

URZĄD
PATENTOWY
PRLOPIS PATENTOWY
PATENTU TYMCZASOWEGO

72046

Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu nr _____

Kl. 42g,1/10

Zgłoszono: 18.08.1971 (P. 150077)

Pierwszeństwo: _____

MKP G10k 11/00

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 30.09.1974

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej

Twórcy wynalazku: Michał Vogt, Stefan Czarnecki, Mieczysław Czechowicz

Uprawniony z patentu tymczasowego: Polska Akademia Nauk Instytut
Cybernetyki Stosowanej, Warsza-
wa (Polska)

Sposób selektywnego pochłaniania fal akustycznych

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób selektywnego pochłaniania fal akustycznych mogący mieć zastosowanie w dziedzinie zwalczania hałasu.

Stosowanie rezonatorów akustycznych do celów zwalczania hałasu o widmie selektywnym opierało się dotychczas na klasycznej teorii ich działania opracowanej przez Helmholtza. Zgodnie z tą teorią, działanie pochłaniające rezonatorów akustycznych polega na przemianie energii akustycznej w energię cieplną. Przemiana ta powstaje na skutek istnienia dużych prędkości akustycznych w wąskiej szyjce rezonatora, a więc przy istnieniu dużego tarcia lepkiego. Chłonność akustyczna rezonatora zależy od stosunku oporności strat do oporności promieniowania rezonatora i jest największa gdy obie te oporności są sobie równe. Klasyczna interpretacja pochłaniającego działania rezonatora sprowadza się więc do rozpatrywania zjawisk zachodzących wyłącznie w jego wnętrzu. Z tego też względu w dotychczas stosowanych rezonansowych układach pochłaniających używano wyłącznie rezonatorów Helmholtza o dużych stratach wewnętrznych, a nie wykorzystywano rezonatorów ćwierćfalowych — posiadających małe straty. Ponadto często zwłaszcza w przypadku strojenia rezonatorów na niskie częstotliwości stosowano dodatkowo materiały pochłaniające w szyjkach rezonatorów dla zwiększenia ich strat wewnętrznych. To zaś eliminowało możliwość stosowania takich rezonatorów w środowiskach aktywnych chemicznie, czy w zbyt wysokich tem-

2

peraturach powodujących szybkie zniszczenie tych materiałów. Ponadto, rezonansowe ustroje pochłaniające konstruowane w oparciu o klasyczną teorię działania rezonatorów nie dawały zwykle całkowitego pochłaniania padającej fali akustycznej (współczynnik pochłaniania $\alpha \approx 1$) lecz osiągały wartości współczynnika pochłaniania rzędu 0,7 do 0,8.

Wiadomym jest ponadto, że mechanizm pochłaniający rezonatorów akustycznych nie ogranicza się wyłącznie do strat powstających w ich wnętrzu lecz polega w znacznej mierze na zjawisku kompensacji fazowej powstającej na zewnątrz rezonatorów. Co więcej, w przypadku stosowania rezonatorów o małych stratach wewnętrznych, a więc np. rezonatorów ćwierćfalowych lub rezonatorów Helmholtza o krótkiej i szerokiej szyjce, działanie kompensacyjne jest wielokrotnie większe od działania absorpcyjnego. Znana metoda kompensacyjna zwalczania hałasu polega na tym, że na istniejące w przestrzeni pole akustyczne nakłada się drugie takie samo pole lecz przesunięte w fazie o 180° . W wyniku tego następuje znoszenie się obu pól.

Dla zaistnienia całkowitej kompensacji w punkcie muszą być spełnione następujące warunki:

- 1) fala kompensowana i kompensująca muszą pochodzić ze źródeł koherentnych,
- 2) obie fale muszą różnić się w fazie o nieparzystą wielokrotność 180° ,
- 3) amplitudy obu fal muszą być identyczne.

W przypadku niedokładnego spełnienia warunku 2) lub 3) kompensacja nie jest całkowita. Dla uzyskania całkowitej kompensacji fazowej w całej przestrzeni konieczne jest spełnienie dodatkowego warunku, a mianowicie:

4) obie fale muszą rozchodzić się dokładnie w tym samym kierunku.

Ten warunek bardzo komplikuje zagadnienie praktycznego stosowania kompensacji do celów zwalczania hałasu. Spełnienie tego warunku wymaga umieszczenia źródła fali kompensującej w tym samym miejscu gdzie znajduje się źródło pierwotne. Z uwagi na duże, w porównaniu z długością fali, wymiary rzeczywistych jest to niemożliwe do zrealizowania i w praktyce otrzymuje się pole interferencyjne.

Dotychczas wszelkie próby stosowania metody kompensacji do celów zwalczania hałasu opierały się na wykorzystaniu urządzeń elektroakustycznych. Metoda ta, oprócz w/w wad, miała jeszcze tę, że sygnał pobierany z pola akustycznego miał jedynie charakter informacyjny i służył do sterowania nowego, silnego źródła dźwięku w celu uzyskania fali koherentnej. Tak więc do przestrzeni, gdzie miała zachodzić kompensacja, doprowadzano dodatkowo taką samą moc akustyczną jaką posiadała fala pierwotna. Ponieważ uzyskiwano jedynie zjawisko interferencji, więc obniżenie poziomu dźwięku w jednym obszarze odbywało się kosztem podwyższenia poziomu dźwięku w innych miejscach.

Zupełnie nowe perspektywy w dziedzinie zwalczania hałasu metodą kompensacji stwarza wykorzystanie do tych celów akustycznych układów rezonansowych. Podstawową zaletą tych układów jest to, że nie dostarczają one żadnej dodatkowej energii do obszaru kompensacji lecz wykorzystują do celów kompensacji część energii pobraną z pola akustycznego. Ponadto z uwagi na ich małe wymiary poprzeczne, w porównaniu z długością fali, pozwalają na lepsze spełnienie warunku czwartego, a co za tym idzie, na zwiększenie obszaru kompensacji. Zasadniczą ich wadą, w odniesieniu do celów zwalczania hałasu, jest to, że posiadają działania wybitnie selektywne, co ogranicza ich zastosowanie tylko do pewnej klasy przypadków.

Celem wynalazku jest opracowanie nowego sposobu selektywnego pochłaniania dźwięku, pozwalającego na uzyskiwanie bardzo dużego współczynnika pochłaniania układu rezonansowego, bez zastosowania materiałów absorpcyjnych.

Cel ten osiągnięto przez wykorzystanie metody kompensacyjnej z wykorzystaniem rezonatorów akustycznych.

Istota wynalazku polega na tym, że rezonatory akustyczne osadza się przesuwnie w otworach w płycie odbijającej fale akustyczne z zachowaniem takiej odległości między nimi, że ciśnienie akustyczne fali promieniowanej przez rezonatory jest równe lub większe niż ciśnienie akustyczne fali odbitej od płyty odbijającej. Następnie odstraja się rezonatory od częstotliwości rezonansowej aż do zrównania amplitudy ciśnienia akustycznego fali promieniowanej przez rezonatory z amplitudą ciśnienia akustycznego fali odbitej od płyty, po czym zmienia się odległość między powierzchnią płyty

a wylotami rezonatorów przez wysunięcie rezonatorów z otworów w płycie na tyle aby faza fali promieniowanej przez rezonatory była przeciwna do fali odbitej od płyty odbijającej. Sposób selektywnego pochłaniania fal akustycznych według wynalazku pozwala na konstruowanie rezonansowych układów pochłaniających posiadających zbliżony do jedności współczynnik pochłaniania. Zaletą tych układów jest to, że nie wymagają one stosowania żadnych porowatych materiałów absorpcyjnych, co sprawia, że można je stosować w środowiskach aktywnych chemicznie, w miejscach narażonych na działanie wysokich temperatur i w obecności mediów poruszających się z bardzo dużymi prędkościami.

Stosowanie tych układów w obecności wysokich temperatur lub przy przepływach z dużymi prędkościami wymaga wprowadzenia poprawek na wymiary rezonatorów z uwagi na zmienione parametry ośrodka.

Dodatkową zaletą tego sposobu jest wyjątkowa przydatność zastosowania w nim rezonatorów charakteryzujących się znacznie prostszą konstrukcją niż rezonatory Helmholtza.

Poniżej omówiony jest bardziej szczegółowo przedmiot wynalazku.

Rezonator akustyczny umieszczony w polu akustycznym zostaje pobudzony do drgań. Wielkość pobudzania, a co za tym idzie ilość przechwytywanej z pola akustycznego i wypromieniowanej przez rezonator energii zależy od dostrojenia rezonatora do częstotliwości pobudzającej. W przypadku pobudzania rezonatora na jego częstotliwości rezonansowej pobiera on z pola, a następnie wypromieniowuje maksimum energii przy czym fala wypromieniowywana przez rezonator posiada fazę przeciwną w stosunku do fali padającej na rezonator. W przypadku zmiany częstotliwości pobudzającej albo w przypadku odstrajania rezonatora od stałej częstotliwości pobudzającej ciśnienie fali wypromieniowywanej przez rezonator maleje wg krzywej rezonansowej, a jednocześnie zmienia się przesunięcie fazy pomiędzy falą padającą na rezonator a falą promieniowaną przez niego. To zjawisko wykorzystywane jest do spełniania warunku amplitudy i fazy w wynalazku.

Sposób selektywnego pochłaniania fal akustycznych wykorzystuje zjawisko kompensowania się fal promieniowanych przez zespół rezonatorów akustycznych umieszczonych w płycie odbijającej z falami odbitymi od tej płyty. Całkowite pochłanianie fali akustycznej przez taki układ uzyskuje się wtedy, gdy nastąpi całkowita kompensacja fal odbitych od płyty z falami promieniowanymi przez rezonatory. Dla uzyskania całkowitej kompensacji konieczne jest spełnienie warunków identyczności amplitud obu fal i rozchodzenia się obu fal dokładnie w tym samym kierunku. Spełnienie warunku fazy i amplitudy uzyskuje się przez odpowiednie umieszczenie rezonatorów w płycie.

Dla spełnienia warunku amplitudy rezonatory rozmieszcza się w płycie w takich odległościach między sobą aby ciśnienie fali promieniowanej przez rezonatory było większe albo równe ciśnieniu fali odbitej od płyty. Dla stwierdzenia, które z ciśnień

jest większe początkowo zamocowuje się rezonatory tak, aby ich otwory znajdowały się w płaszczyźnie płyty odbijającej. Pomiar odległości węzłów lub strzałek od płyty w powstałej między płytą a źródłem dźwięku fali stojącej pozwoli ocenić, która fala — promieniowana czy odbita — jest większa. W przypadku gdy przeważa fala odbita od płyty, zmniejsza się wzajemne odległości między rezonatorami.

Po stwierdzeniu, że w fali powracającej od układu przeważa fala promieniowana, odstraia się rezonatory od częstotliwości fali padającej tak aby uzyskać równość amplitud ciśnień fali odbitej od płyty i fali promieniowanej przez rezonatory. Moment zrównania obu amplitud stwierdza się przez pomiar fali powracającej od układu płyty z rezonatorami. W momencie zrównania się obu amplitud fala ta przyjmuje wartość minimalną i następuje skokowa zamiana miejsc strzałek i węzłów w fali stojącej powstałej między układem a źródłem dźwięku.

Równocześnie ze zmianą ciśnienia fali promieniowanej przez rezonatory przy ich odstraianiu, zmienia się różnica fazy między falą promieniowaną a falą odbitą od płyty.

Dla spełnienia warunku fazy wysuwa się rezonatory z płyty na taką odległość aby zniwelować przesunięcie fazowe powstałe na skutek odstrojenia

rezonatorów. Spełnienie warunku fazy stwierdza się przez pomiar fali powracającej od układu. W momencie dokładnego spełnienia warunku fazy fala powracająca powinna zanikać zupełnie.

W przypadku gdyby fala ta nie zniknęła zupełnie wysuwa się rezonatory aby otrzymać minimalną wartość tej fali, a następnie powtarza się czynności mające na celu spełnienie warunku amplitudy.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób selektywnego pochłaniania fal akustycznych, **znamienny** tym, że rezonatory akustyczne osadza się przesuwnie w otworach w płycie odbijającej fale akustyczne z zachowaniem takiej odległości między nimi, że ciśnienie akustyczne fali promieniowanej przez rezonatory jest równe lub większe niż ciśnienie akustyczne fali odbitej od płyty odbijającej, następnie odstraia się rezonatory od częstotliwości rezonansowej aż do zrównania amplitudy ciśnienia akustycznego fali promieniowanej przez rezonatory z amplitudą ciśnienia akustycznego fali odbitej od płyty, po czym zmienia się odległość między powierzchnią płyty a wylotami rezonatorów przez wysunięcie rezonatorów z otworów w płycie na tyle aby faza fali promieniowanej przez rezonatory była przeciwna do fazy fali odbitej od płyty odbijającej.