



(54) **Urządzenie do wzbudzania drgań mechanicznych z masami niewyważonymi**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**03.06.2002 BUP 12/02**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**30.06.2008 WUP 06/08**

(73) Uprawniony z patentu:  
**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**Mariusz Giergiel, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**Elżbieta Postołek,  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Dział Wdrożeń,  
Licencji, Patentów i Eksportu**

(57) 1. Urządzenie do wzbudzania drgań mechanicznych z masami niewyważonymi, osadzonymi na wałach obrotowych skojarzonych w parę, z których każdy napędzany jest oddzielnym układem napędowym, zawierającym silnik asynchroniczny zasilany z sieci zasilającej poprzez układ przetwarzania częstotliwości napięcia wyposażony w układ regulacji częstotliwości, **znamiennie tym**, że osie wałów obrotowych (1, 1') skojarzonych w parę leżą w jednej linii prostej (A), a na każdym z nich nieruchomo osadzona jest jedna masa niewyważona (2, 2') oraz układ pomiaru kąta (3, 3') jej położenia, przy czym masy niewyważone (2, 2') są jednakowe, a układy pomiaru (3, 3') kąta położenia mas niewyważonych (2, 2') połączone są z mikroprocesorowym układem sterowania (6), do którego podłączona jest konsola operatora (7) oraz znane układy przetwarzania (5, 5') częstotliwości napięcia sieci zasilającej (Z).

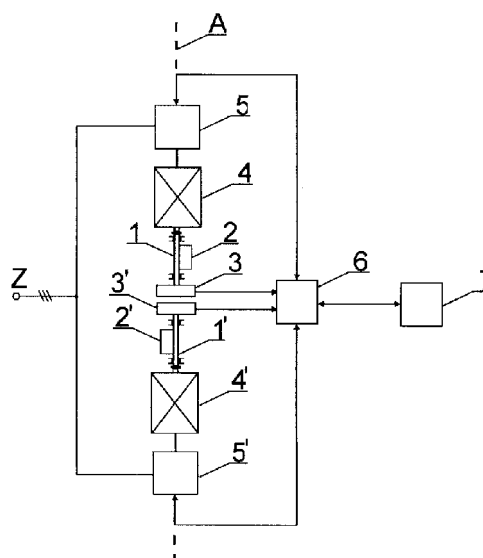


Fig. 1.

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do wzbudzania drgań mechanicznych z masami niewyważonymi, znajdujący zastosowanie między innymi w przemyśle odlewniczym i w budownictwie jako napęd maszyn odpowiednio do zagęszczania form odlewniczych i wybijania odlewów z mas formierskich oraz do wibracyjnego zagęszczania mieszanek betonowych, a pracujących w zakresie drgań nadrezonansowych.

Charakter pracy tych urządzeń, polegający na wzbudzaniu intensywnych drgań wielotonowych częstokroć maszyn powoduje uciążliwe dla otoczenia i szkodliwe dla zdrowia człowieka jak i dla stanu budowli przenoszenie drgań na podłoże. Amplitudy sił dynamicznych przekazywanych na podłoże dochodzące do 20kN, a nawet większe, przy częstotliwościach rzędu kilkunastu do 100 Hz powodują, że maszyny te stanowią jedno z najpoważniejszych źródeł drgań w zakładach przemysłowych.

W maszynach tego typu podczas rozruchu i wybiegu występuje zjawisko przechodzenia przez zakres częstotliwości rezonansowych własnych maszyny powodując gwałtowne narastanie drgań, które przekraczać mogą kilkakrotnie i więcej amplitudy drgań roboczych, co grozi uszkodzeniem zawieszenia maszyny, zrzuceniem nadawy, przenoszeniem nadmiernych obciążeń dynamicznych na fundament.

Problem redukcji negatywnego oddziaływania maszyn wibracyjnych na otoczenie rozwiązywany jest poprzez stosowanie odrębnej wibroizolowanej płyty podporowej o masie kilkakrotnie przewyższającej masę maszyny, co praktykowane jest rzadko ze względu na koszt, ciężar i zajmowaną przestrzeń, albo stosowanie maszyn o dwóch, lub więcej korpusach drgających w przeciwfazie. Problem przechodzenia przez zakres częstotliwości własnych wprawianej w drgania maszyny roboczej rozwiązywany jest natomiast skutecznie przez zastosowanie urządzeń wymuszających drgania, które przechodzą przez strefę rezonansu własnego maszyny jako układy wyważone, a siłę wymuszającą drgania mechaniczne wytwarzają w zakresie prędkości obrotowych bliskich znamionowej prędkości obrotowej.

Znane są wibratory o masie niewyważonej składającej się z dwóch oddzielnych części, z których jedna związana jest na stałe z wałem, a druga może względem wału wykonywać ruch obrotowy, poruszając się szybciej lub wolniej od niego. Gdy obie masy znajdują się po tej samej stronie wału ich siły wymuszające dodają się, a gdy masy rozłożone są po przeciwnych stronach wału ich siły wymuszające redukują się wzajemnie. Obrót masy nie związanej na stałe z wałem powodowany jest przyspieszeniem kątowym wału przy rozruchu i wybiegu, zaś ustalenie położenia tej masy w pożądanym położeniu następuje za pomocą systemu zapadek sterowanych siłą odśrodkową.

Znany z polskiego opisu patentowego nr 164 068 samowyważający wibrator inercyjny zawiera natomiast jednocześnie masę niewyważoną, która zamocowana jest obrotowo do wirującego wyważonego korpusu za pośrednictwem elementu obrotowo-sprężystego tak, że jej środek ciężkości w położeniu statycznym pokrywa się z osią obrotu wibratora. Korpus wibratora od wewnątrz zaopatrzony jest ponadto w ograniczniki ruchu masy niewyważonej, z których jeden ustala centralne, wyważone położenie masy w zakresie niskich prędkości obrotowych korpusu wibratora, a drugi ogranicznik ustala jej robocze położenie po osiągnięciu zadanej prędkości obrotowej, nieznacznie niższej od kątownej prędkości znamionowej wibratora.

Znany jest z polskiego opisu patentowego nr 147 506 napęd bezwładnościowy maszyny wibracyjnej do rozdzielania mieszaniny ziaren materiału sypkiego. W rozwiązaniu tym pojedynczy bezwładnościowy napęd tworzą dwie niewyważone masy zamontowane w przeciwległych burtach przesiewacza, które połączone są ze sobą elastycznym wałem. W jednej burcie przesiewacza zamontowane są cztery niewyważone masy. Każda masa znajdująca się w jednej burcie połączona jest ze swoim silnikiem poprzez wał przekładni ślimakowej. Ślimacznice zazębiające się z wałami dwóch ślimakowych przekładni połączone są wzajemnie wałem synchronizacyjnym. Ślimacznice dwóch innych przekładni również połączone są wzajemnie wałem synchronizacyjnym.

W innym znanym z polskiego opisu patentowego nr 155 229 urządzeniu wibracyjnym, przeznaczonym do usuwania naprężeń w odlewach, wyrobach walcowanych na gorąco, kutych i obrabianych mechanicznie, wibrator napędzany jest silnikiem zasilanym z sieci zasilającej poprzez układ przetwarzania częstotliwości napięcia wyposażony w układ regulacji częstotliwości.

Urządzenie, według wynalazku, do wzbudzania drgań mechanicznych z masami niewyważonymi osadzonymi na wałach obrotowych skojarzonych w parę, z których każdy napędzany jest oddzielnym układem napędowym, zawierającym silnik asynchroniczny zasilany z sieci zasilającej poprzez układ przetwarzania częstotliwości napięcia wyposażony w układ regulacji częstotliwości cha-

rakteryzuje się tym, że osie wałów obrotowych skojarzonych w parę leżą w jednej linii prostej A, a na każdym z nich nieruchomo osadzona jest jedna masa niewyważona oraz układ pomiaru kąta jej położenia, przy czym masy niewyważone są jednakowe. Układy pomiaru kąta położenia mas niewyważonych połączone są z mikroprocesorowym układem sterowania, do którego podłączona jest konsola operatora oraz znane układy przetwarzania częstotliwości napięcia sieci zasilającej silniki.

Jako układy pomiaru kąta położenia mas niewyważonych stosuje się korzystnie enkodery optyczne.

Urządzenie do wzbudzania drgań mechanicznych z masami niewyważonymi, według wynalazku, charakteryzuje się prostotą a dzięki usytuowaniu skojarzonych w parę osi wałów obrotowych z pojedynczymi masami niewyważonymi w jednej linii prostej umożliwia pracę urządzenia w czasie jego rozruchu i hamowania jako układu wyważonego, przez co skutecznie eliminuje się występowanie niepożądanych drgań w zakresie częstotliwości rezonansowej maszyny roboczej napędzanej przez przedstawione urządzenie. Ponadto dzięki zastosowaniu mikroprocesorowego układu sterowania umożliwia zmianę położenia mas niewyważonych względem siebie i ich ustalenie w pożądanym położeniu, a także synchronizację obrotów wałów z masami niewyważonymi wchodzącymi w skład urządzenia bez udziału skomplikowanych elementów mechanicznych, wpływając na zmniejszenie jego awaryjności.

Rozwiązanie, według wynalazku, uwidocznione jest w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia, fig. 2a - wzajemne położenie jego mas niewyważonych względem siebie w czasie rozruchu lub hamowania napędów elektrycznych, a fig. 2b - wzajemne położenie mas niewyważonych w czasie pracy użytecznej.

Urządzenie, według wynalazku, zawiera dwa wały obrotowe 1, 1' skojarzone w parę. Osie tych wałów obrotowych 1, 1' leżą w jednej linii prostej A, a na każdym z nich nieruchomo osadzona jest jedna masa niewyważona 2, 2' oraz układ pomiaru kąta 3, 3' jej położenia. Masy niewyważone 2, 2' są jednakowe. Każdy z wałów obrotowych 1, 1' jest sprzężony mechanicznie z oddzielnym elektrycznym układem napędowym, który zawiera silnik asynchroniczny 4, 4' zasilany z sieci zasilającej Z poprzez układ przetwarzania częstotliwości napięcia 5, 5' wyposażony w układ regulacji częstotliwości. Układy pomiaru kąta 3, 3' położenia mas niewyważonych 2, 2' połączone są z mikroprocesorowym układem sterowania 6, do którego podłączona jest konsola operatora 7 oraz znane układy przetwarzania częstotliwości napięcia 5, 5'.

Działanie urządzenia, według wynalazku, jest następujące. Urządzenie zastosowano do napędu nadrezonansowego przesiewacza do koksu o dużej wydajności, rzędu 150 Mg/h i o masie korpusu około 2000 kg. Zastosowano dwie masy niewyważone 2, 2' o masie po 50 kg każda, zamocowane nieruchomo na oddzielnych wałach obrotowych 1, 1', których osie leżą w jednej linii A, prostopadłej do osi przesiewacza nie uwidocznionego na rysunku. Wały 1, 1', wprawiane są w ruch obrotowy za pomocą asynchronicznych silników klatkowych 4, 4' o mocy znamionowej 15 kW i obrotach znamionowych 1465 obr/min., zasilanych z trójfazowej sieci Z zasilającej o napięciu 380 V poprzez układy przetwarzania częstotliwości napięcia 5, 5' w postaci układów falownikowych. W czasie rozruchu urządzenia, uruchamiany jest z bardzo małą prędkością kątową najpierw jeden silnik 4, napędzający wał 1 z jedną masą niewyważoną 2, przy nieruchomym drugim silniku 4' aż do chwili, w której obie masy niewyważone 2, 2' urządzenia znajdują się względem siebie w przeciwfazie, to jest zostaną rozsunięte o kąt  $\alpha$  równy  $\pi$ , przy czym położenie mas niewyważonych 2, 2' względem siebie jest mierzone w sposób ciągły przez enkodery optyczne 3, 3', których sygnały wyjściowe podawane są do mikroprocesorowego układu sterowania 6 wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie. W momencie, gdy obie masy niewyważone 2, 2' urządzenia znajdują się względem siebie w przeciwfazie, uruchomiony zostaje drugi silnik 1' i rozpoczyna się rozruch urządzenia. W czasie rozruchu układ sterowania 6 powoduje zwiększanie prędkości kątowej obydwu silników 4, 4', na podstawie wygenerowanych sygnałów w układzie sterowania 6 a podawanych do układów przetwarzania częstotliwości napięcia 5, 5', aż do chwili osiągnięcia prędkości kątowej roboczej. Przez cały czas rozruchu układ sterowania 6 utrzymuje masy niewyważone 2, 2' w przeciwfazie poprzez wprowadzanie ewentualnych korekt prędkości kątowej jednego z silników 4, 4' względem drugiego. Po osiągnięciu przez urządzenie roboczej prędkości kątowej, układ sterowania 6 wywołuje synchronizację urządzenia, polegającą na tym, że zmniejsza nieznacznie prędkość kątową jednego z silników 4, 4' aż do momentu, w którym masy niewyważone 2, 2' znajdują się w zgodnej fazie, czyli kąt przesunięcia  $\alpha$  mas 2, 2' względem siebie równy jest zero albo jest zawarty w granicach  $180^\circ > \alpha > 0^\circ$ , zapewniając generowanie żądanej amplitudy drgań wymuszających wibracje maszyny roboczej. Przez okres czasu od zakończenia procesu synchroniza-

cji aż do zakończenia pracy użytecznej, układ sterowania 6 utrzymuje stałą prędkość kątową obu silników 4, 4', utrzymując równocześnie masy niewyważone 2, 2' w określonym położeniu względem siebie opisanym wielkością kąta przesunięcia  $\alpha$ , zależną od żądanej amplitudy drgań wymuszających wibracje maszyny roboczej. Po zakończeniu pracy użytecznej wirujące masy niewyważone 2, 2' zostają przez układ sterowania 6 ustawione w przeciwfazie, to jest zostają rozsunięte o kąt  $\alpha = 180^\circ$ , poprzez niewielkie zmniejszenie prędkości jednego z silników 4, 4' względem drugiego. Od momentu ustawienia mas niewyważonych 2, 2' w przeciwfazie rozpoczyna się proces hamowania poprzez stopniowe zmniejszanie prędkości kątowej obydwu silników 4, 4'. W czasie hamowania układ sterowania 6 utrzymuje masy niewyważone 2, 2' w przeciwfazie poprzez ewentualne wprowadzanie odpowiednich korekt prędkości kątowej silników 4, 4'. Tak więc prezentowane urządzenie zachowuje się w czasie rozruchu i w czasie hamowania jak układ wyważony, który nie generuje drgań mechanicznych, eliminując tym samym niedogodności dotychczasowych rozwiązań.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do wzbudzania drgań mechanicznych z masami niewyważonymi, osadzonymi na wałach obrotowych skojarzonych w parę, z których każdy napędzany jest oddzielnym układem napędowym, zawierającym silnik asynchroniczny zasilany z sieci zasilającej poprzez układ przetwarzania częstotliwości napięcia wyposażony w układ regulacji częstotliwości, **znamiennie tym**, że osie wałów obrotowych (1, 1') skojarzonych w parę leżą w jednej linii prostej (A), a na każdym z nich nieruchomo osadzona jest jedna masa niewyważona (2, 2') oraz układ pomiaru kąta (3, 3') jej położenia, przy czym masy niewyważone (2, 2') są jednakowe, a układy pomiaru (3, 3') kąta położenia mas niewyważonych (2, 2') połączone są z mikroprocesorowym układem sterowania (6), do którego podłączona jest konsola operatora (7) oraz znane układy przetwarzania (5, 5') częstotliwości napięcia sieci zasilającej (Z).

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że jako układy pomiaru kąta (3, 3') położenia mas niewyważonych (2, 2') zawiera korzystnie enkodery optyczne.

Wykaz oznaczeń na rysunku

- 1, 1' - wały obrotowe
- 2, 2' - masy niewyważone
- 3, 3' - układ pomiaru kąta położenia mas niewyważonych
- 4, 4' - silniki asynchroniczne
- 5, 5' - układ przetwarzania częstotliwości napięcia
- 6 - mikroprocesorowy układ sterowania
- 7 - konsola operatora A - linia prosta
- Z - sieć zasilająca

Rysunki

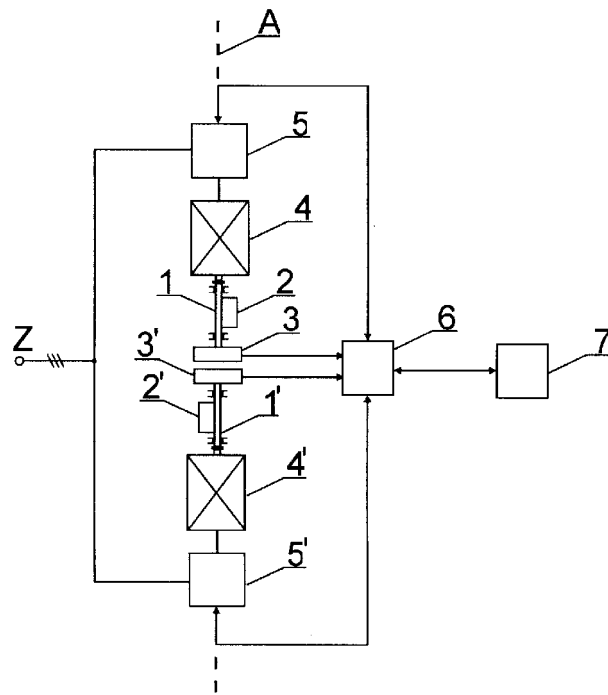
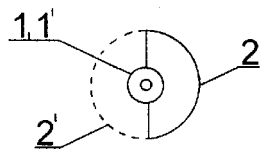
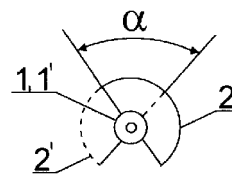


Fig. 1.



$\alpha = \pi$

Fig. 2a.



$0 \leq \alpha < \pi$

Fig. 2b.

