metod badań stanowiskowych amortyzatorów niezabudowanych w samochodach nie opracowano jak dotąd jednoznacznych procedur klasyfikacji stanu amortyzatorów samochodowych.

Sposób wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych według wynalazku, zawiera przynajmniej jedną z dwóch faz, gdzie faza pierwsza zawiera kolejno czynności z procedury pomiarowej, następnie dokonuje się automatycznej wstępnej obróbki sygnału przyspieszenia drgań. W dalszej kolejności przetwarzany jest sygnał przyspieszenia drgań następnie przetwarza się sygnał algorytmem FFT, następnie wyznacza się charakterystyki statystyczne widma takie jak średnia, wariancja oraz odchylenie standardowe, następnie wyznacza się wartości charakterystyk granicznych dla każdego z *n* przedziałów dziedziny widma. Natomiast faza druga obejmuje kolejno procedurę pomiarową, następnie automatyczną wstępną obróbkę sygnału przyspieszenia drgań, następnie dodatkową obróbkę sygnału przyspieszenia drgań, w dalszej kolejności przetworzą się sygnał z użyciem algorytmu FFT, następnie wyznacza się wartości liczby górnej i dolnej przekroczeń charakterystyk granicznych, następnie porównuje się sumy liczby górnej i dolnej przekroczeń charakterystyk granicznych z wartością graniczną i na tej podstawie wskazuje się wynik klasyfikacji w postaci dwóch stanów – zdatny lub niezdatny. Procedura pomiarowa obejmuje kolejne kroki: najpierw tłumik hydrauliczny jest umieszczany na płycie mocującej i unieruchamiany; następnie siłownik wymuszający porusza się w dół z kontrolowaną przez układ sterowania prędkością, osiągając położenie, w którym dochodzi do kontaktu czujnika przyspieszenia drgań zamocowanego na tłoczysku siłownika wymuszającego, z końcówką

tłoczyska tłumika hydraulicznego, następnie ruch z prędkością kontrolowaną przez układ sterowania jest kontynuowany, aż do osiągnięcia zadanego wysuwu roboczego $h_{TH}$ siłownika wymuszającego, przy czym w trakcie ruchu wysuwania tłoczyska siłownika wymuszającego prowadzona jest rejestracja przebiegu sygnału przyspieszenia drgań. Przede wszystkim jednak unieruchomienie tłumika hydraulicznego w trakcie pomiaru odbywa się poprzez zaciśnięcie siłownikiem blokującym tłumika hydraulicznego, oraz tym że tłumik hydrauliczny umieszcza się tak, że oś podłużna tłoczyska tłumika hydraulicznego jest skierowana ku górze, przy czym rejestruje się przyśpieszenie drgań czujnikiem, który umieszcza się na zakończeniu tłoczyska siłownika wymuszającego oraz tym, że próbki tłumików hydraulicznych wykorzystywanych w fazie wyznaczania charakterystyk granicznych są wzorcowe i mają konstrukcję identyczną do badanego tłumika hydraulicznego. Wykorzystuje się przy tym automatyczne przycięcie sygnału w dziedzinie czasu o zakres $t_0 - t_s$, gdzie punkt $t_0$ jest określony przez chwilę czasu odpowiadającej kontaktowi czujnika przyspieszenia drgań z końcówką tłoczyska tłumika hydraulicznego, oraz tym, że do wyznaczania charakterystyk granicznych wykorzystuje się maksymalny współczynnik korekcji odchylenia standardowego $a_{max}$ wyznaczony iteracyjnie oraz skorygowane odchylenie standardowe $\sigma_{c_j}$.

Iteracyjne wyznaczanie współczynnik korekcji odchylenia standardowego $a_{max}$ polega na tym, że w każdym kroku algorytmu iteracyjnego zwiększa się wartość współczynnika korekcji odchylenia standardowego o parametr $\Delta a$ w zakresie $(0..a_{max})$, gdzie $a_{max}$ przyjmuje wartość $a_k$, która dla każdego z *n* przedziałów częstotliwości spełnia warunek, że dla każdej wartości $w_{j_i}$, gdzie $j \in \langle 1..n \rangle$ oraz $i \in \langle 1..k_{th} \rangle$:

$$(w_{j_i} < \mu_j + a_k \cdot \sigma_j)\ oraz\ (w_{j_i} > \mu_j - a_k \cdot \sigma_j)$$

gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$w_{j_i}$ – *i*-ta wartość zmierzona ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w zdefiniowanym przedziale częstotliwości,

$a_k$ – bieżąca wartość współczynnika korekcji odchylenia standardowego dla *k*-tej iteracji,

$k$ – kolejny numerem iteracji,

$\sigma_j$ – wartość odchylenia standardowego ze zbioru $k_{TH}$pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości,

$\mu_j$ – wartość średnia ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości.

Natomiast skorygowane odchylenie standardowe wyznacza się w według funkcji:

$$\sigma_{c_j} = \left(a_{max} \cdot \left(1 - x_j\right) + b\right) \cdot \sigma_j$$

gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$\sigma_{c_j}$- skorygowane odchylenie standardowe dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości,

$a_{max}$- maksymalny współczynnik korekcji odchylenia standardowego,

$x_j$- stosunek wartości wariancji i wariancji maksymalnej dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości , $x_j = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_{max}^2}$

b - bazowa krotność odchylenia dla korekty która jest wybierana przez użytkownika i korzystnie przyjmuje wartość 3,

$\sigma_j$- odchylenie standardowe dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości

Urządzenie do wykrywania wad tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych zawiera ramę, do której w tylnej części przymocowana jest szafa sterownicza, w której znajduje się układ sterowania i komputer pomiarowy panelu operatora, który przymocowany jest do przedniej części ramy, płyty mocującej mocowanej w wewnętrznej przestrzeni ramy, układu wykonawczego znajdującego się w tylnej wewnętrznej przestrzeni ramy, który napędza siłownik wymuszający, który służy do wciskania tłoczyska, czujnika przyspieszenia drgań, który jest zamocowany na końcówce tłoczyska siłownika wymuszającego tak, że oś tłoczyska tłumika hydraulicznego i oś czujnika przyspieszenia drgań są do siebie równoległe, a korzystnie ułożone są w jednej osi. Gniazdo amortyzatora w którym umieszczana jest stopa amortyzatora znajdującą się po przeciwnej stronie amortyzatora względem jego tłoczyska, jest wykonane z tworzywa sztucznego o twardości Shore'a A 93-98 które ma za zadanie izolować drgania tłumik hydraulicznego od zakłóceń drgań przenoszonych przez ramę maszyny z otoczenia maszyny. Przednia strona płyty znajdująca się w przedniej części maszyny jest odchylona górną krawędzią od pionu maszyny w kierunku wnętrza maszyny w celu umiejscowienia amortyzatora w osi działania siłownika wymuszającego oraz zapobiegnięciu jego wypadaniu pod wpływem sił grawitacji.

Proponowany sposób oraz urządzenie do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych pozwalają na realizację badań stanowiskowych na linii produkcyjnej amortyzatorów w takcie produkcyjnym w cyklu automatycznym i pozwalają na szybką klasyfikację stanu tłumików hydraulicznych bez konieczności wykorzystywania skomplikowanych systemów pomiarowych przy zachowaniu powtarzalności pomiaru i w oparciu o opracowane algorytmy i rozwiązanie konstrukcyjne. Ponadto sposób pozwala na realizację badań niezależnie od poziomu wiedzy i doświadczenia operatora stanowiska.

**Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunkach, gdzie:** Fig.1 przedstawia schemat budowy przykładowego tłumika hydraulicznego, na którym oznaczono 1 - końcówkę tłoczyska tłumika hydraulicznego, 1a – oś podłużną tłoczyska tłumika hydraulicznego, 2 - tłoczysko tłumika hydraulicznego, 3 - osłonę uszczelnienia tłumika hydraulicznego, 4 - siedzisko sprężyny, 5 - tubus tłumika hydraulicznego, 6 - podstawę tłumika hydraulicznego; Fig. 2 przedstawia schemat budowy urządzenia do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych, na którym oznaczono 7 - ramę, 8- szafę sterowniczą, 9a-d - części układu wykonawczego, gdzie 9a - część elektryczna układu wykonawczego, 9b - część pneumatyczna układu wykonawczego, 9c - siłownik blokujący, 9d - siłownik wymuszający; 10 - panel operatora, 11 - tłumik hydrauliczny, 12 - płytę mocującą, 13 - układ sterowania, 14 - komputer pomiarowy; Fig. 3 przedstawia schemat budowy siłownika wymuszającego (9d), na której oznaczono 15 - cylinder siłownika wymuszającego, 16 - tłoczysko siłownika wymuszającego, 17 - czujnik przyspieszeń drgań, 18 - czujnik przemieszczenia; Fig 4. przedstawia schemat budowy siłownika blokującego, na którym oznaczono 19 - cylinder siłownika blokującego, 20 - tłoczysko siłownika blokującego (9c), 21 - płyta dociskowa, 22 - elastyczne okładziny, Fig. 5 przedstawia schemat budowy płyty mocującej (12), na którym oznaczono 23 - płytę bazową, 24 - podstawę gniazda, 25 - gniazdo, 26 - podporę górną, 27 - ramiona dociskowe; Fig. 6 przedstawia schemat realizacji sposobu wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych, zwłaszcza amortyzatorów samochodowych; Fig. 7 przedstawia schemat ruchów wykonywanych w trakcie realizacji procedury pomiarowej, Fig. 8 przedstawia przykład wstępnego i dodatkowego obcięcia sygnału przyspieszeń drgań; Fig 9. przedstawia algorytm wyznaczania wartości maksymalnej współczynnika korekcji odchylenia standardowego $a_{max}$, Fig. 10 przedstawia reprezentację graficzną krzywej korygującej; Fig. 11 przedstawia algorytm wyznaczania charakterystyk

granicznych górnej $\delta_g$ i dolnej $\delta_d$w dyskretnej dziedzinie częstotliwości; Fig. 12 przedstawia reprezentację graficzną krzywych wykorzystywanych w fazie wyznaczania charakterystyk granicznych; Fig. 13 algorytm zliczania liczby przekroczeń charakterystyk granicznych dolnej i górnej, Fig. 14 reprezentacja graficzna zasady zliczania liczby przekroczeń charakterystyk granicznych dolnej i górnej; Fig. 15 przedstawia algorytm klasyfikacji tłumika hydraulicznego.

Sposób znajduje zastosowanie w wykrywaniu wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych, zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych o konstrukcji rurowej i polega na tym, że dokonuje się porównania widma w dziedzinie częstotliwości zarejestrowanego i przetworzonego sygnału przyspieszenia drgań w dziedzinie czasu z wartością charakterystyk granicznych górnej $\delta_g$ i dolnej $\delta_d$. Sposób składa się z dwóch faz wykorzystujących procedurę pomiarową:

1. Faza wyznaczania charakterystyk granicznych
2. Faza klasyfikacji stanu tłumików hydraulicznych

Faza wyznaczania charakterystyk granicznych górnej $\delta_g$ i dolnej $\delta_d$ przebiega etapowo w następujących krokach:

1. Rejestracja z wykorzystaniem procedury pomiarowej przebiegów sygnału przyspieszenia drgań z próby o liczebności $k_{TH}$ tłumików hydraulicznych korzystnie o budowie identycznej z testowanymi i pozbawionymi wad, gdzie $k_{TH}$ korzystnie jest większe od 30;
2. Wstępne automatyczne przycięcie sygnału oraz dodatkowe przycięcie automatycznie przyciętego sygnału przyspieszenia drgań;
3. Przygotowanie widma w dziedzinie częstotliwości z wykorzystaniem algorytmu szybkiej transformaty Fouriera (ang. Fast Fourier Transform - FFT) dla każdego z $k_{TH}$ zarejestrowanych przebiegów sygnału przyspieszenia drgań przy rozbiciu dziedziny czestotliwości w zakresie 0-$f_{max}$ na $n$ przedziałów;
4. Obliczenie wartości średniej $\mu_j$, odchylenia standardowego $\sigma_j$ oraz wariancji $\sigma_j^2$ dla każdego z $n$ przedziałów gdzie $j \in \langle 1..n \rangle$;
5. Wyznaczenie wartości charakterystyk granicznych górnej $\delta_{g_j}$ i dolnej $\delta_{d_j}$ bazującej na wartościach średniej $\mu_j$, odchylenia standardowego $\sigma_j$ oraz wariancji $\sigma_j^2$dla każdego z $n$ przedziałów, gdzie $j \in \langle 1..n \rangle$, przy wykorzystaniu algorytmów wyznaczania wartości maksymalnej współczynnika korekcji odchylenia standardowego oraz wyznaczania krzywej korygującej opisanych poniżej;

Procedura pomiarowa zawierająca pomiar przebiegów sygnału drgań jest prowadzona z użyciem urządzenia do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych będącego przedmiotem wynalazku i przebiega etapami kolejno:

- Etap 0 (E0) – tłumik hydrauliczny (11) jest umieszczany na płycie mocującej (12) tak, że jego podstawa (6) znajduje się gnieździe (25) a tubus (5) opiera się o podporę górną (26) i jest przytrzymywany ramionami (27); tłoczystko siłownika blokującego (20) wykonuję ruch w dół dociskając płytą dociskową (21) osłonę uszczelnienia tłumika hydraulicznego (3) za pośrednictwem elastycznych okładzin (22); tłoczysko siłownika wymuszającego (16) znajduje się w górnej skrajnej pozycji P0 w chwili czasu $t_0$,
- Etap I (E1) – tłoczysko siłownika wymuszającego (16) porusza się w dół z kontrolowaną przez układ sterowania (13) prędkością, osiągając położenie P1 - chwila czasu $t_s$, w którym dochodzi do kontaktu czujnika przyspieszenia drgań (17), w końcówkę tłoczyska tłumika hydraulicznego (1). Następnie ruch z prędkością kontrolowaną przez układ sterowania (13) jest kontynuowany, aż do osiągnięcia zadanego wysuwu roboczego $h_{TH}$ siłownika wymuszającego (9d) kontrolowanego czujnikiem przemieszczenia (18) – pozycja P2, chwila czasu $t_k$. Rejestracja sygnału przyspieszenia drgań czujnikiem przyspieszenia drgań (17) jest wyzwalana rozpoczęciem ruchu z pozycji P0 i kończona osiągnięciem pozycji P2.
- ETAP II (E2) – siłownik wymuszający (9d) wykonuje ruch powrotny z pozycji P2 do pozycji początkowej P0, siłownik blokujący (9c) wykonuje ruch w górę odblokowując tłumik hydrauliczny (11).
- ETAP III (E3) - dokonuje się klasyfikacji amortyzatora według sposobu przedstawionego poniżej i prezentuje wynik klasyfikacji;
- ETAP IV (E4) - tłumik hydrauliczny (11) jest wyjmowany z urządzenia do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych;

W fazie wyznaczania charakterystyk referencyjnych zarejestrowany sygnał w kroku 2. podlega dwuetapowej obróbce wstępnej. Pierwszy etap polega na automatycznym przycięciu sygnału w dziedzinie czasu o zakres $t_0 - t_s$, gdzie punkt $t_s$ jest określony przez chwilę czasu odpowiadającej kontaktowi czujnika przyspieszenia drgań (17) z końcówką tłoczyska tłumika hydraulicznego (1) i gdzie tk jest określany przez chwilę czasu, odpowiadającej chwili kontaktu czujnika przyspieszenia drgań (17) z końcówką tłoczyska tłumika hydraulicznego (1). Chwila czasu odpowiadająca kontaktowi uchwytu czujnika przyspieszenia drgań (17) z

końcówką tłoczyska tłumika hydraulicznego (1) odpowiada maksymalnemu impulsowi amplitudy przyspieszenia drgań zarejestrowanego w sygnale przekraczającego zadany poziom amplitudy korzystnie wynoszący połowę zakresu pomiarowego czujnika przyspieszenia drgań (1). Ponadto wstępnie automatycznie przycięty sygnał może być dodatkowo przycięty o zakres $t_s - t_l$ lub o zakres $t_p - t_k$, gdzie wartości $t_l$, $t_p$ mogą być dowolnie zdefiniowane przez użytkownika. Rejestracja jest prowadzona według powyższej kolejności dla każdego z liczby $k_{TH}$ tłumików hydraulicznych.

Następnie wszystkie zarejestrowane przebiegi sygnału są przetwarzane z wykorzystaniem algorytmu FFT na widmo sygnału w dziedzinie częstotliwości przy czym dziedzina częstotliwości w przedziale 0-$f_{max}$ jest podzielona na *n* przedziałów o równej szerokości, gdzie *n* jest parametrem wprowadzanym przez użytkownika. Dla każdego z *n* przedziałów dziedziny częstotliwości widma sygnału przyspieszeń drgań obliczana jest wartość średnia:

$$\mu_j = \frac{\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{k_{TH}}} w_{j_i}}{\mathrm{k_{TH}}}$$

Gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$\mu_j$ – wartość średnia ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości,

$w_{j_i}$ – *i*-ta wartość zmierzona ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w zdefiniowanym przedziale częstotliwości,

$k_{TH}$ – liczba pomiarów (liczba tłumików hydraulicznych do wyznaczenia charakterystyki referencyjnej),

Wartość odchylenia standardowego:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k_{TH}} (w_{j_i} - \mu_j)^2}{k_{TH}}}$$

Gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$\sigma_j$ – wartość odchylenia standardowego ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości,

$w_{j_i}$ – $i$-ta wartość zmierzona ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w zdefiniowanym przedziale częstotliwości,

$k_{TH}$ – liczba pomiarów (liczba tłumików hydraulicznych do wyznaczenia charakterystyki referencyjnej),

Oraz wartość wariancji:

$$\sigma_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k_{TH}} (w_{j_i} - \mu_i)^2}{k_{TH}}$$

Gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$\sigma_j^2$ – wartość wariancji ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości,

$w_{j_i}$ – $i$-ta wartość zmierzona ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w zdefiniowanym przedziale częstotliwości,

$k_{TH}$ – liczba pomiarów (liczba tłumików hydraulicznych do wyznaczenia charakterystyki referencyjnej),

Ponadto z wyznaczonego zbioru wartości wariancji $\sigma_j^2$, gdzie $j \in \langle 1{:}\, n \rangle$, wyznaczana jest wartość maksymalna $\sigma_{max}^2 = (\sigma_1^2, \dots, \sigma_n^2)$

Następnie w oparciu o wartości średnie $\mu_j$, wartości odchyleń standardowych $\sigma_j$ oraz wartości wariancji $\sigma_j^2$ dla każdego z *n* przedziałów, gdzie $j \in \langle 1..\, n \rangle$, wyznacza się maksymalną wartość współczynnika korekcji odchylenia standardowego. Wyznaczanie współczynnika korekcji odbywa się iteracyjnie, gdzie w każdym kroku iteracji zwiększana jest wartość współczynnika korekcji odchylenia standardowego o parametr $\Delta a$ w zakresie $(0..\, a_{max})$, gdzie $a_{max}$ przyjmuje wartość $a_k$ , która dla każdego z *n* przedziałów częstotliwości spełnia warunek, że dla każdej wartości $w_{j_i}$, gdzie $j \in \langle 1..\, n \rangle$ oraz $i \in \langle 1..\, k_{th} \rangle$:

$(w_{j_i} < \mu_j + a_k \cdot \sigma_j)\ oraz\ (w_{j_i} > \mu_j - a_k \cdot \sigma_j)$

gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$w_{j_i}$ – $i$-ta wartość zmierzona ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w zdefiniowanym przedziale częstotliwości;

$a_k$ – bieżąca wartość współczynnika korekcji odchylenia standardowego dla $k$-tej iteracji;

$k$ – kolejny numerem iteracji;

$\sigma_j$ – wartość odchylenia standardowego ze zbioru $k_{TH}$pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości,

$\mu_j$ – wartość średnia ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości,

Następnie w oparciu o wyznaczone wartości wariancji oraz wariancji maksymalnej wyznacza się stosunek wartości wariancji oraz wariancji maksymalnej według wzoru:

$$x_j = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_{max}^2}$$

Ponadto w oparciu o wyznaczoną wartość maksymalną korekcji odchylenia standardowego dla każdego $j \in \langle 1..\, n \rangle$ wyznaczane są wartości skorygowanego odchylenia standardowego które są dane wzorem, przy czym uwzględnia się bazową krotność dla korekty, która jest wybierana przez użytkownika i korzystnie przyjmuje wartość 3:

$\sigma_{c_j} = \left(a_{max} \cdot \left(1 - x_j\right) + b\right) \cdot \sigma_j$

Gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$\sigma_{c_j}$- skorygowane odchylenie standardowe dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości

$a_{max}$- maksymalny współczynnik korekcji odchylenia standardowego

$x_j$- stosunek wartości wariancji i wariancji maksymalnej dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości

b - bazowa krotność odchylenia dla korekty

$\sigma_j$- odchylenie standardowe dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości

Następnie obliczane są wartości charakterystyk granicznych dolnej i górnej danych wzorami:

$$\delta_{g_j} = \mu_j + \sigma_{c_j}$$

$$\delta_{d_j} = \mu_j - \sigma_{c_j}$$

gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$\delta_{g_j}$- charakterystyka graniczna górna;

$\delta_{d_j}$- charakterystyka graniczna dolna;

$\sigma_{c_j}$- skorygowane odchylenie standardowe dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości;

$\mu_j$ – wartość średnia ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości,

Wyznaczone wartości dolnego i górnego poziomu akceptowalności są wykorzystywane w fazie klasyfikacji stanu tłumików hydraulicznych. Faza klasyfikacji stanu tłumików hydraulicznych przebiega w następujących krokach:

1. Rejestracja z wykorzystaniem procedury pomiarowej przebiegów sygnału przyspieszenia drgań z testowanego tłumika hydraulicznego;
2. Wstępne automatyczne przycięcie sygnału oraz dodatkowe przycięcie automatycznie przyciętego sygnału przyspieszenia drgań;
3. Przygotowanie widma w dziedzinie częstotliwości z wykorzystaniem algorytmu szybkiej transformaty Fouriera (ang. Fast Fourier Transform - FFT) dla każdego z $k_{TH}$zarejestrowanych przebiegów sygnału przyspieszenia drgań przy rozbiciu dziedziny częstotliwości w zakresie 0-$f_{max}$ na $n$ przedziałów;
4. Porównanie zarejestrowanego sygnału przyspieszeń drgań z wyznaczonymi wartościami dolnego i górnego poziomu akceptowalności i zliczenie ilości przekroczeń dolnej oraz górnej charakterystyki granicznej.
5. Wskazanie wyniku porównania

W ramach kroku 4. zlicza się ilość $l_d$ przedziałów dla których prawdziwa jest nierówność:

$$w_j < \delta_{d_j}$$

Gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$w_j$ - wartość pomiaru dla rozważanego $j$-tego przedziału częstotliwości

$\delta_{d_j}$- wartość poziomu akceptacji dla rozważanego $j$-tego przedziału częstotliwości

a następnie zlicza się ilość $l_d$ przedziałów dla których prawdziwa jest nierówność:

$$w_j > \delta_{g_j}$$

Gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$w_j$ - wartość pomiaru dla rozważanego $j$-tego przedziału częstotliwości

$\delta_{g_j}$ - wartość poziomu akceptacji dla rozważanego $j$-tego przedziału częstotliwości

Tłumik hydrauliczny jest klasyfikowany jako prawidłowy, jeżeli suma liczb $l_g$oraz $l_d$ jest mniejsza niż wartość graniczna $l_{gr}$ zdefiniowana przez użytkownika, czyli spełniony jest warunek:

$$l_{gr} > l_g + l_d$$

Pomiary są prowadzone z wykorzystaniem urządzenia do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych, pozwalającego na rejestrację i przetwarzanie sygnałów z czujnika przyspieszeń drgań (1). Urządzenie do wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych ma ramę (7), szafę sterowniczą (8), układ sterowania (13), komputer pomiarowy (14), panel operatora (10), płytę mocującą (12) oraz układ wykonawczy (9a-d), który zawiera część elektryczną układu wykonawczego (9a), część pneumatyczną układu wykonawczego (9b), siłownik blokujący (9c) i siłownik wymuszający (9d). Szafa sterownicza (8) przymocowana jest do tylnej części ramy (7). W szafie sterowniczej (8) znajduje się część elektryczna układu wykonawczego (9a) oraz układ sterowania (13) i komputer pomiarowy (14). Komputer pomiarowy (14) oraz układ sterowania (13) są ze sobą połączone przewodem. Połączenie służy wymianie danych pomiędzy komputerem pomiarowym (14) i układem sterowania (13). Układ sterowania (13) przesyła do komputera pomiarowego (14) informacje o rozpoczęciu i zakończeniu ruchu siłowników (9c i 9d). Komputer pomiarowy (14) przesyła do układu sterowania (13) informacje o wyniku klasyfikacji. Panel operatora (10) połączony jest z komputerem pomiarowym (14) oraz układem sterowania (13) i służy do wprowadzania parametrów konfiguracyjnych: $h_{TH}, \mathrm{t}_l, \mathrm{t}_p, n, \mathrm{f}_{max}, \mathrm{l}_{gr}, \Delta a, b$ oraz wyświetlania wyniku klasyfikacji oraz wyników pomiaru. Siłownik wymuszający (9d) ma tłoczysko siłownika wymuszającego (16), czujnik przemieszczenia (18), czujnik przyspieszeń drgań (17). Siłownik wymuszający (9d) służy do wciskania tłoczyska tłumika hydraulicznego (2). Czujnik przyspieszenia drgań (17) jest zamocowany na końcówce tłoczyska siłownika wymuszającego (9d) tak, że oś tłoczyska tłumika hydraulicznego (1a) i oś czujnika przyspieszenia drgań (17) są do siebie równoległe, a korzystnie ułożone są w jednej osi. Ponadto czujnik przyspieszenia drgań (17) jest zamocowany tak, że w pozostaje w kontakcie z końcówką tłoczyska tłumika hydraulicznego (1) w trakcie ruchu P1-P2. Czujnik przemieszczenia (18) znajduje się na cylindrze siłownika wymuszającego (15). Siłownik blokujący ma płytę dociskową (21), na którego zakończeniu znajdują się elastyczne okładziny (22) wykonane z tworzywa sztucznego

o twardości Shore'a A 93-98. Siłownik blokujący (9c) służy do zablokowania tłumika hydraulicznego (11) w płycie mocującej (12) i zapewnia jego sztywne zamocowanie poprzez dociśnięcie tłumika hydraulicznego (11) przez osłonę uszczelnienia tłumika hydraulicznego (3). Układ wykonawczy (9a-d) posiadający siłownik wymuszający (9d) i blokujący (9c) jest połączony z układem sterowania (13). Układ sterowania (13) steruje układem wykonawczym (9a-d) i pozwala na wykonywanie ruchów siłownikiem wymuszającym (9d) i siłownikiem blokującym (9c), ponadto zapewnia utrzymanie powtarzalnej charakterystyki prędkości w funkcji przemieszczenia tłoczyska siłownika wymuszającego (16). Płyta mocująca (12) ma płytę bazową (23), podstawę gniazda (24), podporę górną (26), ramiona dociskowe (27) oraz gniazdo (25). Płyta mocująca (12) jest przymocowana w przedniej części ramy (7) i korzystnie jest odchylona od pionu ku tyłowi, w celu ułatwienia montażu tłumika hydraulicznego (11) w gnieździe (25). Tłumik hydrauliczny (11) jest ułożony równolegle do płyty mocującej (12). Podpora górna (26) znajduje się poniżej siedziska sprężyny (4) i zapewnia osiowe położenie tłumika hydraulicznego (11) względem tłoczyska siłownika wymuszającego (16). Ramiona dociskowe (27) są przymocowane symetrycznie po obu stronach podpory górnej (26) i zapewniają stabilne i powtarzalne ustawienie tłumika hydraulicznego (11) względem siłownika wymuszającego (9d) oraz zapobiegają jego przemieszczaniu na boki w trakcie wciskania tłoczyska tłumika hydraulicznego (2). Podstawa gniazda (24) znajduje się w dolnej części płyty mocującej (12) i służy jako element podporowy dla gniazda (25). Do podstawy gniazda (24) jest przymocowane gniazdo (25), dopasowane do podstawy tłumika hydraulicznego (6). Ponadto gniazdo (25) jest wykonane z materiału tłumiącego drgania, co przy współpracy z elastycznymi okładzinami (22) zapewnia izolację tłumika hydraulicznego (11) od drgań otoczenia.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych wykorzystujący procedurę pomiarową składającą się z zestawu zadań obliczeniowych wykonywanych w określonej kolejności za pomocą komputera pomiarowego (14) w celu rejestracji sygnału przyspieszenia drgań mechanicznych tłoczyska (1) tłumika hydraulicznego (11) przemieszczanego przez siłownik wymuszający, podczas gdy sygnał przyspieszenia drgań uzyskuje się za pomocą czujnika przyspieszenia drgań (17), ponadto sposób ten zawiera dwie fazy, gdzie faza pierwsza zawiera kolejno czynności z procedury pomiarowej, następnie dokonuje się automatycznej wstępnej obróbki sygnału przyspieszenia drgań, w dalszej kolejności przetwarzany jest sygnał przyspieszenia drgań następnie przetwarza się sygnał algorytmem FFT, następnie wyznacza się charakterystyki statystyczne widma takie jak średnia, wariancja oraz odchylenie standardowe, następnie wyznacza się wartości maksymalne oraz minimalne odchylenia standardowego liczby górnej i dolnej charakterystyk granicznych dla każdego z n przedziałów dziedziny widma, natomiast faza druga obejmuje kolejno procedurę pomiarową, następnie automatyczną wstępną obróbkę sygnału przyspieszenia drgań, następnie dodatkową obróbkę sygnału przyspieszenia drgań, w dalszej kolejności przetworzą się sygnał z użyciem algorytmu FFT, następnie wyznacza się wartości liczby górnej i dolnej przekroczeń charakterystyk granicznych, następnie porównuje się sumy liczby górnej i dolnej przekroczeń charakterystyk granicznych z wartością graniczną i na tej podstawie wskazuje się wynik klasyfikacji w postaci dwóch stanów – zdatny lub niezdatny, przy czym procedura pomiarowa obejmuje kolejne kroki: najpierw tłumik hydrauliczny (11) jest umieszczany na płycie mocującej (12) i unieruchamiany; następnie siłownik wymuszający (9a-d) porusza się w dół z kontrolowaną przez układ sterowania prędkością (13), osiągając położenie, w którym dochodzi do kontaktu czujnika przyspieszenia drgań (1) zamocowanego na tłoczysku (16) siłownika wymuszającego (15), z końcówką tłoczyska (2) tłumika hydraulicznego, następnie ruch z prędkością kontrolowaną przez układ sterowania jest kontynuowany, aż do osiągnięcia zadanego wysuwu roboczego $h_{TH}$ siłownika wymuszającego, przy czym w trakcie ruchu wysuwania tłoczyska siłownika wymuszającego prowadzona jest rejestracja przebiegu sygnału przyspieszenia drgań, **znamienny tym, że** unieruchomienie tłumika hydraulicznego w

trakcie pomiaru odbywa się poprzez zaciśnięcie siłownikiem blokującym (9c) tłumika hydraulicznego, oraz tym że tłumik hydrauliczny umieszcza się tak, że oś podłużna tłoczyska tłumika hydraulicznego jest skierowana ku górze, przy czym rejestruje się sygnał przyśpieszenia drgań czujnikiem, który umieszcza się na zakończeniu tłoczyska siłownika wymuszającego oraz tym, że próbki tłumików hydraulicznych wykorzystywanych w fazie wyznaczania charakterystyk granicznych są wzorcowe i mają konstrukcję identyczną do badanego tłumika hydraulicznego; oraz tym że wykorzystuje się automatyczne przycięcie sygnału przyspieszenia drgań w dziedzinie czasu o zakres $t_0 - t_s$, gdzie punkt $t_s$ jest określony przez chwilę czasu odpowiadającej kontaktowi czujnika przyspieszenia drgań z końcówką tłoczyska tłumika hydraulicznego, podczas gdy $t_0$ jest określony przez chwilę w której tłoczysko siłownika wymuszającego (16) znajduje się w jego górnym położeniu końcowym oraz tym, że do wyznaczania charakterystyk granicznych wykorzystuje się maksymalny współczynnik korekcji odchylenia standardowego $a_{max}$ wyznaczony iteracyjnie oraz skorygowane odchylenie standardowe $\sigma_{c\,j}$.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym, że** iteracyjne wyznaczanie współczynnik korekcji odchylenia standardowego $a_{max}$ polega na tym, że w każdym kroku algorytmu iteracyjnego zwiększa się wartość współczynnika korekcji odchylenia standardowego o parametr $\Delta a$ w zakresie $(0..a_{max})$, gdzie $a_{max}$ przyjmuje wartość $a_k$ , która dla każdego z *n* przedziałów częstotliwości spełnia warunek, że dla każdej wartości $w_{j_i}$, gdzie $j \in \langle 1..n \rangle$ oraz $i \in \langle 1..k_{th} \rangle$:

$$(w_{j_i} < \mu_j + a_k \cdot \sigma_j)\ oraz\ (w_{j_i} > \mu_j - a_k \cdot \sigma_j)$$

gdzie:

$j \in \langle 1{:}\,n \rangle$

$w_{j_i}$ – *i*-ta wartość zmierzona ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w zdefiniowanym przedziale częstotliwości,

$a_k$ – bieżąca wartość współczynnika korekcji odchylenia standardowego dla *k*-tej iteracji,

$k$ – kolejny numerem iteracji,

$\sigma_j$ – wartość odchylenia standardowego ze zbioru $k_{TH}$pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości,

$\mu_j$ – wartość średnia ze zbioru $k_{TH}$ pomiarów w rozważanym przedziale częstotliwości;

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym, że** skorygowane odchylenie standardowe wyznacza się w według funkcji:

$\sigma_{c_j} = \left(a_{max} \cdot \left(1 - x_j\right) + b\right) \cdot \sigma_j$

gdzie:

$j \in \langle 1{:}\, n \rangle$

$\sigma_{c_j}$- skorygowane odchylenie standardowe dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości,

$a_{max}$- maksymalny współczynnik korekcji odchylenia standardowego,

$x_j$- stosunek wartości wariancji i wariancji maksymalnej dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości , $x_j = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_{max}^2}$

b - bazowa krotność odchylenia dla korekty która jest wybierana przez użytkownika i korzystnie przyjmuje wartość 3,

$\sigma_j$- odchylenie standardowe dla rozpatrywanego przedziału częstotliwości

4. Urządzenie do wykrywania wad amortyzatorów hydraulicznych do stosowania sposobu według zastrz. 1 zawierające szafę sterowniczą (8), układ sterowania (13), komputer pomiarowy (14), panel operatora (10) ramę (7), do której tylnej części przymocowana jest szafa sterownicza (8), w której znajduje się układ sterowania (13) i komputer pomiarowy (14) oraz panel operatora (10), które są przymocowane do przedniej części ramy, płyty mocującej (12) mocowanej w wewnętrznej przestrzeni ramy, układu wykonawczego (9a-d) znajdującego się w tylnej wewnętrznej przestrzeni ramy, który napędza siłownik wymuszający (9d), który służy do wciskania tłoczyska amortyzatora hydraulicznego (11), czujnika przyspieszenia drgań (17), który jest zamocowany na końcówce tłoczyska siłownika wymuszającego (9d) tak, że oś tłoczyska tłumika hydraulicznego (1a) i oś czujnika przyspieszenia drgań (17) są do siebie równoległe, a korzystnie ułożone są w jednej osi, **znamienne tym, że** gniazdo amortyzatora (25) w którym umieszczana jest stopa amortyzatora znajdującą się po przeciwnej stronie amortyzatora względem jego tłoczyska, jest wykonane z tworzywa sztucznego o twardości Shore'a A 93-98, i tym że przednia strona płyty (12) znajdująca się w przedniej części ramy (7) jest odchylona górną

krawędzią od pionu maszyny w kierunku wnętrza ramy dla umiejscowienia amortyzatora w osi działania siłownika wymuszającego (9d).

Skrót

Sposób wykrywania wad produkcyjnych tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych polega na rejestracji przyśpieszenie drgań czujnikiem, który umieszcza się na zakończeniu tłoczyska siłownika wymuszającego oraz tym, że próbki tłumików hydraulicznych wykorzystywanych w fazie wyznaczania charakterystyk granicznych są wzorcowe, przy czym wykorzystuje się automatyczne przycięcie sygnału w dziedzinie czasu o zakres $t_0 - t_s$, gdzie punkt $t_0$ jest określony przez chwilę czasu odpowiadającej kontaktowi czujnika przyspieszenia drgań z końcówką tłoczyska tłumika hydraulicznego, a do wyznaczania charakterystyk granicznych wykorzystuje się maksymalny współczynnik korekcji odchylenia standardowego $a_{max}$ wyznaczony iteracyjnie oraz skorygowane odchylenie standardowe $\sigma_{c_j}$.

Urządzenie do wykrywania wad tłumików hydraulicznych zwłaszcza amortyzatorów hydraulicznych ma gniazdo amortyzatora, w którym umieszczana jest stopa amortyzatora i gniazdo to jest wykonane z tworzywa sztucznego o twardości Shore'a A 93-98. Natomiast przednia strona płyty (12) znajdująca się w przedniej części maszyny (7) jest odchylona górną krawędzią od pionu maszyny w kierunku wnętrza maszyny dla umiejscowienia amortyzatora w osi działania siłownika wymuszającego (9d).

Fig.2 (4 zastrz. patentowe)

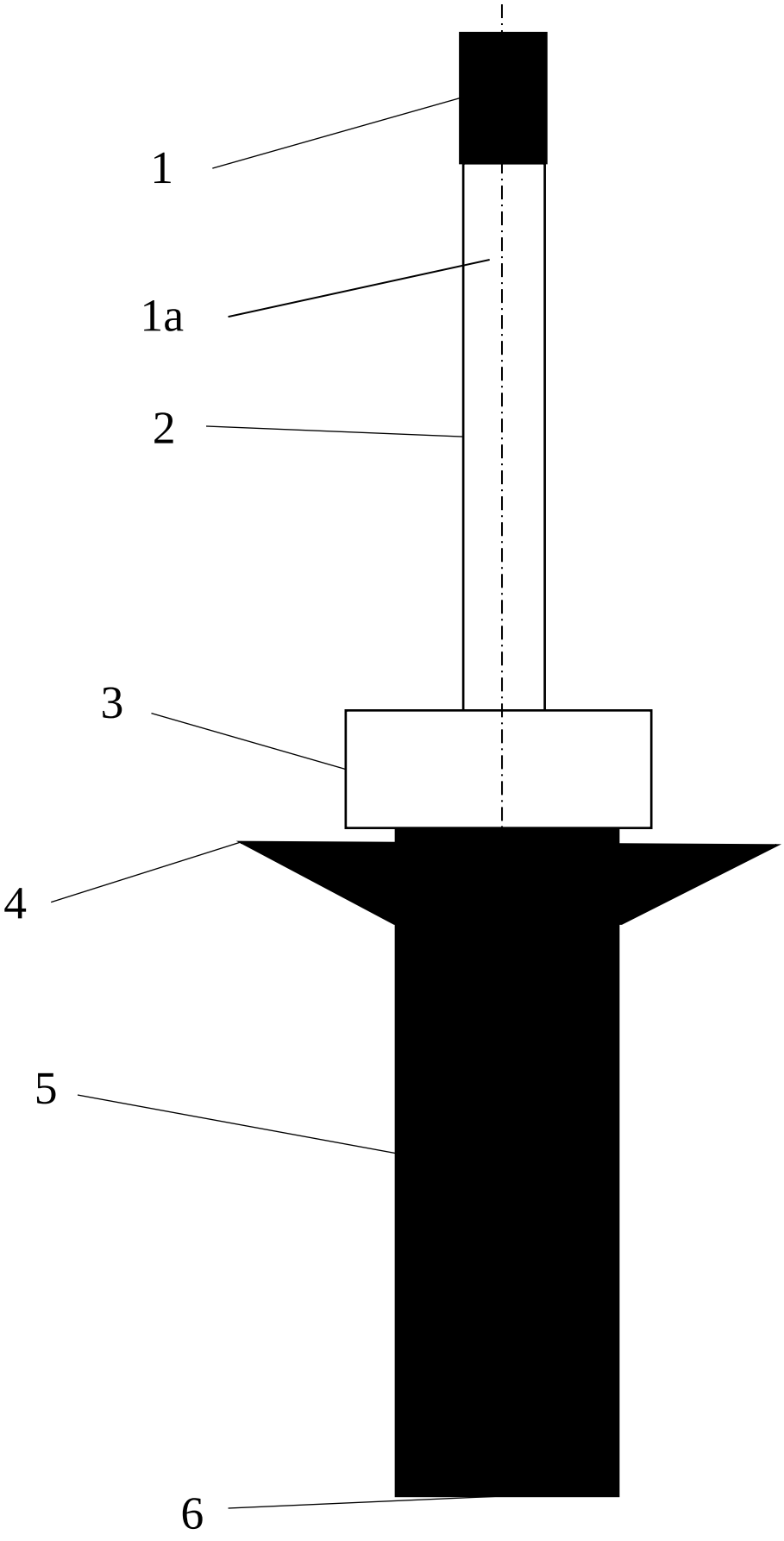


Fig 1.

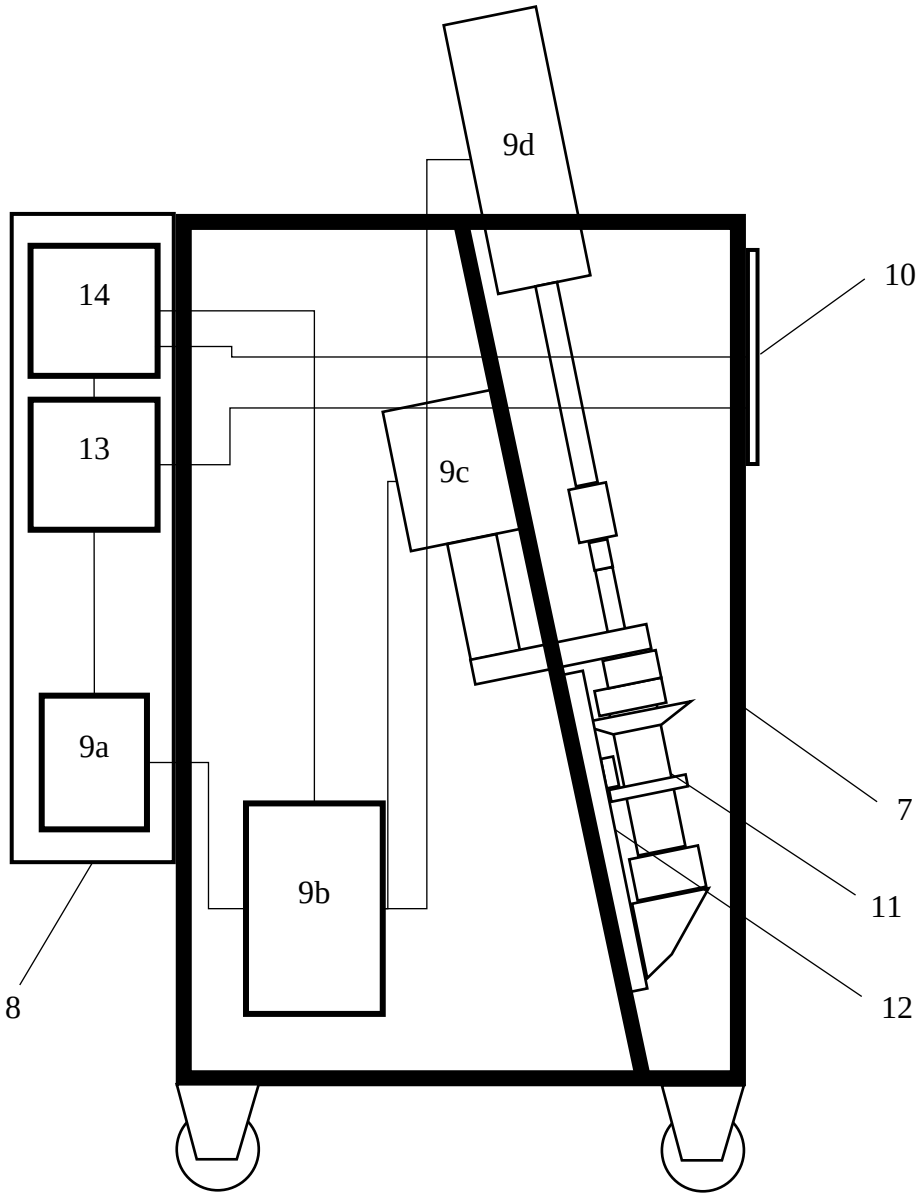


Fig 2.

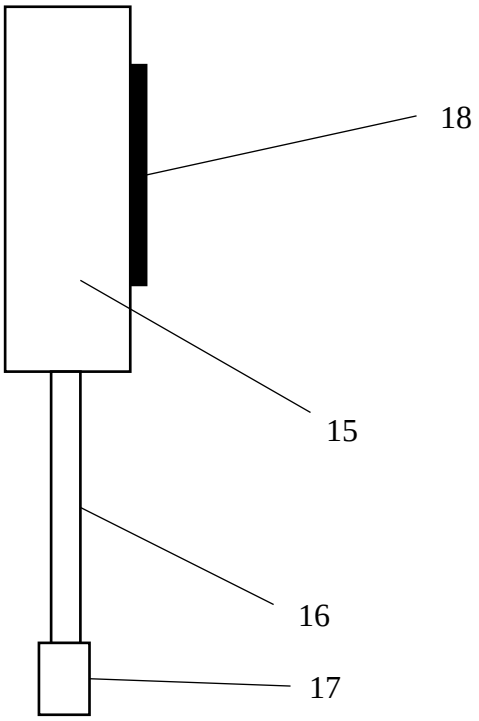


Fig 3.

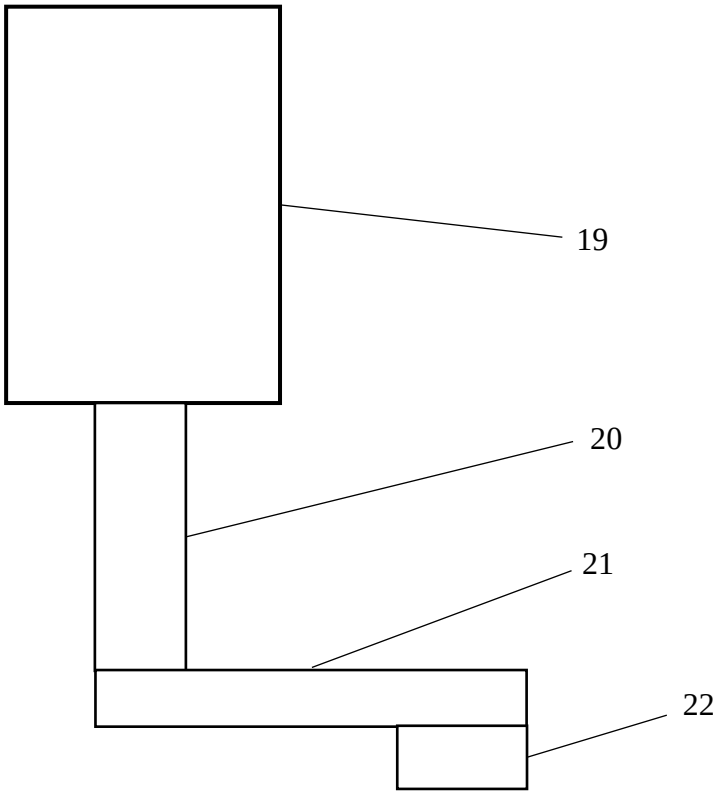


Fig 4.

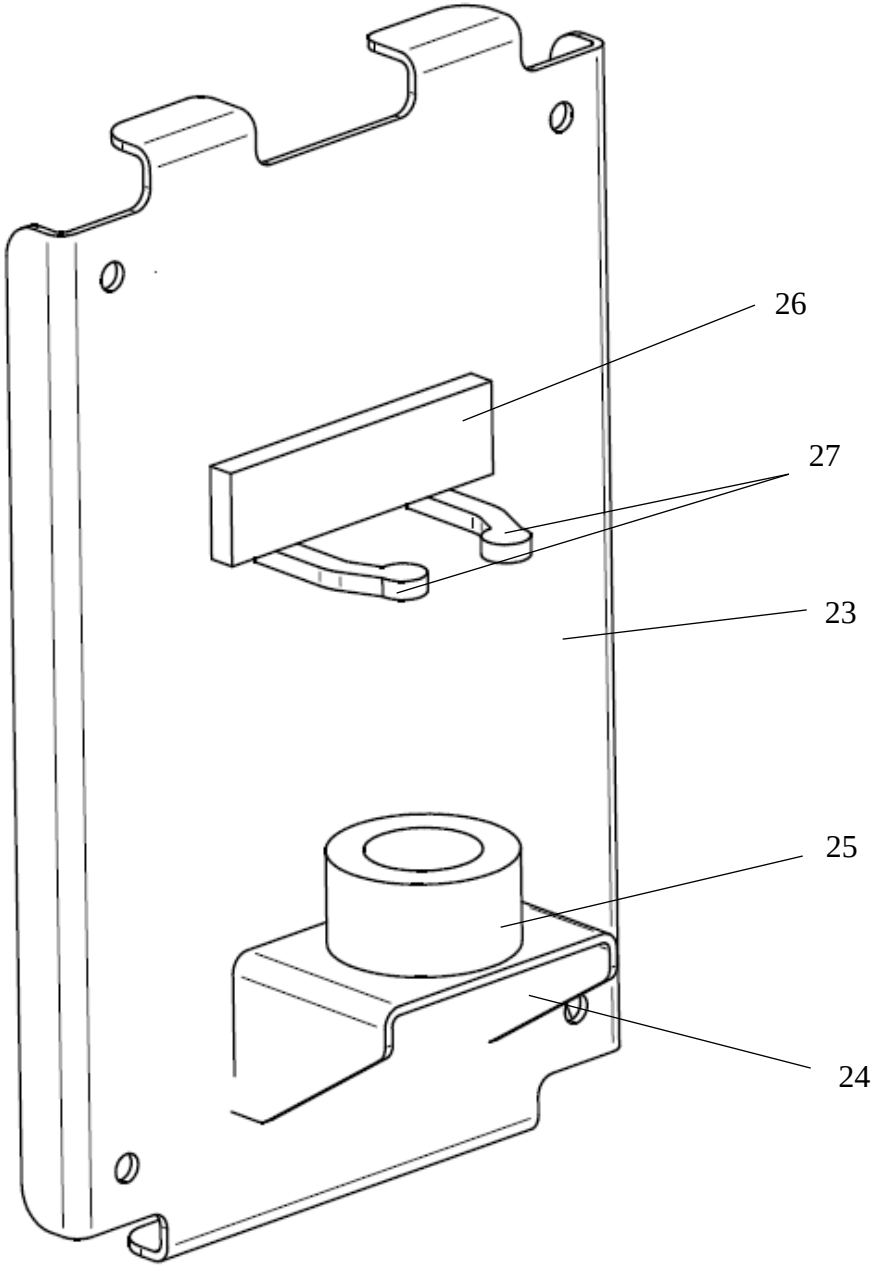


Fig 5.

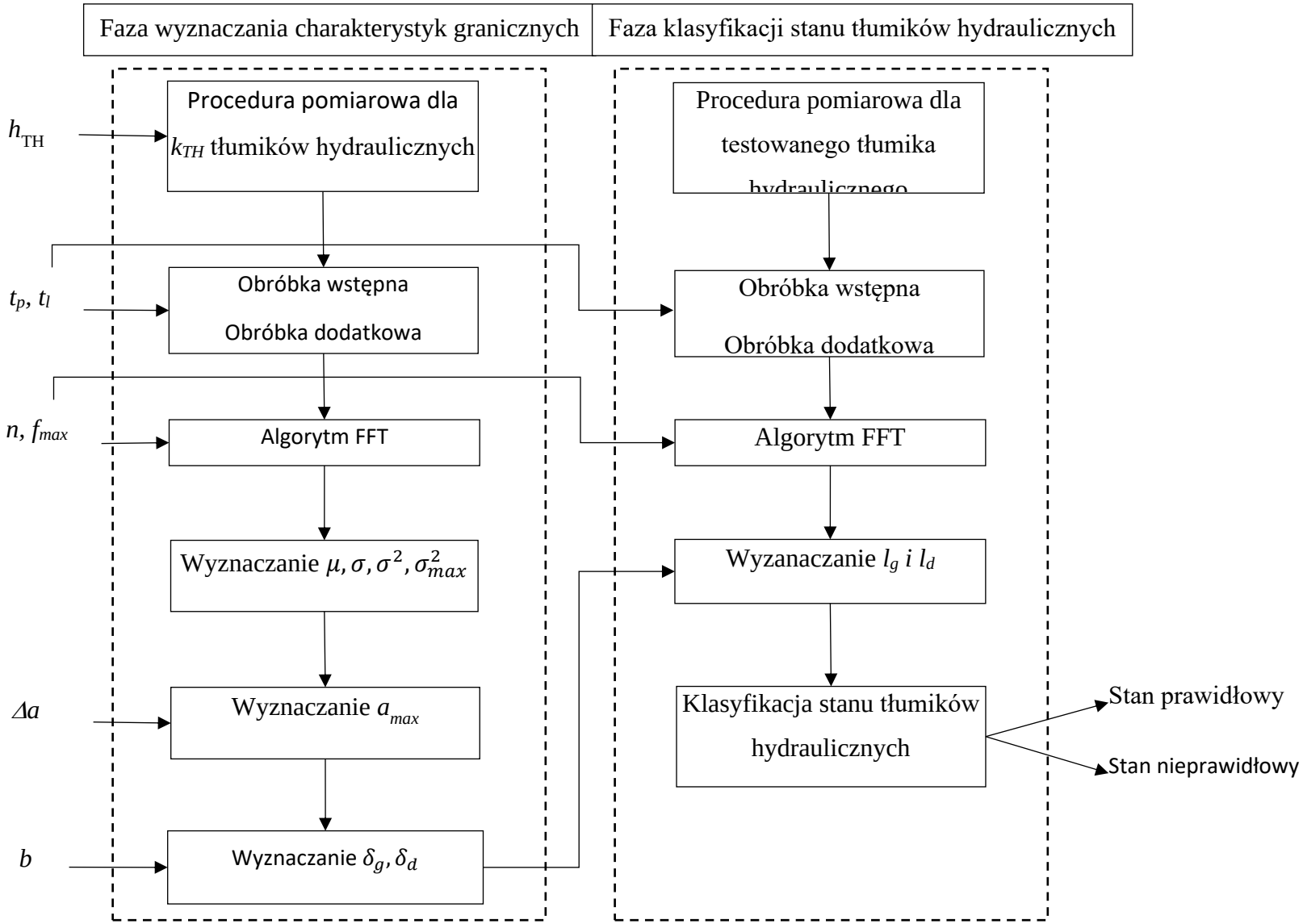
Faza wyznaczania charakterystyk granicznych
Faza klasyfikacji stanu tłumików hydraulicznych
$h_{TH}$
Procedura pomiarowa dla $k_{TH}$ tłumików hydraulicznych
$t_p$, $t_l$
Obróbka wstępna
Obróbka dodatkowa
$n$, $f_{max}$
Algorytm FFT
Wyznaczanie $\mu, \sigma, \sigma^2, \sigma^2_{max}$
$\Delta a$
Wyznaczanie $a_{max}$
$b$
Wyznaczanie $\delta_g, \delta_d$
Procedura pomiarowa dla testowanego tłumika hydraulicznego
Obróbka wstępna
Obróbka dodatkowa
Algorytm FFT
Wyzanaczanie $l_g$ i $l_d$
Klasyfikacja stanu tłumików hydraulicznych
Stan prawidłowy
Stan nieprawidłowy

Fig 6.

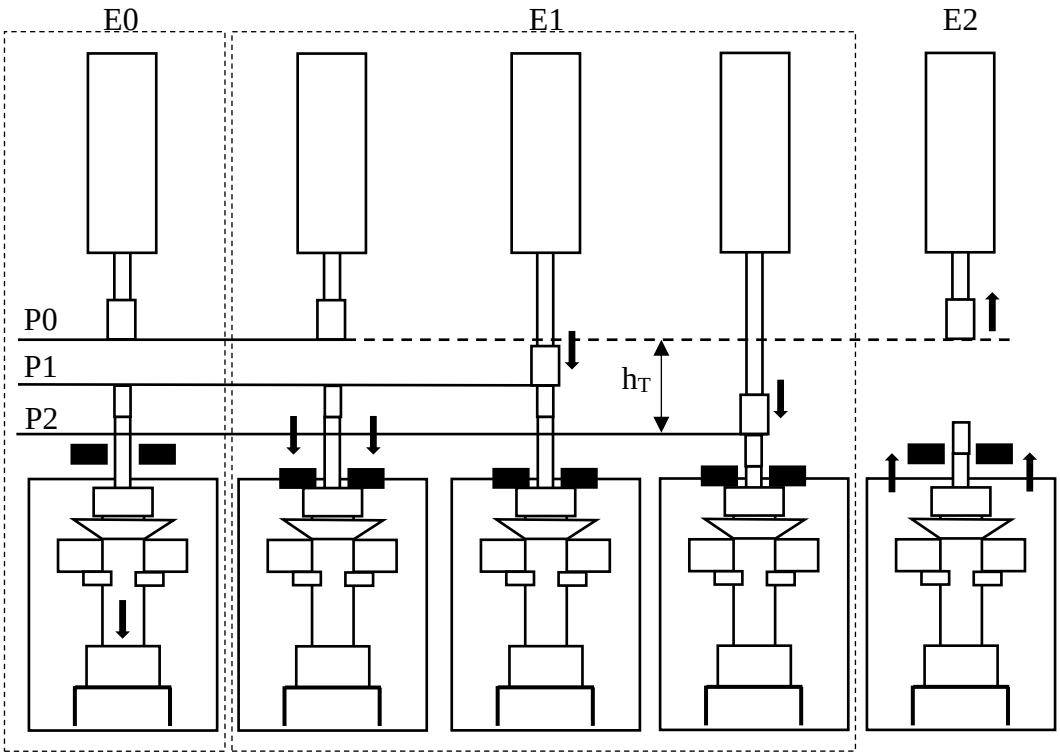


Fig 7.

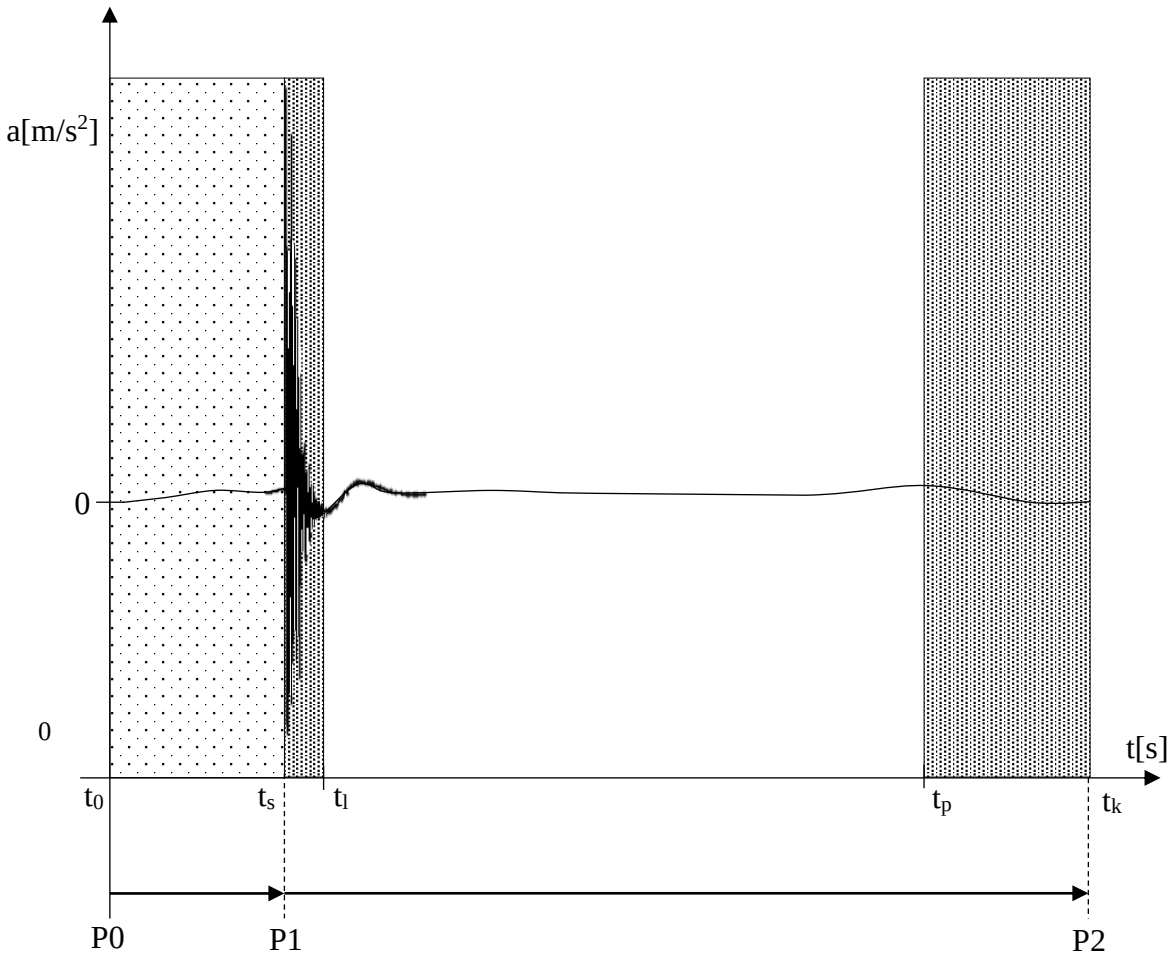


Fig 8.

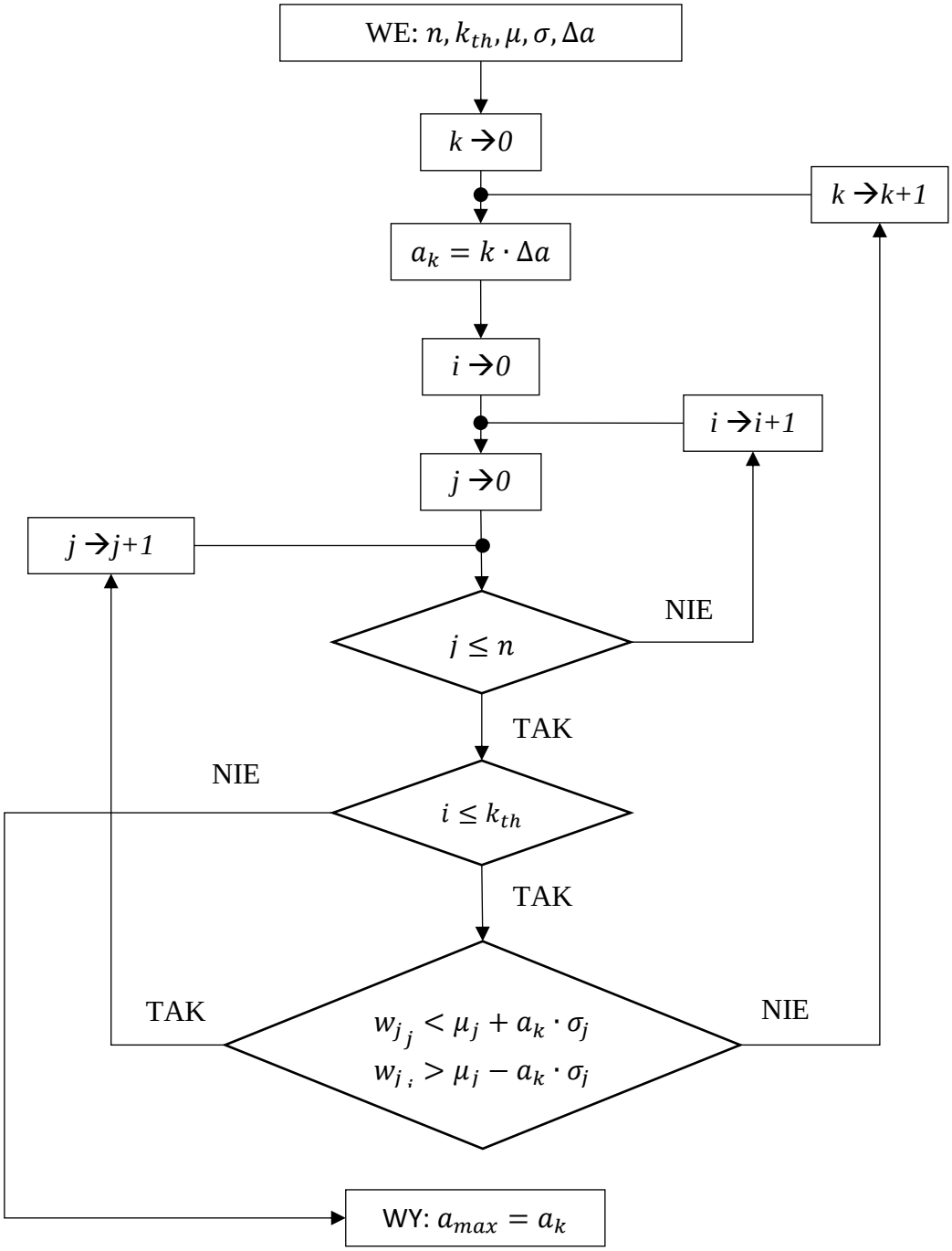
WE: $n, k_{th}, \mu, \sigma, \Delta a$
$k \rightarrow 0$
$k \rightarrow k+1$
$a_k = k \cdot \Delta a$
$i \rightarrow 0$
$i \rightarrow i+1$
$j \rightarrow 0$
$j \rightarrow j+1$
NIE
$j \leq n$
TAK
NIE
$i \leq k_{th}$
TAK
TAK
$w_{j_j} < \mu_j + a_k \cdot \sigma_j$
$w_{j_i} > \mu_j - a_k \cdot \sigma_j$
NIE
WY: $a_{max} = a_k$

Fig 9.

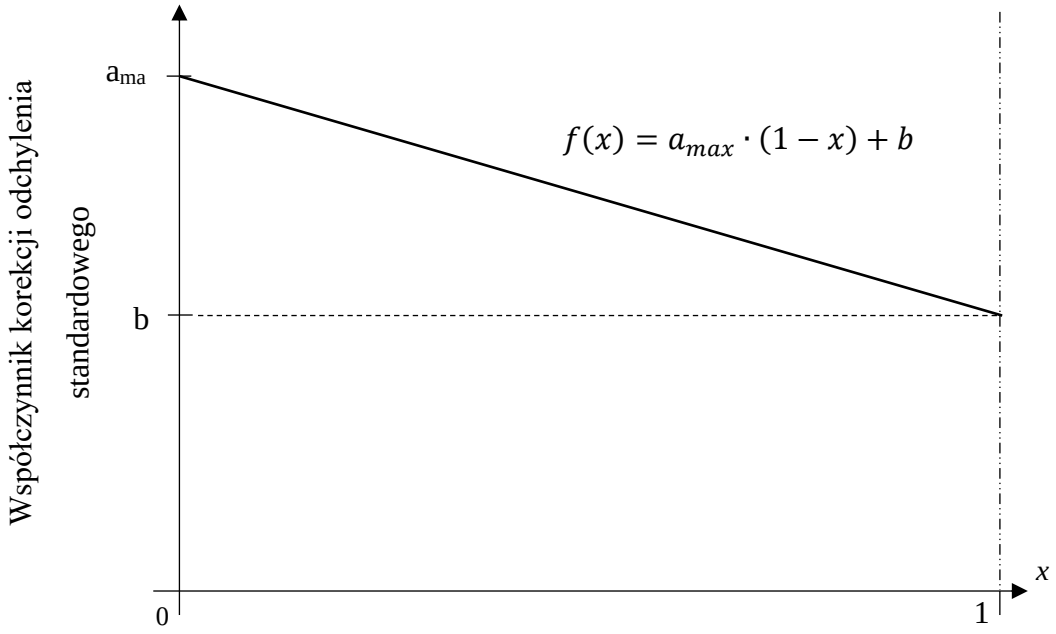
Współczynnik korekcji odchylenia standardowego
a_ma
b
0
1
x
$f(x) = a_{max} \cdot (1 - x) + b$

Fig 10.

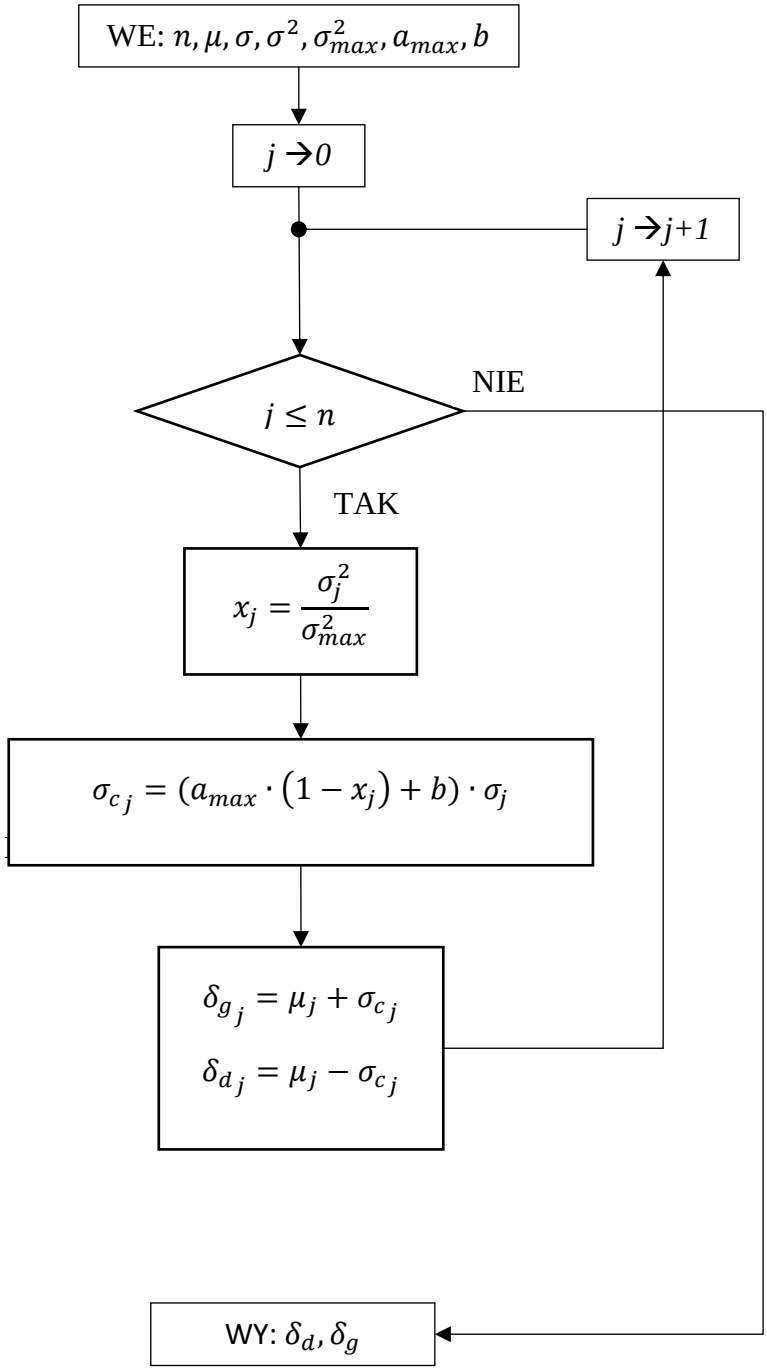
WE: $n, \mu, \sigma, \sigma^2, \sigma_{max}^2, a_{max}, b$
$j \rightarrow 0$
$j \rightarrow j+1$
$j \leq n$
NIE
TAK
$x_j = \frac{\sigma_j^2}{\sigma_{max}^2}$
$\sigma_{c_j} = (a_{max} \cdot (1 - x_j) + b) \cdot \sigma_j$
$\delta_{g_j} = \mu_j + \sigma_{c_j}$
$\delta_{d_j} = \mu_j - \sigma_{c_j}$
WY: $\delta_d, \delta_g$

Fig 11.

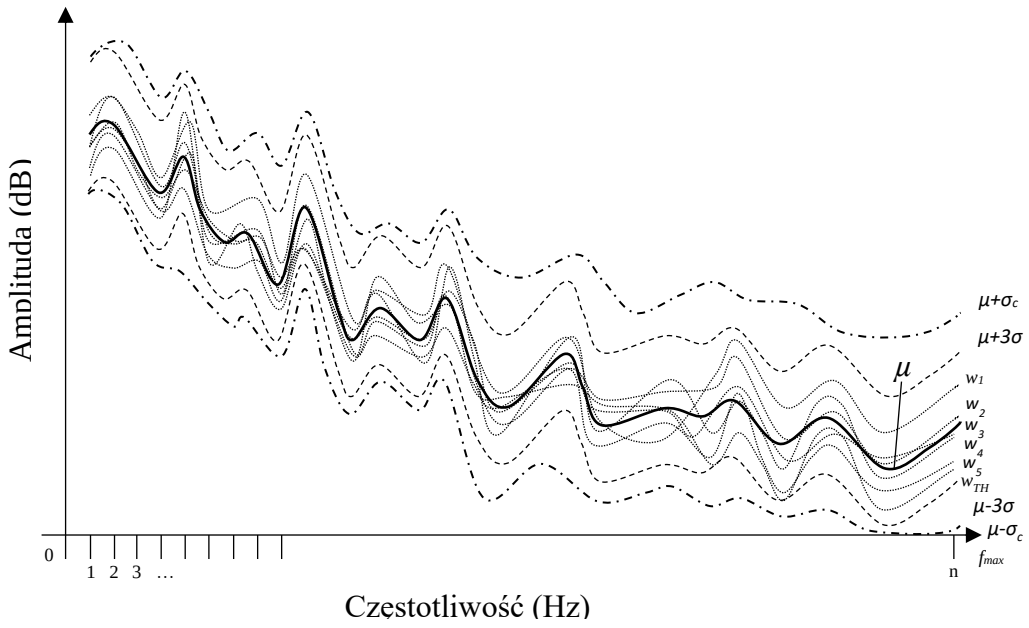
Amplituda (dB)
μ+σc
μ+3σ
μ
w1
w2
w3
w4
w5
wTH
μ-3σ
μ-σc
0
1 2 3 …
n
fmax
Częstotliwość (Hz)

Fig 12.

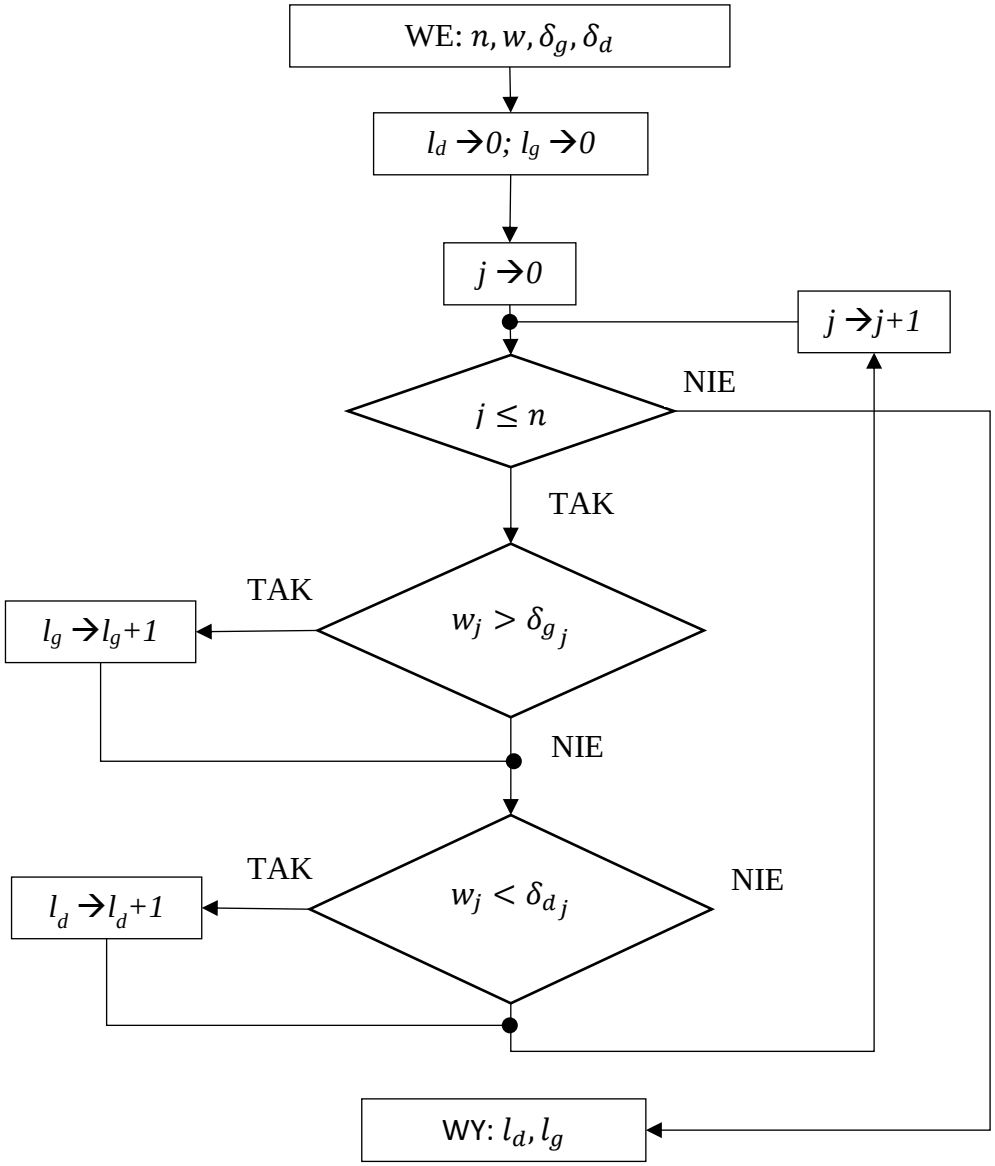
WE: $n, w, \delta_g, \delta_d$
$l_d \rightarrow 0;\ l_g \rightarrow 0$
$j \rightarrow 0$
$j \rightarrow j+1$
$j \leq n$
NIE
TAK
$w_j > \delta_{g_j}$
TAK
$l_g \rightarrow l_g+1$
NIE
$w_j < \delta_{d_j}$
TAK
$l_d \rightarrow l_d+1$
NIE
WY: $l_d, l_g$

Fig 13.

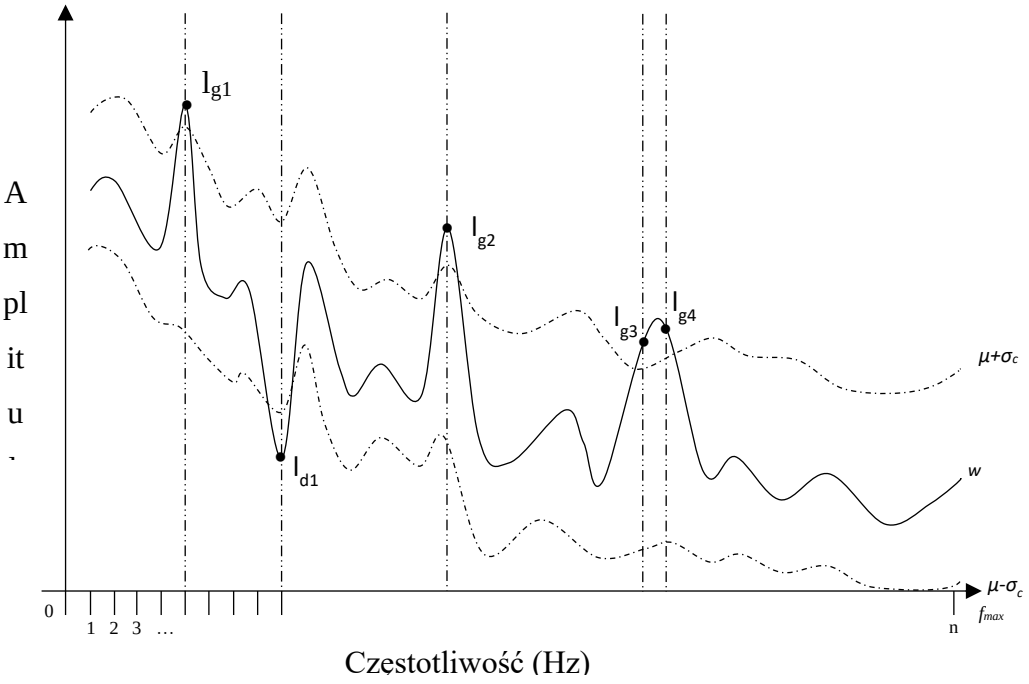
A
m
pl
it
u
.
lg1
lg2
lg3
lg4
ld1
μ+σc
w
μ-σc
0
1 2 3 …
n
fmax
Częstotliwość (Hz)

Fig 14.

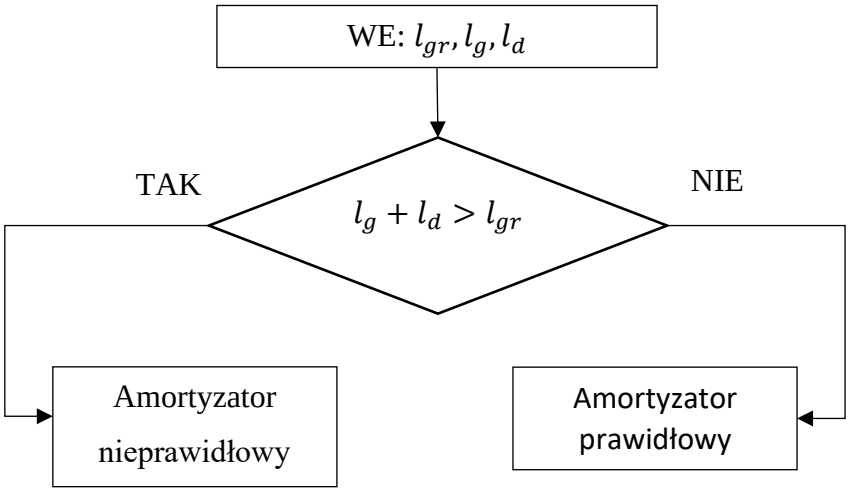
WE: $l_{gr}, l_g, l_d$
TAK
NIE
$l_g + l_d > l_{gr}$
Amortyzator nieprawidłowy
Amortyzator prawidłowy

Fig 15.