

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

86913

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 24.09.73 (P. 165400)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 01.10.74

Opis patentowy opublikowano: 15.12.1977

MKP H03h 9/26

Int. Cl.² H03H 9/26

CZYTELNICZNA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Irzavskij Aleksandr L., Stoljar Petr S., Sulgin Konstantin A.,
Moskwa (Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Elektromechaniczny filtr tarczowy

Przedmiotem wynalazku jest elektromechaniczny filtr tarczowy przeznaczony do budowy urządzeń selekcji częstotliwościowej jako rezonator mechaniczny o wysokiej dobroci.

Filtry elektromechaniczne charakteryzują się wysoką selektywnością i stabilnością temperaturową oraz możliwością zbudowania na ich podstawie filtrów wąskopasmowych. W zakresie tych parametrów są one pokrewne filtrom kwarcowym, są jednak znacznie prostsze i tańsze w produkcji. Jeżeli chodzi o wymiary to filtry elektromechaniczne są znacznie mniejsze od kwarcowych. Filtry elektromechaniczne mogą być stosowane w dowolnych urządzeniach radiotechnicznych, gdzie wymagane jest selektywne oddzielenie sygnału radiowego, na przykład w urządzeniach radiołęczności, radiolokacji, w układach pomiarowych itd. Filtr elektromechaniczny jako całość jest to urządzenie składające się z wejściowego i wyjściowego przetwornika elektromechanicznego np. magnetostrykcyjnego, piezoelektrycznego lub innych oraz mechanicznego układu rezonansowego zawierającego w zależności od selektywności odpowiednią ilość mechanicznych, szczególnie metalowych rezonatorów, połączonych wzajemnie odcinkami mechanicznych połączeń w rodzaju drutów, taśm, cylindrów. W zakresie częstotliwości pośrednich (60–600 kHz) z różnego rodzaju typów filtrów elektromechanicznych znalazły zastosowanie filtry z osiowym lub równoległym rozmieszczeniem rezonatorów cylindrycznych pracujących na drganiach skręcających, płytkowe filtry elektromechaniczne z zastosowaniem rezonatorów tarczowych pracujących na drganiach zginających o jednej lub dwu liniach kołowych i elementami sprzęgającymi drgającymi wzdłużnie.

Wszystkie wyżej wymienione typy filtrów elektromechanicznych posiadają podobne parametry elektryczne. Filtry elektromechaniczne o drganiach skrętnych znalazły zastosowanie przy częstotliwościach 60–300 kHz. Odmiana tych filtrów o osiowym rozmieszczeniu rezonatorów charakteryzuje się dużymi wymiarami podłużnymi. Na przykład długość filtru o 5–6 rezonatorach przy częstotliwościach roboczych rzędu 100 kHz wynosi 150–160 mm. W stosunkowo wąskopasmowych (1%) filtrach takiego typu w celu zwiększenia ich wytrzymałości mechanicznej niezbędne jest zastosowanie skomplikowanych powiązań między rezonatorami, co prowadzi do konstrukcyjnego wydłużenia filtru. Znana jest konstrukcja filtru elektromechanicznego o drganiach skrętnych, o osiowym rozmieszczeniu rezonatorów, które mają kształt hantli. W ten sposób można zmniejszyć długość filtru 1,5–2 razy, lecz przy tym w znacznym stopniu wzrastają trudności wykonania filtru. Filtr drgań skrętnych

o równoległym rozmieszczeniu rezonatorów w porównaniu z konstrukcją o osiowym rozmieszczeniu rezonatorów posiada znacznie mniejsze wymiary podłużne, jednakże jako całość konstrukcja ta mało różni się od filtru o konstrukcji osiowej.

Filtry płytkowe stosuje się dla częstotliwości rzędu 400–600 kHz. Szerokiemu stosowaniu tych filtrów na pierwszy rzut oka bardzo dogodnych dla miniaturyzacji filtrów elektromechanicznych stoją na przeszkodzie intensywne pasożytnicze pasma przepuszczania powstające w filtrze z powodu powstawania w cienkich płytkach gęsto położonych rezonansów drgań zginających.

Elektromechaniczne filtry tarczowe stosuje się dla roboczych częstotliwości od 60 do 600 kHz. Najszerzej stosowany jest elektromechaniczny filtr tarczowy o peryferyjnym rozmieszczeniu drutowych elementów łączeniowych drgających wzdłużnie. Podstawową wadą tych filtrów są ich duże wymiary. Na przykład elektromechaniczne filtry tarczowe firmy „Collins” dla częstotliwości 40–108 kHz posiadają objętość rzędu 80 cm^3 . Tak jak w przypadku elektromechanicznych filtrów o drganiach skrętnych, w tym wypadku dla filtrów o względnych pasmach przepuszczania mniejszych od 0,5%, należy stosować złożone elementy sprzężenia pomiędzy rezonatorami co prowadzi do zwiększenia długości filtru. Zmniejszenie rozmiarów elektromechanicznych filtrów tarczowych posiadających zewnętrzne elementy sprzężenia związane jest z pogorszeniem ich monooscylacyjności i zmniejszeniem wytrzymałości mechanicznej. Można to wyjaśnić następująco. Wraz ze zmniejszeniem wymiarów rezonatorów tarczowych na całej ich powierzchni wraz z brzegami zmniejszają się impedancje zarówno dla drgań podstawowych o kołowych liniach węzłowych jak i dla drgań pasożytniczych o kołowych liniach węzłowych. Jednocześnie następuje znaczne zbliżenie częstotliwości rezonansowych wartości modalnych pasożytniczych drgań o promieniowych liniach węzłowych do częstotliwości o kołowych liniach węzłowych. Wskutek zmniejszenia impedancji rezonatorów należy znacznie zmniejszyć średnicę elementu sprzężenia chcąc utrzymać zadane pasmo przepuszczania. Powoduje to znaczne zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej układu rezonansowego filtru. Zbliżenie pasożytniczych częstotliwości drgań rezonansowych o promieniowych liniach węzłowych do częstotliwości nominalnej filtru wraz z jednoczesnym zmniejszeniem impedancji rezonatorów tarczowych dla tego typu drgań znacznie zwiększa intensywność pasożytniczych pasm przepuszczania, co jest niedopuszczalne. Nieco rzadziej, w stosunkowo szerokopasmowych filtrach (4–10%) stosuje się układ elektromechanicznego filtru tarczowego z centralnym rozmieszczeniem elementów sprzężenia mechanicznego. Dosyć łatwo można zbudować tego typu filtry, które są odporne na powstanie w nich pasożytniczych rezonansów, jednakże ich wytrzymałość mechaniczna jest niska.

Celem niniejszego wynalazku jest wyeliminowanie podanych powyżej wad i opracowanie miniaturowych, monooscylacyjnych, wytrzymałych mechanicznie filtrów elektromechanicznych o różnych pasmach przepuszczania w szerokim interwale częstotliwości. Cel ten osiągnięto dzięki temu, że w filtrze elektromechanicznym zawierającym przetworniki elektromechaniczne na wejściu i wyjściu, kilka rezonatorów tarczowych rozmieszczonych równolegle i pracujących w stanie drgań zginających o kołowych liniach węzłowych posiadających najkorzystniej jeden pośredni i dwie końcowe tarcze połączone wzdłużnymi mechanicznymi elementami sprzężenia, mechaniczne elementy sprzężenia zamocowane są na czołowych powierzchniach tarczowych rezonatorów w punktach rozmieszczonych na obwodzie okręgu o średnicy równej średnicy okręgu węzłowego rezonatora tarczowego.

Filtr elektromechaniczny, w którym tarczowe rezonatory pracują w stanie drgań zginających o jednej węzłowej linii kołowej wykonany jest tak, że mechaniczne elementy łączące sąsiednie rezonatory tarczowe są zamocowane na czołowych powierzchniach każdego rezonatora tarczowego w punktach rozmieszczonych na średnicy równej w przybliżeniu 0,68 średnicy zewnętrznej rezonatora tarczowego.

Filtr elektromechaniczny, w którym tarczowe rezonatory pracują w stanie drgań zginających o jednej węzłowej linii kołowej jest wykonany w ten sposób, że mechaniczne elementy sprzężenia sąsiednich rezonatorów tarczowych są zamocowane na powierzchniach czołowych każdego rezonatora tarczowego w punktach rozmieszczonych na obwodzie o średnicy równej w przybliżeniu 0,82 średnicy zewnętrznej tarczy lub w punktach rozmieszczonych na obwodzie o średnicy równej w przybliżeniu 0,36 zewnętrznej średnicy tarczy. Oczywiście jest, że mechaniczne elementy łączące można rozmieszczać na obwodzie okręgu o średnicy 0,82 jak i na obwodzie okręgu o średnicy 0,36 zewnętrznej średnicy tarczowego rezonatora.

W odmianie układu rezonansowego według wynalazku, rezonatory tarczowe połączone między sobą ciernikami mechanicznymi elementami sprzęgającymi rozmieszczone są stopniowo. W ten sposób mechaniczne elementy sprzężenia każdego rezonatora pośredniego mocowane są tylko na jednej z czołowych powierzchni pośredniego rezonatora tarczowego przy czym mechaniczne elementy sprzężenia rozmieszczone są na jednej stronie rezonatora pośredniego, a w końcowym rezonatorze tarczowym mechaniczne elementy łączące rozmieszczone są na obu powierzchniach czołowych, z jednej strony dla połączenia z pośrednim tarczowym rezonatorem, a z drugiej w celu mocowania do elementu oporowego.

W układzie rezonansowym według wynalazku, mechaniczne elementy łączące rezonatory tarczowe pomiędzy sobą są tak ustawione, że płaszczyzny symetrii poprowadzone poprzez osie mechanicznych elementów łączących dwóch dowolnych sąsiednich tarcz tworzą kąt α w zakresie od 90° do 180° .

W opisanym rozwiązaniu układu rezonansowego jedna z czołowych powierzchni tarcz pośrednich jest wolna. Pozwala to na umieszczenie na co najmniej jednej z tarcz pośrednich na jej wolnej powierzchni czołowej rezonatora odbijającego w taki sposób, by tworzył on biegun tłumienia.

W celu stworzenia filtra wysokoselektywnego, nie zmniejszając jego wytrzymałości mechanicznej, bez znacznego zwiększenia jego wymiarów układ rezonansowy posiada pośrednie rezonatory tarczowe rozmieszczone współosiowo i tworzące w końcowym wypadku dwie sekcje, które połączone są między sobą tarczowym rezonatorem w ten sposób, że sekcje znajdują się po jednej stronie łączącego je rezonatora tarczowego.

Układ rezonansowy według wynalazku posiada przynajmniej dwa rezonatory tarczowe z ogólnej ilości rezonatorów połączonych wzajemnie mechanicznymi elementami sprzężenia, rozmieszczonymi na powierzchniach czołowych rezonatorów czołowych w punktach odpowiadających kołowym liniom węzłowym, posiadają różne geometryczne wymiary, przy tym wszystkim rezonatory tarczowe nastrojone są na jednakową częstotliwość dla drgań o kołowych liniach węzłowych, przy tym rezonatory różniące się wymiarami geometrycznymi posiadają różne częstotliwości dla drgań pasywnych.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładach wykonania na rysunkach, na których fig. 1 przedstawia elektromechaniczny filtr tarczowy, według wynalazku; fig. 2 — urządzenie przekroju wzdłuż linii II—II oznaczonej na fig. 1; fig. 3 — układ rezonansowy tarczowego filtra elektromechanicznego według wynalazku; fig. 4 — rezonator tarczowy w układzie pracy drgań zginających o jednej kołowej linii węzłowej oraz wykresy rozkładu prędkości ruchu punktów i impedancji na jego powierzchniach wzdłuż promienia tarczy; fig. 5 — rezonator tarczowy w stanie pracy drgań zginających o dwu kołowych liniach węzłowych oraz wykresy rozkładu prędkości ruchu punktów i impedancji na jego powierzchni wzdłuż promienia tarczy; fig. 6 — układ rezonansowy zawierający dwa rezonatory tarczowe połączone zewnętrznymi mechanicznymi elementami sprzężenia oraz przejście sygnału przez ten układ o częstotliwościach rezonansowych drgań o kołowych liniach węzłowych oraz promieniowych liniach węzłowych; fig. 7 — układ rezonansowy, w którym dwa rezonatory tarczowe połączone mechanicznymi wiązkami zgodnie z myślą wynalazku oraz przejścia sygnału przez ten układ o częstotliwościach rezonansowych drgań o kołowych i promieniowych liniach węzłowych; fig. 8 — inny wariant wykonania układu rezonansowego tarczowego filtra elektromechanicznego według wynalazku; fig. 9 — widok z góry układu rezonansowego przedstawionego na fig. 8; fig. 10 — następny wariant wykonania układu rezonansowego elektromechanicznego filtra tarczowego zgodnie z myślą wynalazku; fig. 11 — widok z góry układu rezonansowego przedstawionego na fig. 10; fig. 12 — układ rezonansowy pokazany na fig. 8 z rezonatorami odbijającymi; fig. 13 — układ rezonansowy składający się z dwu sekcji rezonatorów; a fig. 14 przedstawia układ rezonansowy w którym rezonatory posiadają różne wymiary geometryczne.

Elektromechaniczny filtr tarczowy według wynalazku przedstawiony jest na fig. 1. Posiada on układ rezonansowy 1, który jest głównym elementem funkcjonalnym filtra, oraz elementy wyposażenia go w oporowe amortyzatory gumowe 2, wkładkę ograniczającą 3, podstawę 4, z włutowanymi wyprowadzeniami 5, osłonę 6, których zadaniem jest ustalenie położenia układu rezonansowego 1, jego amortyzacja, hermetyzacja, doprowadzenie i odprowadzenie energii elektrycznej i osłona przed zewnętrznymi wpływami mechanicznymi. Ponadto elektromechaniczny filtr tarczowy posiada cewki indukcyjne 7 oraz magnesy stałe 8, które są elementami funkcjonalnie zakończonego układu przetwornika elektromechanicznego.

Niniejszy wynalazek i jego efekt związany jest z udoskonaleniem konstrukcji układów rezonansowych elektromechanicznych filtrów, tarczowych. Dlatego też dalszy opis będzie dotyczył głównie problemów dotyczących konstrukcji układów rezonansowych.

Jeden z przykładów rozwiązań układu rezonansowego przedstawiony jest na fig. 3. Układ rezonansowy 1 składa się z zestawu pośrednich rezonatorów tarczowych 9, brzegowych rezonatorów 10, mechanicznych elementów sprzężenia 11 oraz magnetostrykcyjnych prętów 12. Za pomocą sprzężenia mechanicznego 11 krańcowe rezonatory tarczowe mocowane są do oporowych tulei 13, poprzez które układ rezonansowy 1, ustawiony jest na amortyzatorach oporowych 2. Wewnątrz tulei 13 oporowych zamontowane są cewki indukcyjne 7, a z zewnątrz przymocowane są magnesy stałe 8.

Rozpatrzmy przy jakich warunkach może być zapewnione otrzymanie praktycznie czystego stanu drgań zginających w mechanicznych elementach sprzężenia układu rezonansowego. Takie warunki mogą zaistnieć przy wzbudzeniu w tarczowych rezonatorach drgań zginających o kołowych liniach węzłowych.

Na fig. 4a przedstawiono rezonator tarczowy i jedno z jego krańcowych położań w przypadku wzbudzenia w tarczy drgań zginających z jedną kołową linią węzłową. Na fig. 4b ÷ d podane są wykresy rozkładu składowej normalnej V_n i tangencjalnej V_T wektora prędkości ruchu punktów na powierzchni czołowej rezonatora tarczowego wzdłuż jego promienia.

Fig. 4c, e przedstawia prawo rozkładu impedancji Z_n i Z_T w tych samych punktach rezonatora tarczowego. Z analizy rozwiązania przedstawionego na fig. 4a, b, c, d, e wynika, że w wypadku wzbudzenia w tarczy drgań

o jednej linii kołowej w punktach „a” rozmieszczonych na okręgu o promieniu R_1 , prędkość V_n równa jest zeru a impedancja Z_n równa nieskończoności. Analogiczny obraz występuje dla drgań o dwu węzłowych liniach kołowych. W przypadku przedstawionym na fig. 5a, b, c, d, e prędkość V_n równa jest zeru, a impedancja Z_n praktycznie równa jest nieskończoności odpowiednio w punktach „b” i „c” leżących na okręgach o promieniach R_2 i R_3 równych promieniom odpowiednio pierwszego i drugiego węzła okrężnego.

Nietrudno jest zrozumieć, że przez wzdłużne mechaniczne elementy sprzężenia ustawione w punktach „a” (fig. 4a) lub w punktach „b” i „c” (fig. 5a) będą przenoszone w układzie rezonansowym, składającym się z dwóch lub więcej rezonatorów tarczowych, tylko drgania zginające.

Wiadomo, że współczynnik sprzężenia pomiędzy rezonatorami tarczowymi lub pasmo przepuszczania filtru proporcjonalne jest do stosunku oporności falowej sprzężenia mechanicznego i impedancji rezonatora tarczowego w punkcie zamocowania sprzężenia. Funkcja ta wiąże szerokość pasma przepuszczania elektromechanicznego filtru tarczowego z mechaniczną wytrzymałością układu rezonansowego. Rzeczywiście, w celu zbudowania stosunkowo wąskopasmowych elektromechanicznych filtrów tarczowych należy zmniejszać oporność falową sprzężenia mechanicznego, co uzyskuje się drogą zmniejszenia poprzecznego przekroju sprzężenia, to znaczy zmniejszenia wytrzymałości mechanicznej układu rezonansowego. To właśnie powoduje niezbędność wprowadzenia dodatkowych rozstrojeniowych rezonatorów w znanym rozwiązaniu elektromechanicznego filtru tarczowego o zewnętrznym rozmieszczeniu sprzężeń mechanicznych.

Z fig. 4, 5 widać, że przy zamocowaniu mechanicznych sprzężeń w punktach „a”, „b” i „c” współczynnik sprzężenia między rezonatorami będzie w pełni określony wartościami impedancji Z_T w tych punktach oraz opornością falową mechanicznych elementów sprzężenia dla drgań zginających. To ostatnie wynika z tego, że we wspomnianych punktach impedancje Z_n są nieskończenie duże, to znaczy, że dla drgań wzdłużnych w mechanicznych elementach sprzężenia tarczowe rezonatory o drganiach o kołowych liniach węzłowych okazują nieskończenie duży opór. Na fig. 4 i 5 można również zauważyć, że impedancje Z_T w punktach „a”, „b” i „c” są znacznie większe niż impedancje na brzegu tarczy. Oprócz tego oporność falowa prętów drutowych, z których wykonuje się elementy mechanicznego sprzężenia dla drgań zginających jest znacznie mniejsza niż dla drgań wzdłużnych.

Z powyższego wynika jasno, że realizacja układu rezonansowego, w stosunku do istniejącego rozwiązania z zewnętrznym rozmieszczeniem elementów mechanicznego sprzężenia, pozwala na kilkukrotne zwiększenie wytrzymałości mechanicznej filtrów pasmowych o równych pasmach przepuszczania, lub co jest równoznaczne, pozwoli wykonywać filtry o znacznie węższym paśmie przy prostej strukturze sprzężenia między rezonatorami tarczowymi. Inną cechą charakterystyczną układów rezonansowych według wynalazku jest to, że przy takim rozwiązaniu można praktycznie zupełnie pozbyć się pasożytniczych pasm przepuszczania powstających na częstotliwościach rezonansowych drgań zginających o promieniowych liniach węzłowych. Częstotliwości rezonansowe tego rodzaju drgań dwóch sąsiednich stopni z reguły znajdują się w okolicy częstotliwości rezonansowej drgań o kołowych liniach węzłowych (pożądanych drgań) i są dlatego najbardziej niebezpieczne. Różnica częstotliwości między rezonansowymi częstotliwościami drgań o kołowych liniach węzłowych i promieniowych liniach węzłowych zwykle jest niewielka i zależy od stosunku średnicy rezonatora tarczowego do jego grubości. Przy zwiększaniu stosunku średnicy tarczy do jego grubości częstotliwości rezonansowe ulegają zbliżeniu.

W celu lepszego zrozumienia zalet elektromechanicznego filtra tarczowego według wynalazku co do zwiększonej jego monoselektywności, porównamy warunki przechodzenia sygnałów przez układ rezonansowy o zewnętrznym rozmieszczeniu elementów mechanicznego sprzężenia oraz przez układ rezonansowy przy rozmieszczeniu elementów mechanicznego sprzężenia w punktach powierzchni czołowej rezonatora tarczowego na okręgu o średnicy równej średnicy okręgu kołowej linii węzłowej.

W rezonatorach tarczowych w jednym i drugim przypadku na częstotliwości f_1 i f_2 (fig. 6a, b i fig. 7a, b) powstają odpowiednio rezonansy drgań o kołowych i promieniowych liniach węzłowych. Sygnał podaje się na środek rezonatora wejściowego i zdejmuje się ze środka rezonatora wyjściowego. Punkt podania i zdjęcia sygnału odpowiada punktom zamocowania magnetostrykcyjnych prętów przetworników.

W przypadku pierwszym (fig. 6a, b) układu rezonansowego, składającego się z dwu tarcz i zewnętrznych elementów sprzężenia mechanicznego w wejściowym rezonatorze wzbudzą się na częstotliwości f_1 drgania o kołowych liniach węzłowych, które przekazywane są elementami mechanicznego sprzężenia drgającymi wzdłużnie na rezonator wyjściowy i następnie na przetwornik elektromechaniczny. Drgania o promieniowych liniach kołowych o częstotliwości f_2 przy wzbudzeniu rezonatora w środku bezpośrednio nie mogą być wzbudzone ponieważ dla tych drgań impedancja, to znaczy wejściowa oporność tarczy równa się nieskończoności. Jednakże na częstotliwości różnej od f_1 w tarczy będą istniały wiele razy osłabione drgania o kołowych liniach węzłowych, w wyniku których elementy sprzężenia działają na rezonator wyjściowy wzbudzając w nim intensywne drgania o promieniowych liniach węzłowych. Dlatego też na wyjściu rozpatrywanego układu rezonanso-

wego posiadającego drgania wzdłużne w elementach sprzężenia przy częstotliwości f_2 zawsze będą istniały rezonansowe drgania środka rezonatora, które przekazywane będą na pręt magnetostrykcyjny, na rysunku nie pokazany, i tworzyć będą intensywne pasożytnicze pasma przepuszczania.

W drugim przypadku, (fig. 7a, b) układu rezonansowego, składającego się z dwóch rezonatorów, połączonych elementami mechanicznego sprzężenia zgodnie z wynalazkiem, drgania o kołowych liniach węzłowych wzbudzone w środku rezonatora wejściowego przy częstotliwości f_1 przekazywane są przez elementy sprzężenia mechanicznego poprzez składową tangencjalną ruchu punktu na tarczy. Fala zginająca rozprzestrzenia się poprzez elementy sprzężenia mechanicznego do drugiej tarczy, wzbudzając w nim drgania o kołowej linii węzłowej. Na pierwszy rzut oka może wydawać się, że dla częstotliwości f_2 mogą powstać drgania o promieniowych liniach węzłowych w ten sposób, jak w pierwszym przypadku to znaczy za pośrednictwem osłabionych drgań o kołowych liniach węzłowych. Jednakże w tym wypadku to nie nastąpi ponieważ siła działająca na tarczę wyjściową sprzężenia skierowana jest tangencjalnie to znaczy w kierunku praktycznie nieskończonych wartości impedancji tarczy dla drgań o promieniowych liniach węzłowych w związku z tym na tych drganiach może istnieć bardzo słabe sprzężenie co też zapewnia bardzo niski poziom drgań na wyjściu układu rezonansowego przy częstotliwości f_2 .

Rozpatrzone cechy różniące rozwiązania układu rezonansowego o sprzężeniu mechanicznym drgającym zginająco pozwalają na skonstruowanie małogabarytowych, wytrzymałych mechanicznie elektromechanicznych filtrów tarczowych dla różnych częstotliwości roboczych oraz uzyskanie pasm przepuszczania praktycznie wolnych od pasm pasożytniczych. Rzeczywiście przy zmniejszaniu gabarytów elektromechanicznych filtrów tarczowych poprzez zmniejszanie wymiarów tarczowych rezonatorów, co jest najbardziej wskazane, wynikają następujące skutki. Po pierwsze zwiększa się stosunek średnicy do grubości, co, jak wiadomo prowadzi do zbliżenia częstotliwości rezonansowych drgań podstawowych i pasożytniczych, a po drugie na całej powierzchni tarczy zmniejszają się impedancje, co zmusza do zmniejszania przekroju elementów sprzężenia, co z kolei prowadzi do zmniejszania wytrzymałości mechanicznej układu rezonansowego. Rozmieszczenie sprzężeń mechanicznych na powierzchni czołowej tarcz na okręgu o średnicy równej okręgom kołowych linii węzłowych otwiera możliwość stworzenia układów rezonansowych o zupełnie nowym rozmieszczeniu podstawowych elementów. Cechą różniącą te rozwiązania jest także rozmieszczenie rezonatorów i elementów mechanicznego sprzężenia, przy którym na jednej lub kilku tarczach układu rezonansowego elementy sprzężenia mechanicznego mocowane są tylko do jednej z czołowych powierzchni tarczy. Jeden z wariantów takiego układu rezonansowego pokazany jest na fig. 8 i 9. W tym rozwiązaniu rezonatory tarczowe 14 i 15 połączone są wzajemnie za pośrednictwem jednego elementu sprzężenia mechanicznego 16. Tuleje oporowe 17 mocuje się do tarcz 15 za pomocą mechanicznych elementów sprzężenia 18. Na tej samej powierzchni czołowej tarcz 15 mocowane są pręty magnetostrykcyjne 19 przetworników.

Na fig. 10 i 11 przedstawiono rozwiązanie układu rezonansowego, w którym elementy sprzężenia mechanicznego łączące rezonatory tarczowe są wzajemnie równoległe, lecz leżą w różnych płaszczyznach. Rozmieszczone są przy tym w ten sposób, że płaszczyzny symetrii tarcz przeprowadzone przez osie elementów sprzężenia mechanicznego sąsiednich tarcz 14, 15 tworzą kąt α , którego wielkość może zmieniać się w granicach od 90° do 180° . Jeżeli elementy sprzężeń zgodnie z wynalazkiem mocowane są w punktach leżących na okręgu równym kołowej linii węzłowej, to znaczy przez elementy sprzężenia przekazywane są drgania czysto zginające, to w tym przypadku wartość współczynnika sprzężenia pomiędzy sąsiednimi rezonatorami będzie zależała od orientacji wspomnianych płaszczyzn symetrii dwu sąsiednich tarcz w stosunku do siebie to znaczy od kątów α . Przy wartości kąta α równej 180° zaistnieje sytuacja zilustrowana na fig. 8 i 9. Jeżeli jest mniejsza od 180° współczynnik sprzężenia zmniejsza się wraz ze zmniejszeniem α . Przypadek gdy $\alpha = 90^\circ$ nie ma sensu ponieważ przy takim kącie współczynnik sprzężenia pomiędzy rezonatorami jest równy zero. W ten sposób na bazie układu rezonansowego pokazanego na fig. 10 i 4 można budować elektromechaniczne filtry tarczowe, które posiadają tę samą wytrzymałość mechaniczną będą posiadały pasma przepuszczania od bardzo wąskich do stosunkowo szerokich.

Ponieważ przy tym rozwiązaniu występują wolne (otwarte) powierzchnie czołowe istnieje możliwość wykorzystania ich do zabudowania dodatkowych elementów zwiększających sztywność układu rezonansowego oraz do zamocowania specjalnych rezonatorów odbijających tworzących bieguny tłumienia. Przykład konstrukcji układu rezonansowego z rezonatorami odbijającymi pokazano na fig. 12.

Na fig. 13 pokazana jest odmiana rozwiązania układu rezonansowego, wykorzystywana przy konstrukcji elektromechanicznych filtrów o wysokiej selektywności. W tym przypadku cały układ rezonansowy składa się z oddzielnych sekcji, w których rezonatory 21 rozmieszczone są współosiowo i są wzajemnie równoległe. Elementy mechanicznego sprzężenia 22 zamocowane są na dwu powierzchniach czołowych rezonatorów 21. Sekcje są połączone ze sobą rezonatorem 23 za pomocą elementów mechanicznego sprzężenia 24 zamocowanych na

jednej powierzchni czołowej. Wolną powierzchnię czołową tarczowego rezonatora 24 wykorzystuje się do zamocowania na niej dodatkowego elementu oporowego 25. W innym przypadku powierzchnia ta i wolne powierzchnie tarcz 21 obu sekcji mogą być wykorzystane dla zamocowania rezonatorów odbijających.

Na fig. 14 pokazano tarczowy układ rezonansowy, w którym tarczowe rezonatory 26 różnią się swoimi wymiarami od tarczowych rezonatorów 27. Jednocześnie wszystkie rezonatory tarczowe są nastrojone na jednakową częstotliwość dla podstawowego rodzaju drgań to znaczy dla drgań o kołowych liniach węzłowych oraz rozstrojone dla drgań pasożytniczych. Wykonanie tego typu układu rezonansowego pozwala na zbudowanie na jego podstawie filtrów elektromechanicznych, w których osiąga się znaczne tłumienie drgań pasożytniczych. Rozważone powyżej odmiany wykonania układów rezonansowych dają dostatecznie pełne wyobrażenie o możliwości polepszenia na ich bazie całego rzędu elektrycznych i eksploatacyjnych wskaźników filtrów elektromechanicznych.

Rozpatrzone wyżej rozwiązania układów rezonansowych pozwalają na znaczne polepszenie rzędu wskaźników elektrycznych i ekonomicznych filtrów elektromechanicznych. Tak na przykład układ rezonansowy o ilości rezonatorów od 5 do 9 wykonany zgodnie z wynalazkiem na częstotliwość 100 kHz i pasmo przepuszczania 1000 Hz posiada objętość 3,5–5 cm³, a takie same filtry na średnią częstotliwość 500 kHz posiadają objętość 1,5–2 cm³. Filtry elektromechaniczne wykonane na podstawie proponowanych układów rezonansowych posiadają stosunkowo wysoką wytrzymałość mechaniczną. Są one odporne, to znaczy nie zmieniają swych parametrów na obciążenie vibracyjne w zakresie częstotliwości do 2000 Hz przy przyspieszeniach 20 g, na uderzenie wielokrotne o przyspieszeniu 75 g i na uderzenie pojedyncze o przyspieszeniu 150 g.

Realizacja przedstawionych rozwiązań elektromechanicznych filtrów tarczowych nie następuje trudności dzięki dobrze opanowanej technologii produkcji układów rezonansowych metodą doczołowego, jedno i wielopunktowego zgrzewania impulsora kondensatorowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Elektromechaniczny filtr tarczowy, składający się z wejściowego przetwornika elektromechanicznego, kilku tarczowych rezonatorów rozmieszczonych równolegle i pracujących w stanie drgań zginających o kołowych liniach węzłowych, z których co najmniej jeden jest rezonatorem pośrednim a dwa rezonatorami krańcowymi połączonymi wzajemnie wzdłużnymi mechanicznymi elementami sprzęgającymi, oraz z wyjściowego przetwornika elektromechanicznego, z n a m i e n n y t y m, że sprzęgające elementy (11) mechaniczne zamocowane są na czołowych powierzchniach rezonatorów (9, 10) tarczowych w punktach rozmieszczonych na okręgu o średnicy równej średnicy węzłowego okręgu rezonatora tarczowego.

2. Elektromechaniczny filtr tarczowy według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że w przypadku rezonatorów tarczowych pracujących w stanie drgań zginających o jednej kołowej linii węzłowej, elementy (11) sprzężenia mechanicznego łączące wzajemnie sąsiednie rezonatory tarczowe (9, 10) zamocowane są na powierzchniach czołowych każdego rezonatora tarczowego (9, 10) w punktach rozmieszczonych na okręgu o średnicy równej w przybliżeniu 0,68 zewnętrznej średnicy rezonatora tarczowego.

3. Elektromechaniczny filtr tarczowy według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że w przypadku rezonatorów tarczowych pracujących w stanie drgań zginających o dwóch okręgach węzłowych, elementy (11) sprzężenia mechanicznego łączące wzajemnie rezonatory tarczowe (9, 10) są zamocowane na powierzchniach każdego rezonatora tarczowego (9, 10) w punktach rozmieszczonych na okręgu o średnicy równej w przybliżeniu 0,82 zewnętrznej średnicy.

4. Elektromechaniczny filtr tarczowy według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że w przypadku rezonatorów tarczowych pracujących w stanie drgań zginających o dwóch okręgach węzłowych, elementy (11) sprzężenia mechanicznego łączące wzajemnie tarczowe rezonatory (9, 10) zamocowane są na powierzchniach czołowych każdego rezonatora tarczowego (9, 10) w punktach rozmieszczonych na okręgu o średnicy równej w przybliżeniu 0,36 wielkości zewnętrznej średnicy rezonatora tarczowego.

5. Elektromechaniczny filtr tarczowy według zastrz. 1, albo 2, albo 3, albo 4, z n a m i e n n y t y m, że rezonatory tarczowe (14 i 15) połączone wzajemnie wzdłużnymi elementami (16) sprzężenia mechanicznego rozmieszczone są stopniowo w ten sposób, że elementy (16) sprzężenia mechanicznego każdego rezonatora pośredniego (15) mocowane są jedynie na jednej jego powierzchni czołowej z tym, że elementy (16) sprzężenia mechanicznego rozmieszczone są po jednej stronie tarczowego rezonatora pośredniego (15), a w tarczowym rezonatorze krańcowym (14) po obu stronach powierzchni czołowych, z jednej strony w celu sprzężenia z tarczowym rezonatorem pośrednim (15), a z drugiej w celu zamocowania do elementu oporowego (17).

6. Elektromechaniczny filtr tarczowy według zastrz. 5, z n a m i e n n y t y m, że elementy (16) sprzężenia mechanicznego łączące rezonatory tarczowe (14, 15) rozmieszczone są stopniowo w ten sposób, że płaszczyzny

symetrii prowadzone przez osie elementów (16) sprzężenia mechanicznego dwóch dowolnych sąsiednich tarcz układu rezonansowego tworzą kąt o wartości od 90° do 180° .

7. Elektromechaniczny filtr tarczowy według zastrz. 5, z n a m i e n n y t y m, że co najmniej na jednym z rezonatorów tarczowych (15) rozmieszczonych stopniowo, na jego wolnej płaszczyźnie czołowej zamocowany jest rezonator odbijający w ten sposób, że tworzy on biegun tłumienia.

8. Elektromechaniczny filtr tarczowy według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że pośrednie rezonatory tarczowe (21) rozmieszczone są współosiowo i tworzą co najmniej dwie sekcje, które są połączone wzajemnie rezonatorem tarczowym (23) w ten sposób, że sekcje znajdują się po jednej stronie wspomnianego rezonatora tarczowego.

9. Elektromechaniczny filtr tarczowy według zastrz. 1, albo 2, albo 3, albo 4, z n a m i e n n y t y m, że co najmniej dwa rezonatory (26, 27) z ogólnej ilości rezonatorów połączonych wzajemnie wzdłużnymi elementami sprzężenia mechanicznymi, posiadają różne wymiary geometryczne, jednocześnie wszystkie rezonatory tarczowe nastrojone są na jednakową częstotliwość dla drgań o kołowych liniach węzłowych, przy czym rezonatory (26, 27) posiadające różne wymiary geometryczne nastrojone są na różne częstotliwości dla drgań pasyżniczych.

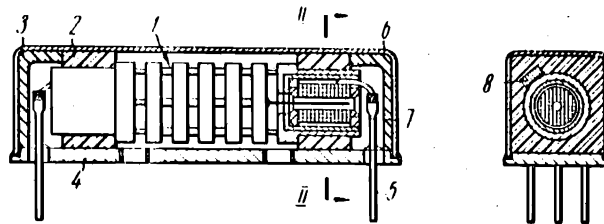


FIG. 1

FIG. 2

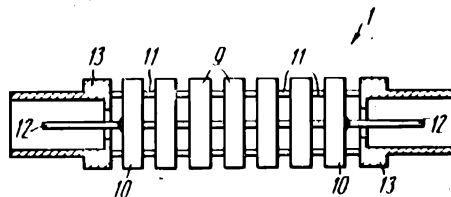


FIG. 3

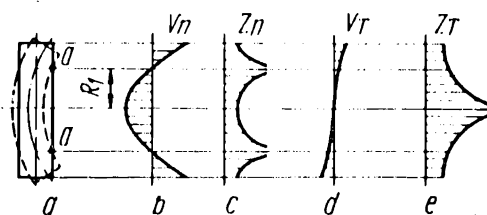


FIG. 4

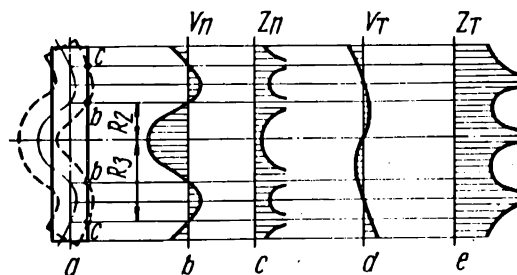


FIG. 5

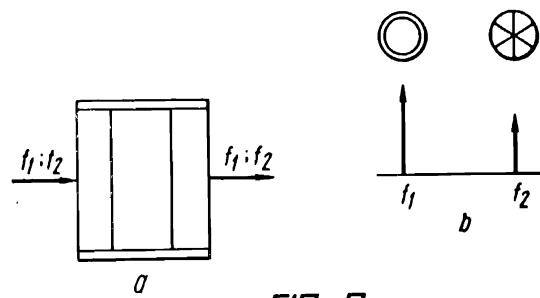


FIG. 6

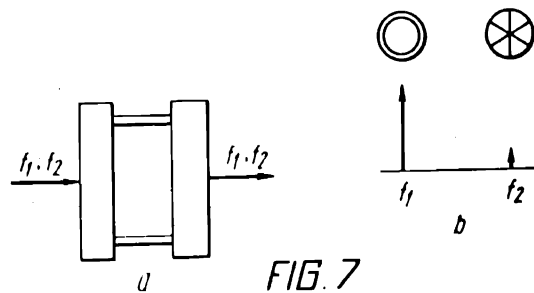


FIG. 7

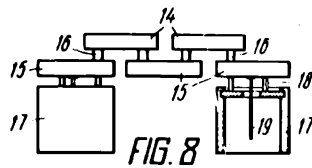


FIG. 8

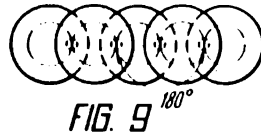


FIG. 9

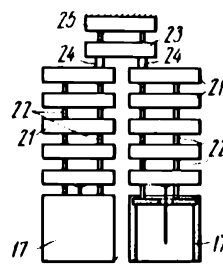


FIG. 13

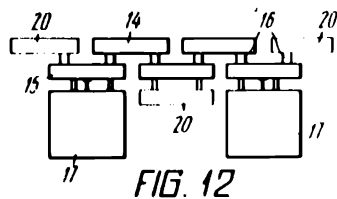


FIG. 12

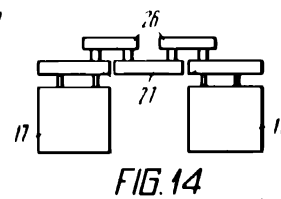


FIG. 14

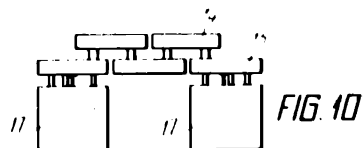


FIG. 10



FIG. 11